



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique



Université Djillali Bounaama de Khemis Miliana  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre  
Département des Sciences de la Terre  
Filière : Géologie appliquée  
Spécialité : Géologie de l'Ingénieur et Géotechnique

Mémoire présenté pour l'obtention d'un diplôme de Master  
en Géologie de l'Ingénieur et Géotechnique

## Thème

**Etude géologique et géotechnique des roches  
du complexe volcanique du massif de Bechtout  
(Tiaret)**

Réalisé par :

**Mr. BENSLAH Abderrahmen**

**Mr. SALMI Mohamed Hichem**

Soutenu le : **03/06/2022**

Encadrés par :

**M. SEMCHAOUI Ahmed**      MCB      Université Khemis-Miliana      Promoteur  
**Abderrahmane**

**Dr. GADOURI Hamid**      MCA      Université Khemis-Miliana      Co-Promoteur

Examiné par :

**Dr. HADJ MOHAMED Nacéra**      MCB      Université Khemis-Miliana      Présidente

**Dr. AISSA MOHAMED Hemza**      MCB      Université Khemis-Miliana      Examineur

Année universitaire : 2021/2022

## ***Condoléance***

*A la mémoire de notre  
camarade*

*Abboun Abdelatif qui  
nous a quitté cette année.  
Que Dieu l'accueille dans  
son vaste paradis.*

## **Remerciements**

*Tout d'abord nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir aidé et donné le courage et la volonté pour finaliser ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier vivement Mr SEMCHAOUI AHMED.A notre encadreur qui nous a aidé par ses conseils, leur disponibilité et sa grande expérience dans le domaine de géologie pour finaliser ce projet. Son encadrement était plus qu'exemplaire.*

*Nos remerciements s'adressent également à Mr GADOURI. H notre Co-promoteur qui nous a aidé par ses conseils.*

*Nous tenons à remercier aussi Mme Hadj Mohamed. N d'avoir accepté de présider notre jury et pour sa disponibilité, leur conseils et l'encouragement pendant la préparation de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à Mr Aissa Mohamed Hamza d'avoir accepté d'examiner et pour le temps qui ont consacré à l'évaluation de ce travail.*

*Nous tenons à remercier Mr Zerrouki. T pour leur aide pendant le stage de terrain, ces orientations ainsi que son soutien moral et scientifique m'ont permis de mener à terme ce projet.*

*Nos remerciements s'adressent à Mr Kadi.Dj pour leur aide précieuse, leurs conseils. Nos remerciements s'adressent aussi à Hadjer pour leur aide.*

*Nos remerciements vont également à Mr Gherbi. B, Mr Meziani. B et Mm Maten pour leurs aides précieuses dans notre travail. Nous remercions également tous nos enseignants, pour leurs efforts et leurs enseignement.*



## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail,*

*A mes chers parents, qui sont toujours derrière moi pour m'encourager et me pousser vers la réussite.*

*A mes frères, ma sœur, mes grands-mères, mes tantes, qui ont toujours confiance en moi durant tout mon parcours d'études.*

*A tous mes chers amis (es) qui m'ont aidé à la réussite de ce travail : Hichem, Mehdi, Faycel, Loukmane, Hani, Sid Ahmed, Taqui.*

***Abderrahmen***



## Dédicaces

*Merci pour Dieu de m'avoir dévoilé le chemin de la réussite et du savoir.*

*Je dédie ce Modest travail :*

*Mes très chers parents pour leurs sacrifices, soutien et amour. Je leursserai  
éternellement reconnaissante.*

*A mes grands-mères, mes frères et toute ma famille*

*A mes amis Abdou, Yannis, Kamel, Mehdi, Faysal, Toufik, Kadar.*

*A tous mes collègues de la promotion Master 2 en G.I.G (2021/2022)*

*A tous ce qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.A*

*Ceux qui m'ont donné l'aide sans rien attendre en retour.*

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu aux moments les plus difficiles.A*

*tous ceux qui me sont chers (es).*

***Hichem***

# Table des matières

## CHAPITRE I: Introduction générale

1. Introduction .....	1
2. Problématique .....	2
3. Objectifs et méthodologie .....	3
4. Domaines d'application des roches magmatiques .....	4

## CHAPITRE II : Contexte géologique régional

1. Introduction .....	7
2. Historique des travaux .....	7
3. Cadre géologique régional.....	10
4. Aperçu sur les différentes unités géologiques de l'Algérie du Nord.....	10
4.1. La chaîne des Maghrébides ou chaîne alpine d'Afrique du Nord .....	10
a. Le domaine interne.....	11
b. Le domaine des flyschs .....	11
c. Le domaine externe (Tellien ou séries de l'avant-pays allochtone).....	11
4.2. Le domaine des Hautes-plaines ou la Meseta .....	11
4.3. L'Atlas saharien .....	12
4.4. Le domaine de la plate-forme saharienne.....	12
5. Principaux unités lithostratigraphiques des monts de Tiaret.....	13
5.1. Le Paléozoïque .....	13
5.2. Le Mésozoïque .....	13
5.2.1. Le Trias .....	13
5.2.2. Le Jurassique .....	13
5.2.3. Le Crétacé .....	14
5.3. Le Cénozoïque .....	15
5.3.1. L'Eocène .....	15
5.3.2. L'Oligocène.....	15
5.3.3. Le Miocène.....	15
5.3.4. Le Pliocène.....	15

5.4.	Le Quaternaire .....	15
6.	Le magmatisme .....	15
7.	Cadre tectonique et structural .....	16

### **CHAPITRE III: Contexte géologique local**

1.	Introduction .....	19
2.	Présentation générale du massif de Bechtout .....	19
3.	Cadre lithostratigraphie du massif de Bechtout.....	18
3.1.	Le socle paléozoïque .....	20
-	Rhyolite .....	21
-	Basalte .....	24
-	Andésite .....	26
-	Roche filonienne verdâtre .....	28
-	Microgranite.....	29
3.2.	La couverture post-Paléozoïque .....	31
3.2.1.	Jurassique .....	31
3.2.2.	Crétacé.....	31
3.2.3.	Eo-Oligocène.....	31
3.2.4.	Miocène .....	31
-	Les conglomérats.....	33
-	Grès.....	34
4.	Cadre structural .....	35
4.1.	La tectonique cassante .....	36
4.2.	La tectonique ductile .....	38
5.	Conclusion.....	38

### **CHAPITRE IV: Présentation des essais d'identification des roches**

1.	Introduction .....	39
2.	Echantillonnage .....	39
3.	Préparation de l'échantillon.....	40
3.1.	Le carottage et sciage .....	40

3.2.	Le concassage.....	41
4.	Essais physiques.....	42
4.1.	Masses volumiques .....	42
4.1.1.	La masse volumique absolue ou réelle.....	42
4.1.2.	Détermination de la masse volumique apparente .....	43
4.2.	La densité .....	44
5.	Essais mécaniques.....	45
5.1.	Resistance à l'usure.....	45
5.1.1.	Micro Deval en présence d'eau .....	45
5.1.2.	Essai Deval.....	48
5.1.3.	Essai Los Angeles .....	49
5.2.	Essais de compression.....	51
5.2.1.	Essais de compression simple (uni-axiale).....	51
5.2.2.	Essai Franklin.....	53
6.	Essai géométrique.....	55
6.1.	Mesure du coefficient d'aplatissement des granulats.....	55
7.	Classification des massifs rocheux .....	57
7.1.	Rock Quality Designation (RQD) .....	57
7.2.	Le RMR : Rock Mass Rating .....	58
7.3.	Le Q-Système.....	58
8.	Classification des matériaux rocheux selon le GTR.....	59
9.	Conclusion.....	59

## **CHAPITRE V : présentation et discussion des résultats**

1.	Introduction.....	60
2.	Interprétation des résultats des essais géotechniques .....	60
2. 1.	Résultats des essais physiques.....	60
2. 1. 1	Essai de masse volumique apparente .....	60
2. 1. 2	Essai de masse volumique absolue.....	61
2. 1. 3	Essai de densité .....	62
2. 2.	Résultats des essais mécaniques.....	63
2. 2. 1	Essai Micro-Deval par voie humide.....	63



2. 2. 2 Essai Los Angeles .....	64
2. 2. 3 Essai de compression uni-axial .....	66
2. 4. Résultats d'essai géométrique .....	70
2. 4. 1 Coefficient d'aplatissement.....	70
2. 5. Résultats de classification des massifs rocheux .....	71
2. 5. 1 Rock Quality Designation (RQD) .....	71
3. Conclusion.....	72
Conclusion générale et recommandations .....	74

Références bibliographiques

Annexe

## Liste des figures

<b>Figure I.1.</b> Situation géographique de la wilaya de Tiaret dans le nord de l'Algérie (extrait de l'image de Google Earth).....	1
<b>Figure I.2.</b> Situation géographique de la zone d'étude .....	2
<b>Figure II.1.</b> Situation de djebel Bechtout (Tiaret) dans le contexte l'Afrique du Nord	10
<b>Figure II.2.</b> Image satellitaire représente les grands ensembles géologiques de l'Algérie de Nord.....	12
<b>Figure II.3.</b> Coupe schématique des grandes unités géologiques du Tell méridional Oranais, d'après J. Polveche 1960, modifiée. (Sans échelle). .....	12
<b>Figure II.4.</b> Grands traits structuraux de la mosaïque de l'Afrique du Nord-Ouest (D'après S. Elmi, 1971).....	18
<b>Figure III.1.</b> Vue générale du côté sud du massif de Bechtout dans sa partie centrale.	19
<b>Figure III.2.</b> Carte géologique du Djebel Bechtout, et positionnement des points de prélèvement des échantillon (d'après J.Ranoux 1952 et Kh. Tchounev et N.Zidarov (ORGM) 1971, modifiée).....	20
<b>Figure III.3.</b> Affleurement de rhyolite dans le massif de Bechtout.....	21
<b>Figure III.4.</b> Différents types des rhyolites existées dans le djebel de Bechtout.....	22
<b>Figure III.5.</b> Vue microscopique de rhyolite. (Gr X4).....	23
<b>Figure III.6.</b> Affleurement de basalte surmonté par les conglomérats. ....	24
<b>Figure III.7.</b> Photographie des affleurements des basaltes dans djebel Bechtout.A) quartz stylolitique dans le basalte. B) basalte vacuolaire. C) basalte noir affecté par un décrochement senestre d'orientation. D) basalte ferromagnésien traversé par veine de calcite.E)basalte en échelon de quartz F) filon de quartz recoupe les basaltes. ....	25
<b>Figure III.8.</b> Vue microscopique de basalte (Gr X4). ....	26
<b>Figure III.9.</b> Aspect macroscopique d'Andésite .....	26
<b>Figure III.10.</b> A) Dyke andésitique. B) Andésite à phénocristaux de plagioclase.....	27
<b>Figure III.11.</b> Vue microscopique d'andésite (Gr X4).....	28

<b>Figure III.12.</b> Aspect macroscopique roche filonienne basique.....	28
<b>Figure III.13.</b> Vue microscopique du faciès vert altéré (Gr X4).....	29
<b>Figure III.14.</b> A) photographie de la zone de contact microgranite- faciès basique vert altéré. B) aspect macroscopique du microgranite.....	30
<b>Figure III.15.</b> Vue microscopique du microgranite (Gr X4).....	30
<b>Figure III.16.</b> Log stratigraphie synthétique du massif de Bechtout réalisé à partir des anciens travaux de : J. Polvèche, 1960 ; P. Tchoumatchenco et kh. Khrishev 1992 ; M.N. Naimi et al 2021 .....	32
<b>Figure III.17.</b> Discordance angulaire entre la couverture miocène (conglomérats et grès) qui repose sur le basalte paléozoïque .....	33
<b>Figure III.18.</b> Conglomérats poudingue dans l’oued Temda renfermant des éléments de déférente nature .....	33
<b>Figure III.19.</b> A) Conglomérat bréchique. B) conglomérats poudingue de taille moyenne renfermant des éléments de déférente nature.....	34
<b>Figure III.20.</b> Aspect macroscopique de grès du Miocène dans Bechtout.....	34
<b>Figure III.21.</b> Vue microscopique de grès du miocène (Gr X4). .....	35
<b>Figure III.22.</b> Coupe géologique réalisée le long d’Oued Temda.....	35
<b>Figure III.23.</b> Lentille de conglomérat résulte d’un décrochement dextre d’orientation N070° .....	36
<b>Figure III.24.</b> Présentation de tectonique cassante. A) décrochement dextre dans la rhyolite. B) Décrochement dextre dans le basalte. C) plan de cisaillement dans la rhyolite. D) filonnets de quartz traversent le basalte. E) mylonitisation de basalte. F) décrochement senestre dans la rhyolite.....	37
<b>Figure III.25.</b> pli dans le conglomérat au sud de massif de Bechtout .....	38
<b>Figure IV.1.</b> Échantillons de deux blocks de roches volcaniques .....	39
<b>Figure IV.2.</b> La caroteuse utilisée pour forer la roche avec injection d’eau.....	40
<b>Figure IV.3.</b> L’appareille de sciage utilisé pour la préparation d’éprouvette.....	40
<b>Figure IV.4.</b> Epreuves cylindriques résultant du carottage et du sciage .....	41

<b>Figure IV.5.</b> Préparation des granulats avec le concasseur .....	41
<b>Figure IV.6.</b> Matériel utilisé de l'essai de la masse volumique absolue.....	42
<b>Figure IV.7.</b> Mode opératoire de l'essai de la masse volumique absolue .....	42
<b>Figure IV.8.</b> Matériel utilisé de l'essai de la masse volumique apparente. ....	43
<b>Figure IV.9.</b> Mode opératoire de l'essai de la masse volumique apparente.....	43
<b>Figure IV.10.</b> Matériel utilisé d'essai densité.....	44
<b>Figure IV.11.</b> Mode opératoire d'essai densité.....	44
<b>Figure IV.12.</b> Matériels utilisés d'essai Micro-Deval. ....	46
<b>Figure IV.13.</b> Mode opératoire de Micro-Deval.....	47
<b>Figure IV.14.</b> L'appareille Deval. ....	48
<b>Figure IV.15.</b> Matériels utilisés de Los Angeles. ....	50
<b>Figure IV.16.</b> Mode opératoire de Los Angeles. ....	51
<b>Figure IV.17.</b> La presse de compression simple.....	52
<b>Figure IV.18.</b> Mode opératoire d'essai de compression simple .....	53
<b>Figure IV.19.</b> Appareille d'essai franklin.....	54
<b>Figure IV.20.</b> Forme d'un granulat.....	55
<b>Figure IV.21.</b> Mode opératoire de coefficient d'aplatissement. ....	56
<b>Figure V.1.</b> Histogramme de densité des sept faciès. ....	62
<b>Figure V.2.</b> Résultats de méthode indirecte RQD du quatre fenêtres : A, B, C, D. ....	71

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1.</b> Les principaux domaines d'utilisation des roches magmatiques selon les différents faciès.....	4
<b>Tableau IV.1.</b> Classes granulaires, poids d'échantillons et boulets équivalent selon NF P 18-572.....	47
<b>Tableau IV.2.</b> Type des granulats selon le coefficient MDE selon NF P 18-572.....	48
<b>Tableau IV.3.</b> Charge de boulets relatifs en fonction de la classe granulaire choisie NF P 18-573.....	50
<b>Tableau IV.4.</b> Classification selon la résistance à la compression, d'après Y.Atlan (1975). .....	53
<b>Tableau IV.5.</b> Correspondance entre classes granulaires et largeurs des grilles à fentes selon la norme NF EN 933-3.....	56
<b>Tableau IV.6.</b> Corrélation entre l'indice RQD et la qualité du massif rocheux (Maciej Armatys,2012 tirés par Deere,1968).....	58
<b>Tableau IV.7.</b> Classification du massif rocheux selon RMR, traduit de Bieniawski.....	58
<b>Tableau IV.8.</b> Extraire du tableau 2 - classe R matériaux rocheux (évolutifs et non évolutifs) selon la Classification GTR (NF P 11-300).....	59
<b>Tableau V. 1</b> Les roches d'essai et leur code .....	60
<b>Tableau V.2.</b> Résultat d'essai masse volumique apparente. ....	61
<b>Tableau V.3.</b> Résultats d'essai de masse volumique absolue .....	61
<b>Tableau V.4.</b> Moyenne de densité des roches .....	62
<b>Tableau. V. 5.</b> Résultats de l'essai Micro-Deval par voie humide.....	63
<b>Tableau.V.6</b> Valeurs de coefficient Micro-Deval humide selon NF P 18-572 .....	64
<b>Tableau V.7.</b> Résultats d'essai Los Angeles. ....	64
<b>Tableau V.8.</b> Type des graviers selon le coefficient LA selon NF P 18 573 .....	65
<b>Tableau V.9.</b> Les valeurs LA des spécifications utilisées dans le béton .....	65
<b>Tableau V.10.</b> Résultats d'essai de compression simple .....	66

<b>Tableau V.11.</b> Classification selon la résistance à la compression, d'après Y.Atlan (1975). .....	69
<b>Tableau V.12.</b> Classification des raideurs des roches selon AFTES.....	69
<b>Tableau V.13.</b> Résultats de coefficient d'aplatissement.....	70
<b>Tableau V.14.</b> Les résultats de méthode indirecte du RQD .....	72

## Liste des symboles :

$\rho_d$  : masse volumique sèche

$\gamma_h$  : densité humide

$\rho_s$  : masse volumique des grains solide

$V_s$  : volume des grains

$V_{eau}$  : volume de l'eau

$A$  : coefficient d'aplatissement

$V_t$  : volume totale

$M_{ei}$  : masse passant à travers le tamis à fentes d'écartement

$M_{gi}$  : masse de la classe granulaire

$E$  : module de Young

## **La liste des Abréviations :**

RQD : Rock Quality Designation

RMR : Rock Mass Rating

BBDr : Béton bitumineux drainant

BBTM : Béton bitumineux très mince

BBUM : Béton bitumineux ultra mince

BBM : Béton bitumineux mince

BAP : Béton Auto Plaçant

BHP : Béton de Haute Performance

Q : quartz,

Pl : plagioclase,

FK : feldspath potassique,

Bt : biotite,

Mus : muscovite,

Rt : rutile,

Mes : mésostase,

Chl : chlorite,

Ep : épidote,

Zr : zircon.

LPA : lumière polarisée analysé

LPNA : lumière polarisée non analysé

LA : Los Angeles

MDE : Micro-Deval

RCS : résistance à la compression simple



## المخلص

تنتج الكتلة البركانية لجبل بشطوط بتيارات مند العصر الفي زياتي عن طريق صحارة السلسلة الهير سينية. تظهر الدراسات الجيولوجية والبتروغرافية أن هذا الكتلة تتشكل تقريبا في مجموعها بواسطة الريوليتات التي تعبرها لاحقا بواسطة سدود البازلت والانديزيت. كما تم الإبلاغ عن الداسيت في الجزء الشرقي والغربي من واد تامدا. كشفت هذه الدراسة لأول مرة عن وجود صخر ميكروغرانتني في الجزء الأوسط من الجبل. جميع الصخور التي تشكل القاعدة عمليا تغيرت جدا. هذه الطبقة التحتية يعلوها غطاء رسوبي غير متسق من العصر الجوراسي إلى العصر الميوسيني.

النتائج التي تم الحصول عليها من الاختبارات الفيزيائية - الميكانيكية والهندسية حسب المعايير التقنية الخاصة. تظهر هذه النتائج أن هناك فرصة لاستخدام هذه الصخور البركانية لبشطوط في مجال البناء أو في الأشغال العامة وإمكانية استثمار هذا الجبل في التعدين بطابع اقتصادي هائل.

**الكلمات الرئيسية:** تيارت، بشطوط، الصخور البركانية، البتروغرافية والاختبارات الجيوتقني.

## **Abstract**

The volcanic massif of Bechtout of Visean age results from a hercynian orogenic magmatism. Geological survey and petrographic studies show that this massive is almost formed in its totality by rhyolites crossed posteriorly by basalt and andesite dykes. Dacite is also reported in the East and West side of Oued Tamda. This study revealed for the first time a microgranitic facies in the central part of the massive. All the rocks that constitute the base are practically very weathered. This substratum is unconformably surmounted by a sedimentary cover from the Jurassic to the Miocene

The results obtained from the physico-mechanical and geometric tests are in the special technical standards. These results show that there is an opportunity to use these volcanic rocks of Bechtout in the field of construction or in public works and the possibility of investing in the mining of this massive economic character.

**Keywords:** Tiaret, Bechtout, Volcanic rock, petrography and geotechnical tests.

## **Résumé**

Le massif volcanique de Bechtout d'âge Viséen résulte d'un magmatisme orogénique hercynien. L'étude géologique et pétrographique du terrain montrent que ce massif est formé presque dans sa totalité par des rhyolites traversées postérieurement par des dykes de basalte et d'andésite. La dacite est aussi signalée dans la partie Est et Ouest d'Oued Tamda. Cette étude a mis en évidence pour la première fois un faciès microgranitique dans la partie centrale du massif. L'ensemble des roches constituant le socle sont pratiquement très altérées. Ce substratum est surmonté en discordance par une couverture sédimentaire allant du Jurassique au Miocène

Les résultats obtenus à partir des essais physico-mécaniques et géométriques sont dans les normes techniques spéciales. Ces résultats montrent qu'il y a l'opportunité d'utiliser ces roches volcaniques de Bechtout dans le domaine de la construction ou dans les travaux publics et la possibilité d'investir dans l'exploitation minière de ce massif à caractère économique.

**Mot clés :** Tiaret, Bechtout, Roche volcanique, pétrographie et essais géotechniques.

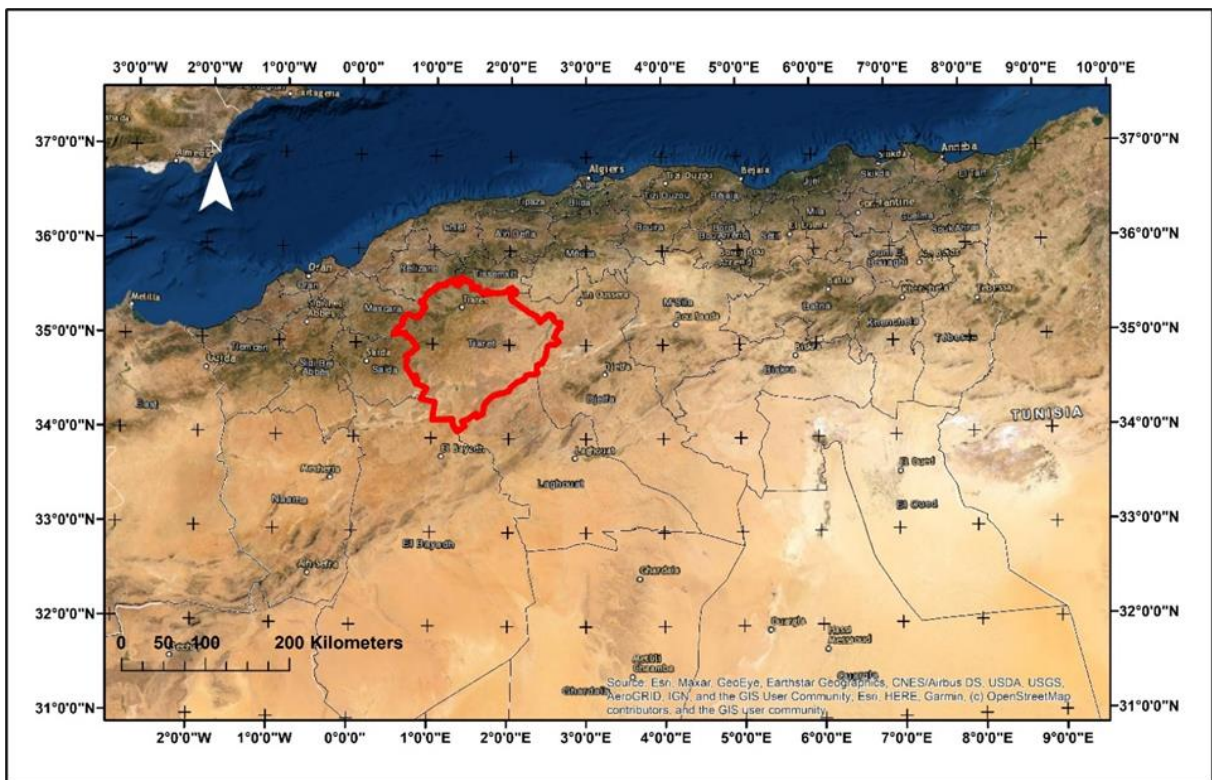
## **CHAPITRE I :**

Introduction générale

## 1. Introduction

Dans le cadre du projet de fin d'étude en Master de géologie de l'ingénieur et géotechnique, nous avons entrepris une étude qui concerne le contexte géologique des formations magmatiques du massif de Bechtout (W. Tiaret), en valorisant leur caractère géotechnique et en définissant le domaine de leurs utilisations.

Le secteur d'étude se localise dans le massif de Bechtout (Guertoufa- W. Tiaret) qui appartient au domaine de l'Atlas Tellien. Ce massif est situé à 295 Km au SW d'Alger, à 33km au Nord du chef-lieu de la wilaya de Tiaret et à 4Km au Nord du village d'Oued Lilli. Il s'allonge suivant une orientation globale E-W sur une longueur de 14 Km et une largeur de 4 Km. Il est traversé par un réseau d'oued dont le plus important c'est Oued Tamda qui le recoupe dans sa partie centrale.



**Figure I.1.** Situation géographique de la wilaya de Tiaret dans le Nord de l'Algérie  
(Extrait de l'image de Google Earth).

La région d'étude fait partie de la zone occidentale de l'important massif de l'Ouarsenis. Ce massif représente une partie de la branche méridionale de l'Atlas Tellien qui montre les plus grands affleurements des terrains magmatiques dans cette zone.

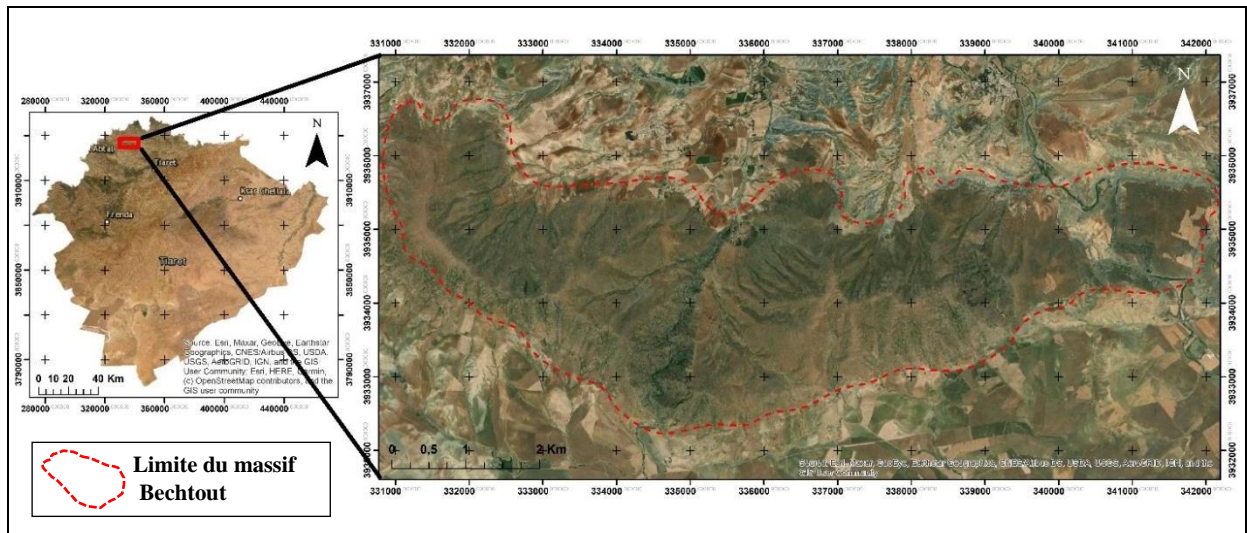


Figure I.2. Situation géographique de la zone d'étude.

## 2. Problématique :

Le massif de Bechtout montre un important affleurement de roches magmatiques (rhyolites, basaltes, andésites...) qui pourront être valorisées et utilisées dans divers domaines économiques.

Ce potentiel en substance minérale de ce massif laisse à demander d'abord : quelles sont les principales caractéristiques pétrographiques, physiques et mécaniques des roches étudiées ? Et en second lieu : Quels sont les domaines d'utilisation de ces roches ? Et enfin : peut-on valoriser ce potentiel minier à la base des données obtenues ?

L'utilisation des matériaux rocheux pour les différents domaines nécessite une connaissance approfondie de la minéralogie, de la pétrographie des roches et des paramètres qui conditionnent leur comportement mécanique. A cet effet, notre étude est principalement axée sur l'identification pétrographique et des essais géotechniques sur les principaux faciès qui affleurent sur ce site, afin de définir les domaines d'utilisation plus appropriés de ces roches.

## 3. Objectif et méthodologie :

Ce travail consiste à déterminer le contexte géologique du massif de Bechtout en caractérisant pétrographiquement tous les faciès magmatiques qui affleurent puis définir leurs propriétés géotechniques afin de les valoriser selon le domaine d'application en s'appuyant sur les caractéristiques de chacun d'eux.

La démarche tracée dans l'élaboration de ce travail après effectué une synthèse sur les travaux réalisés sur la géologie régionale et locale de la région s'organise en deux parties :

La première partie renferme les travaux de terrain et consiste à :

- Définir les différents faciès qui affleurent sur le terrain.
- Prélever des échantillons selon les faciès rencontrés du massif de Bechtout (23 échantillons aux marteau et deux blocs de 40Kg).
- Lever une coupe géologique de 3 Km de direction N-S dans la partie centrale du massif.
- Relever les accidents majeurs qui affectent les formations de ce massif.

La deuxième partie concerne les travaux de laboratoire et consiste à :

- Effectuer des essais géotechniques sur les échantillons de roches volcaniques de Bechtout au niveau du laboratoire National de l'habitat et de la construction (Oued Smar – LNHC). Les essais réalisés sont : la densité par pesée hydrostatique, le poids volumique spécifique et apparent, Los Angeles, Micro-Deval, la résistance à la compression simple uni-axial et le coefficient d'aplatissement.
- Confectionner de 11 lames minces au laboratoire de l'Université de Khemis Miliana.
- Etudier les différents faciès pétrographiquement et définir les compositions minérales de chaque type à l'aide d'un microscope optique de type Zeiss.

Ce manuscrit structuré en sept chapitres :

- **Le premier chapitre** : présente le sujet d'étude et définit la problématique à traiter et les objectifs visés avec les méthodes utilisées, qui est autour des roches magmatiques et leurs domaines d'utilisation et ces intérêts économiques.
- **Le deuxième chapitre** : est consacré à la géologie régionale, dans laquelle nous présenteront les différentes unités géologiques de l'Algérie du Nord orientale, la lithostratigraphie et les différentes phases tectoniques qui structurent cette partie.
- **Le troisième chapitre** : est dédié à la présentation de la géologie locale du massif de Bechtout. Nous aborderons dans ce chapitre la description des différents affleurements des roches magmatiques et leur couverture sédimentaire, le contexte lithostratigraphie en s'appuyant sur l'étude pétrographique des faciès rencontrés et explorer le cadre structural de ce massif.
- **Le quatrième chapitre** : présente et exprime la méthodologie des différents essais réalisés dans laboratoire sur les roches magmatique du massif de Bechtout.



- **Le cinquième chapitre** : expose les analyses et la discussion des résultats des essais d'identification des roches acquis au niveau de Laboratoire Nationale de l'Habitats et de la Constructions (Oued Samar – LNHC).
- **Le dernier chapitre** : est consacré à la conclusion générale qui montre la valeur économique et l'utilisation de ces roches.

#### 4. Les Domaines d'application des roches magmatiques

L'histoire d'humanité a évolué et développé grâce aux activités d'exploitation des ressources minérales depuis plus de 40 000 ans. L'importance des ressources minérales est étroitement liée à tous les moments de notre vie quotidienne.



Dans ce mémoire, nous avons précisé la nature pétrographique des roches magmatiques du massif de Bechtout, et puis affecté chaque faciès à son domaine d'application et valoriser son intérêt économique.

**Tableau I.1.** Les principaux domaines d'utilisation des roches magmatiques sur les différents faciès selon rocks.comparenature.

Les roches magmatiques	Domaines	Utilisation et application
Rhyolite 	Bâtiment et travaux public : Industrie de construction : Antiquité et arts :	Pavé uni, agrégats décoratifs.  Agrégat routier, ballast de voies ferrées. Artefacts, sculpture.
Granite 	Bâtiment et travaux public : Industrie de construction : Antiquité et arts :	Bordure de trottoir, ballast, dalles.  Comptoir de cuisine, carrelages. Monuments funéraires, tablettes commémoratives.



<p>Basalte</p> 	<p>Bâtiment et travaux public :</p> <p>Industrie de construction :</p> <p>Antiquité et arts :</p> <p>Agriculture :</p>	<p>Carreaux de sol, scié en plaques pour marche d'escalier</p> <p>Outil de coupe, ballast de voie ferrée.</p> <p>Monuments, artefacts.</p> <p>Renforcer les tissus des plantes, améliore la rétention de l'eau des terres sableuses et aère-les terres lourdes.</p>
<p>Andésite</p> 	<p>Bâtiment et travaux public :</p> <p>Industrie de construction :</p> <p>Antiquité et arts :</p> <p>Agriculture :</p>	<p>Carrelages, granulats décoratifs, tuiles.</p> <p>Agrégats routiers, matériau de remplissage.</p> <p>Petites figurines, artefacts, sculptures des statues.</p> <p>Améliorer la production des plantes et L'absorption des nutriments, guider les plantes vers une santé optimale</p>
<p>Obsidienne</p> 	<p>Industrie de construction :</p> <p>Industrie médicale :</p> <p>Antiquité et arts :</p>	<p>Outil de coupe, pointes de flèches et de lances.</p> <p>Utiliser en chirurgie pour son pouvoir tranchant.</p> <p>Création d'œuvres d'art, miroir, les aquariums.</p>
<p>Pouzzolane</p> 	<p>Bâtiment et travaux public :</p> <p>Industrie de construction :</p> <p>Agriculture :</p>	<p>Fabrication de ciment, réaliser un mortier de chaux.</p> <p>Couvre-sol pour le drainage.</p> <p>Paillage minérale, pour les plantes en pot.</p>
<p>Dacite</p> 	<p>Bâtiment et travaux public :</p> <p>Industrie de construction :</p> <p>Antiquité et arts :</p>	<p>Pierre de construction, granulats décoratifs.</p> <p>Aménagement paysager, remblai, agrégat de construction, pour agrégat routier.</p> <p>Artefacts, sculpture.</p>

<p>Gabbro</p> 	<p>Bâtiment et travaux public : Industrie de construction : Antiquité et arts :</p>	<p>Fabrication de produits bruts, pierre de parement. Pierre de dimensionne, ballast ferroviaire. Sculpture, artefacts, monuments.</p>
<p>Pierre ponce</p> 	<p>Industrie de construction :  Cosmétique et médicale :  Agriculture :</p>	<p>Produire des blocks légers avec une meilleure résistance thermique, remblais technique légers.  Lavage des textiles (lessives, savons), polissage et affûtage des métaux, gommage de la peau, exfoliation.  Plantations hydroponiques, engrais naturels, toitures végétalisées et drainantes (pelouses).</p>

## **CHAPITRE II :**

Contexte géologique régional

## 1. Introduction

Les affleurements des terrains paléozoïques sont très limités dans la partie septentrionale de l'Algérie. Maintes recherches ont été consacrées à l'étude de ces formations qui affleurent dans les diverses régions paléogéographiques de l'Algérie du Nord. Le massif de Bechtout fait partie de ces pointements qui soulignent la zone de transition entre le domaine tellien et les hauts palataux.

Ce chapitre retrace l'historique des travaux géologiques réalisés sur le massif volcanique de Bechtout et ces environs et expose le cadre lithostratigraphique et structural de cette région en relation avec la manifestation de l'orogénèse hercynienne qui s'est produite dans la Meseta oranaise.

## 2. Historique des travaux

La région de Tiaret en particulier le massif de Bechtout a fait l'objet de plusieurs études géologiques à savoir :

- **E. Renou (1843) et L. Ville (1852, 1857)**, reconnurent pour la première fois la présence du Jurassique dans les Monts de Saïda, de Nador (Tiaret) et de Ghar Roubane.
- **A. Pomel et J. Pouyanne (1889)**, réalisèrent la première carte géologique générale (unifiée) à 1/800.000. Sur cette carte, le massif de Bechtout figure comme un terrain sédimentaire Jurassique et placé plus au moins à l'Est par rapport à son endroit exact.
- **J. WeIsch (1890)**, réalisa une étude stratigraphique détaillée des terrains secondaires des environs de Tiaret et de Frenda. Il était le premier qui a décrit le djebel de Bechtout comme un massif anté-Jurassique et mentionné la roche éruptive de patine sombre est plus dominante avec des filons porphyrite andésitique.
- **G.B.M. Flamand (1911)**, ce dernier trouva des analogies entre les roches magmatiques du Bechtout et ceux de Tifrit ; 30 ans après **G. Lucas (1942)** confirmèrent cette étude par des travaux pétrographiques, en même année **J. Ranoux (1942)** effectua des recherches sur les affleurements jurassiques du massif de Djebel Bechtout.
- **G. Lucas (1952)**, élaborà une étude sur la « Bordure Nord des hautes Plaines dans l'Algérie occidentale » précisément l'ensemble de Tifrit et le djebel de Bechtout de plus a établi la première carte géologique de l'Algérie de Nord-Ouest au 1/100000. Parallèlement, **J. Ranoux (1952)** établit une première carte géologique détaillée de djebel Bechtout qui la présenta accompagnée d'une étude pétrographique des roches magmatiques et d'une synthèse stratigraphique.

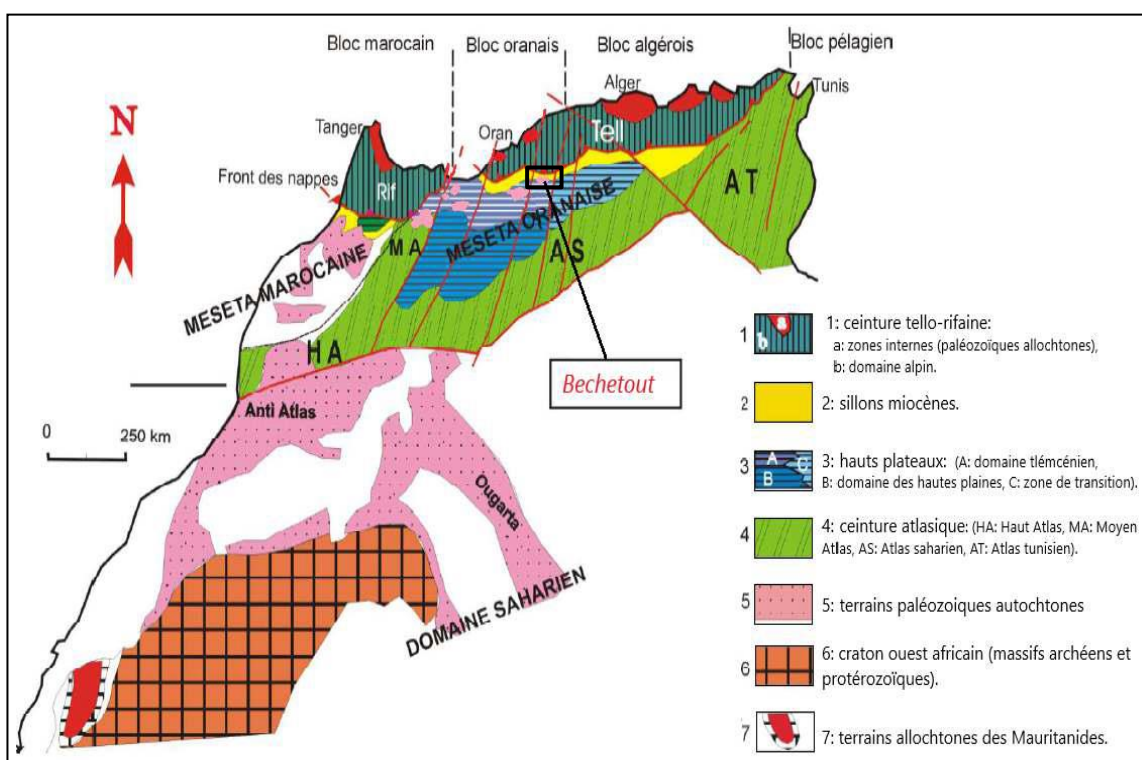
- **M. Dalloni (1952)**, étudia le Jurassique de Bechtout et de Guertoufa au Nord de Tiaret, et mentionna la présence des ammonites en fragments. Cette espèce a été rapporté d'après **J. Ranoux (1952)**, à djebel Bechtout dans le calcaire.
- **V. Kovenko, H. & G. Termier (1954)**, effectuèrent des études pétrographiques des roches magmatiques de djebel Bechtout et signalèrent la dominance du faciès rhyolitique et la présence du faciès d'ophite.
- **J. Polveche (1956)**, travailla sur le complexe marne-gréseux au Nord de Tiaret en collaboration avec **M. Kieken, J. Magne**, parallèlement **J. Polveche** présenta une étude sur la terminaison méridionale des nappes Sud-telliennes dans la région de Tiaret.
- **J. Polveche (1960)**, publia une étude stratigraphique sur le lambeau jurassique de Bechtout en comparaison avec les autres massifs de même âge de la région de Tiaret.
- **C. Caratini (1970)**, contribua à une étude stratigraphique et structurale de la région de Chellala et du Nador, basée sur les travaux antérieurs de **C. Augier (1967)**.
- **D. Tchounev et N. Zidarov (1975)**, travaillèrent sur la pétrologie du massif éruptif du Djebel Bechtout et ils confirmèrent la nature rhyolitique de ces roches.
- **F. Atrops et M. Benest (1984)**, continuèrent la recherche sur Nord du Tiaret la bordure sud-tellienne Dans le massif du Bou Rheddou et de nouvelles récoltes d'ammonites ont permis de préciser et de modifier des différentes formations du Jurassique supérieur.
- **M. Ghali (1984) puis M. Benest & M. Ghali (1985)**, corrélèrent entre la « Formation des argiles de Sidi Ouadah » et celle des « Argiles de Ghriss » déjà attribuée au Berriasien moyen, et considèrent comme en continuité stratigraphique sur les marno-calcaires de l'Oued Mina datée du Tithonique-Berriasien inférieur.
- **M. Benest (1985)**, fit une étude stratigraphique du passage du jurassique supérieur et au début du crétacé sur la plate-forme de l'ouest algérien précisément de djebel Bechtout en comparaison avec les monts de la région de Tiaret.
- **F. Atrops et M. Benest (1986)**, étudièrent la stratigraphie complète du Jurassique supérieur du massif de Bechtout et la comparèrent à son équivalence au niveau du djebel Bou Rheddou.
- **P. Tchoumatchenco, et Kh. Khrischev (1992)**, publièrent une note sur le Jurassique dans les Monts de Tiaret et de l'Ouarsenis occidental (Algérie). Ils donnèrent un schéma lithostratigraphique et paléogéographiques de la série jurassique du djebel Bechtout.
- **F. Atrops et M. Benest (1994)**, étudièrent les sept formations d'âge Jurassique moyen et supérieur qui sont définies dans les massifs du Bou-Rheddou et du Bechtout, sur la bordure du bassin tellien.

- **M. Benest et al (1998)**, continuèrent les études réalisées en 1993 sur le récif corallien de Tiaret-Guertoufa.
- **D. Bert et al (2009)**, présentèrent des nouvelles données sur le plan biostratigraphique. Les trois espèces de *Gregoryceras* de l'Oxfordien moyen et supérieure trouvées en Algérie occidentale dans les affleurements du Bou Rheddou et du djebel Bechtout sont les plus récentes connues.
- **M. Bougara (2015)**, étudia le massif de Tifrit et avança que la chaîne hercynienne affleure uniquement dans les massifs isolés et les petites boutonnières de la Meseta oranaise et proposa un modèle d'évolution du bloc de Meseta.
- **A. Cherif et al (2015)**, communiquèrent une étude dans la région de Takhemaret et Oued Mina (Tiaret) sur les niveaux fossilifères du Jurassique supérieur. Puis en (2017), cette étude a été poursuivie sur les ammonites de Takhemaret et les brachiopodes au niveau de dj Brame et de les comparer avec ceux de l'Oued Mina.
- **N. Boualem & M. Benhamou (2017)**, étudièrent la Mise en évidence d'un Albien marin à céphalopodes dans la région de Tiaret ; Une interprétation paléoenvironnementale et paléogéographique est proposée grâce à ces faciès présents dans cette formation.
- **N. Boualem (2018)**, présenta la géométrie de la sédimentation crétacée (albien – turonien) des monts de Tiaret (Frenda, Chellala, Nador...) ; et classa djebel Bechtout comme l'un des principales unités lithostratigraphiques de ces derniers.
- **N. Chabani (2020)** : dans le cadre de son mémoire de Magister, étudia la pétrologie et la géochimie des roches magmatiques de la région de Bechtout et le plaça dans la chaîne hercynienne oranaise en définissant l'affinité calco-alcaline de ce volcanisme.
- **M. Belaid et al (2020)**, notèrent le premier enregistrement des traces fossiles de la formation oxfordienne des argiles rouge de Kheneg et comparèrent avec Ain EL Hamra (Bechtout).
- **M N. Naimi et al (2021)**, réalisèrent une étude paléogéographique sur l'Oligo-fossile *Cardioichnus planus* du Miocène inférieur d'Algérie et motionnèrent qu'il s'agit d'une espèce mise en évidence pour la première fois en Afrique.
- **F. Douas Bengoudira (2021)**, réalisa une étude biostratigraphique sur les Ammonites et paléoenvironnement (Sédimentologie-Minéralogie) détaillée des dépôts du Callovo-oxfordien de l'Algérie Nord occidentale (Saïda, Takhemaret : Tiaret).

### 3. Cadre géologique régional

Le massif de Bechtout, objet de cette étude s'inscrit dans les formations géologiques les plus anciennes qui affleurent dans la région de Tiaret et qui marque la transition entre deux domaines : la partie nord du territoire de la wilaya se rapporte au système montagneux de l'Atlas tellien (**Figure II.1**), les parties centrales et sud de la wilaya s'associent au domaine plissé des Hauts plateaux (J. Welsch, 1890).

L'hydrographie de Tiaret est constituée de deux grands bassins, le bassin de Chlef et le bassin des hauts plateaux oranais (K. Bouchentouf, 1994)



**Figure II.1.** Situation de djebel Bechtout (Tiaret) dans le contexte géologique l'Afrique du Nord (S. Elmi 1978 ; C. Hoepffner et al., 2005, in M. Bougara., 2013 modifiée)

### 4. Aperçu sur les différentes unités géologiques de l'Algérie du Nord

La structuration actuelle de l'Algérie du Nord est le résultat de la succession de deux importantes manifestations tectoniques : une orogénèse hercynienne ancienne paléozoïque et une orogénèse alpine la plus dominante d'âge Cénozoïque. Cette tectonique polyphasée a modelé le bassin maghrébin et ses marges, dont on distingue du Nord vers le Sud ses principales unités géologiques décrites comme suit (W. Wildi 1983) :

#### **4.1. La chaîne des Maghrébides ou chaîne alpine d'Afrique du Nord**

Cette chaîne est constituée d'unités allochtones charriées sur la marge africaine et définit une partie de la méditerranée occidentale touchée par l'orogénèse alpine (M. Durand-Delga, 1971). Elle est subdivisée classiquement en trois domaines :

##### **a. Le domaine interne :**

Il est situé dans la partie septentrionale et résulte de la dislocation de la « plaque d'Alboran ». Ce domaine comprend un socle cristallophyllien d'âge Précambrien dénommé le socle kabyle (M. Durand-Delga, 1969 ; J.F Raoult, 1974 et J.P. Bouillin, 1977). Ce dernier affleure dans les massifs de Grande et Petite Kabylie recouvert en discordance par une couverture sédimentaire écaillée allant du Paléozoïque au Tertiaire appelée la dorsale Kabyle ou la chaîne calcaire (J.P. Bouillin, 1977, J.M. Vila, 1980 et A. Saadallah, 1992).

##### **b. Le domaine des flyschs :**

Les flyschs gréseux correspondent à un secteur marin profond et mobile d'âge Jurassique moyen au Burdigalien. Il est lié, jusqu'à l'Eocène supérieur, à la bordure sud de la plaque d'Alboran (W. Wildi, 1983). Il existe du nord au sud deux types de flyschs : les flyschs maurétaniens et les flyschs massyliens auxquelles vient s'ajouter un troisième type plus récent : les flyschs grésos-micacés ou flyschs Numidiens (J. F Raoult, 1969).

##### **c. Le domaine externe (Tellien ou séries de l'avant-pays allochtone) :**

Ce domaine est très complexe et se prolonge à l'Ouest (Maroc) par le Rif et le Pré-Rif et à l'Est (Tunisie) par le Kroumirie et Nefza. C'est un domaine largement accidenté et tectonisé, typique des nappes de charriage qui sont mises en place au cours du Tertiaire. Ce domaine est subdivisé en deux unités : au NW, les collines de Tiaret ou les monts de Frenda, et au NE, l'unité méridionale du massif de l'Ouarsenis. Ce dernier est formé par un ensemble de collines et pointements à savoir : djebel Bechtout (**Figure II.3**), djebel Mahanoun, Sidi Maarouf et djebel Ghezoul.

#### **4.2. Le domaine des Hautes-plaines ou la Meseta**

Il s'agit de méga blocs ceinturés par des chaînes de montagnes formant une unité géomorphologique particulière de l'Algérie nord-occidentale ; ils prolongent vers l'Est pour atteindre l'Atlas tellien (**Figure II.2**). Ces régions tabulaires et plissées correspondent aux anciens fonds plus ou moins monoclinaux et résistants, limités par des fossés marginaux et intracratoniques.



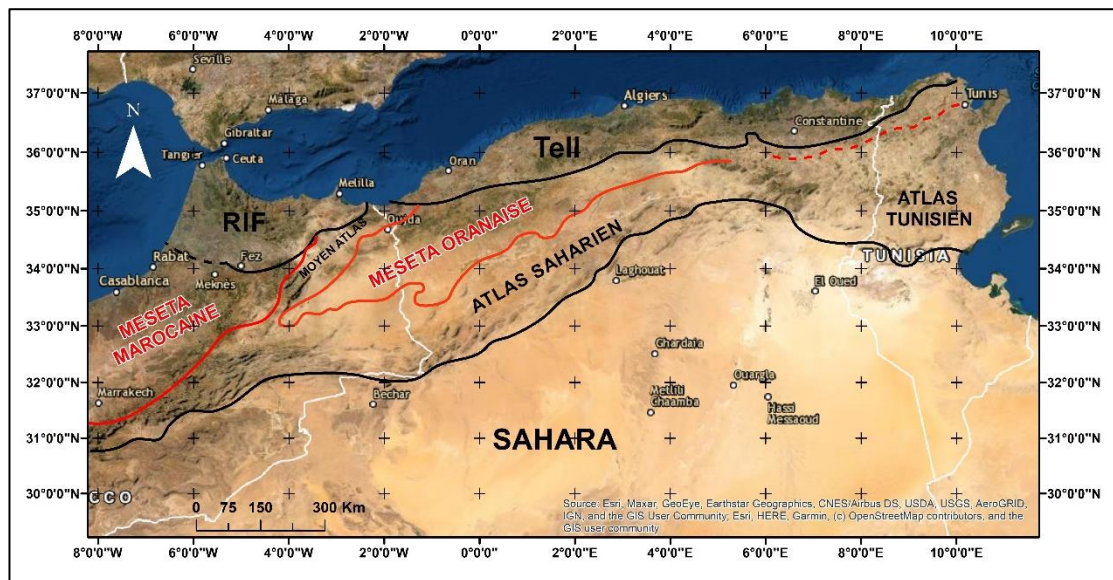


Figure II.2. Image satellitaire représente les grands ensembles géologiques de l’Algérie de Nord, D’après P. Guardia 1975.

**4.3. L’Atlas saharien :**

Il se prolonge à l’Ouest (Maroc) par le Haut Atlas marocain et à l’Est (Tunisie) par l’Atlas tunisien (Figure II.2). L’Atlas Saharien constitue un édifice plissé atlasique représenté par un grand alignement structural qui le subdivise en trois faisceaux de plis :

- Les monts des Aurès et Nememcha (Atlas saharien oriental)
- Les Monts des Oulad Nail
- Le Djebel Amour (Atlas saharien central)
- Les Monts des Ksour (Atlas saharien occidental).

**4.4. Le domaine de la plate-forme saharienne**

C’est une portion stable de la plaque africaine, séparée du domaine nord par l’accident sud-atlasique et qui s’étend d’W en E sur plus de 2000 km. Il s’agit d’une séquence sédimentaire épaisse à l’époque mésozoïque.

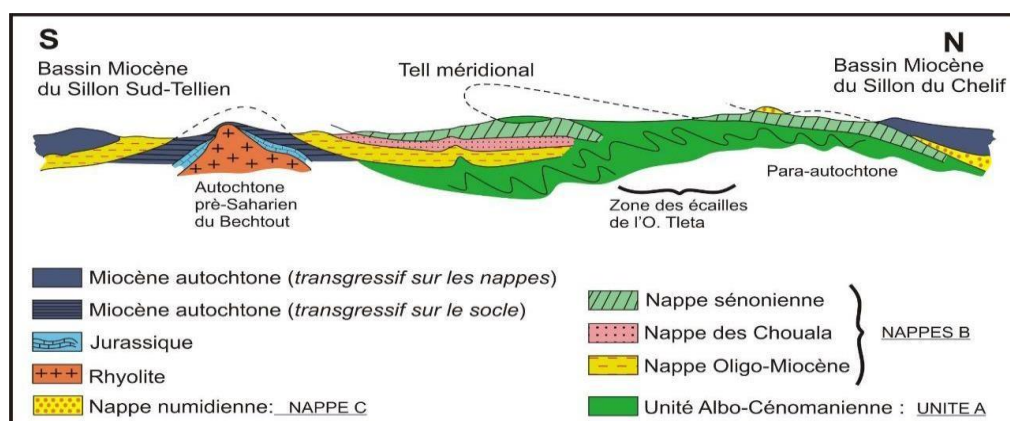


Figure II.3. Coupe schématique des grandes unités géologiques du Tell méridional oranais, d’après J. Polveche 1960, modifiée. (Sans échelle).

## **5. Principaux unités lithostratigraphiques des monts de Tiaret**

### **5.1. Le Paléozoïque**

Les affleurements du socle paléozoïque sont limités dans la région. Il affleure uniquement généralement dans le massif de Bechtout. A l'Est, dans les Monts de Chellala et ses alentours, quelques blocs conglomératiques sont signalés en surface à la faveur de diapirs triasiques, peuvent être considérés comme paléozoïques. Ces conglomérats renferment de fragments de schistes ardoisés gris-bleu et de galets de quartzite gris à brun (C. Caratini, 1970).

La couverture Méso-Cénozoïque masque presque tous les affleurements du socle. Ce Paléozoïque est constitué par des formations du Silurien, du Dévonien et du Carbonifère inférieur (J. Welsch, 1890). Le massif éruptif de Bechtout, saillant au milieu du Miocène, est recouvert, à l'Ouest, par une série jurassique et crétacée (**Figure II.3**).

Le Paléozoïque de Tifrit constitue « le môle de Tifrit » et apparaît en boutonnière entaillée par deux profondes vallées (Oued Tifrit, Oued Aïn Soltane). Il est situé suivant un axe E-W reliant les Monts de Frenda et de Nador. Le môle de Tifrit est formé par des roches éruptives paléozoïques (granite, microgranite, rhyolites) depuis le Silurien jusqu'au Carbonifère (G. Lucas, 1952)

### **5.2. Le Mésozoïque**

#### **5.2.1. Le Trias**

Le Trias diapirique se présente au centre de l'axe du Nador, sous un faciès habituel de schistes rouges, gypse, sel gemme, grès rouge, des cargneules, avec des calcaires jaunes. Il apparaît en position normale dans la boutonnière du Dj. Saffeh et au Sud de la maison forestière d'Aïn Harmela (Sud de Sougueur).

Dans les Monts de Chellala (ex, Dj Zerga), le Trias comprend des gypses, des dolomies noires, des cargneules, des argiles bariolées et des roches vertes. Ce Trias est discordant sur les terrains plus récents qui l'environnent (D. Auclair & J. Biehler, 1967).

#### **5.2.2. Le Jurassique**

La série du Jurassique est subdivisée en quatre groupes par C. Caratini (1970) : le groupe des carbonates inférieurs (Lias et Dogger), le groupe grés-argileux (Callovien supérieur-Oxfordien), le groupe marno-calcaire (Oxfordien terminal- Kimméridgien inférieur) et le groupe carbonaté supérieur (Tithonique - Berriasien).

Le Lias, dans le Nador, repose normalement sur les schistes rouges et les grès rouges du Trias. Il est formé à la base par une puissante série de dolomies cristallines, de calcaire

marneux sublithographique à Ammonites et rares brachiopodes, puis par des calcaires marneux rouges (ammonitico rosso) et marno-calcaires.

Le Dogger, est représenté à la base, par des faciès gréseux à quartzeux roux, massifs peu fossilifères à rares ammonites (P. Deleau, 1948) et par les calcaires du Nador au sommet.

Le Malm, dans le Nador, il est représenté par les grès de Sidi Saâdoun, les argiles de Faïdja, la série de Taga (F. Atrops et M. Benest, 1993). Il est marqué à Bou-Rheddou et à Bechtout par des formations carbonatées à ammonites (F. Atrops et M. Benest, 1994). La formation oxfordienne est représentée par des argiles rouges d'Ain El Hamra (M. Belaid et al, 2020). Le passage Tithonique – Berriasien est soulignée par des faciès marno-calcaires à Calpionnelles de Mina (M. Ghali, 1984 ; M. Benest & M. Ghali, 1985).

Les strates de l'Oxfordien de l'Atlas tellien sont connues par le faciès d'Ammonitico rosso (F. Atrops et M. Benest, 1994). La formation des argiles rouges de Kheneg contient des dépôts marins jurassiques supérieur affleurant dans l'Atlas tellien méridional. Il s'agit de dépôt d'origine pélagique, avec des lits détritiques localement importants « Grèsintercalaires » (A. Cherif et al., 2015, 2018 ; A.T. Halamski et A. Cherif, 2017 ; M. Belaid et al., 2020).

### **5.2.3. Le Crétacé**

Le Crétacé est majoritairement marneux, admet des intercalations calcaires. Il affleure au nord de la chaîne du Nador et composé de calcaire poreux. Dans l'extrême Nord à Bechtout, le Crétacé est assez largement développé, il surmonte une épaisse formation jurassique qui commence à partir du Callovien.

Le Crétacé inférieur est marqué par des formations de Sidi Ouadeh et correspond à une alternance de pélites plus ou moins argileuses grises. Il existe plusieurs groupes dans le secteur de Chellala qui commence à partir du l'Albien jusqu'à Barrémien.

Le crétacé supérieur est représenté par les formations de djebel Cheurfa (Cénomaniens) à dominante marneuse avec de minces intercalations de calcaires grumeleux lumachelliques à la base, et des marnes avec des marno-calcaires gréseux à Ostréidés (J. WeIsch, 1890). Au niveau d'oued Freaou, le Crétacé supérieur (Turonien), comprend 4 membres formés par des alternances de calcaires dolomitiques et des marnes, d'autre part il regroupe aussi des formations de grès et des argiles avec des calcaires gréseux dans le secteur de Chellala.

### **5.3. Le Cénozoïque**

Les formations du Tertiaire sont les plus représentées dans la région. Il regroupe des formations allant de l'Eocène au Pliocène. On détail, on peut grossièrement diviser les dépôts Eocène visible dans notre région en deux étages :

#### **5.3.1. L'Eocène :**

Il est matérialisé par une série essentiellement marneuse surmontée par une formation marno-calcaire.

#### **5.3.2. L'Oligocène :**

Il est gréseux marin et affleure dans les monts de Djebel Boubaghla au Nord et Nagar à l'est d'oued Mina. Ainsi que, sur la rive gauche de l'oued Hadda, du Djebel Temdrara au Nord, jusqu'à Koudiate Bouaza à l'Ouest.

#### **5.3.3. Le Miocène :**

Il est formé par des calcaires oolithiques et des marnes avec des molasses à la base. La transgression helvétique (Miocène) est observée entre Tiaret et Tagdemt et renferme des calcaires à intercalations marneuses et des poudingues. A Bou Rheddou, les séries du Miocène marin sont représentées par des grés avec des intercalations de marnes et de marno-calcaires et aussi par des formations marneuses (A. Cherif et al, 2021). Le Miocène supérieur qui affleure largement à Tiaret est plutôt gréseux que argileux et recouvre les rhyolites viséennes (J. Polvêche, 1960, A. Cherif et al., 2021).

#### **5.3.4. Le Pliocène :**

Il recouvre une bonne partie de la wilaya de Tiaret. Il s'agit de sédiments continentaux représentés par des grés, des conglomérats ferrugineux, des calcaires, des argiles, des marnes et des calcaires lacustres.

### **5.4. Le Quaternaire :**

Le Quaternaire est très répandu dans la wilaya sous forme d'alluvions représentées par des cailloux roulés, surmontées de marnes argileuses rougeâtres, de limons gris, de sables, de graviers et des encroutements calcaires. (J. Welsch, 1890).

## **6. Le magmatisme :**

La partie septentrionale de l'Algérie a enregistré pratiquement deux principaux événements magmatiques : le premier le plus ancien d'âge Carbonifère et le second plus récent d'âge Mio-Plio-Quaternaire.

L'abondance considérable de roches magmatiques, en particulier les granitoïdes du Carbonifère, est une caractéristique évidente de la Meseta oranaise (P. Guardia., 1975 ; Ch. Hoepffner, 1987 ; R. Cizack, 1993 ; A. Piqué et E. Laville, 1993 ; N. Remaci-Bénaouda., 2005 ; M. Bougara., 2013). Ces roches présentent une zonalité le long du domaine de la Meseta oranaise et sont misent en place suivant deux alignements presque parallèles d'orientation NE–SW.

La Meseta a connu une intense activité magmatique principalement acide et rarement basique. Ce matériel magmatique s'est mis en place en plusieurs phases au cours du Carbonifère allant du Viséen au Westphalien. Les affleurements de cette manifestation sont observés dans le secteur de djebel Bechtout qui est principalement volcanique de type rhyolitique contrairement aux massifs de : Tifrit, Nédroma et Béni-Snouss qui sont plutôt plutoniques représentés majoritairement par des granites (**Figure II.1**).

Au cours du Miocène, la marge septentrionale du Maghreb a connu une intense activité magmatique manifestée suivant un linéament de direction Est-Ouest, qu'il s'étend de l'île de la Galite au large de la côte Nord de la Tunisie à Ras Tarf au Maroc (R.C. Maury et al, 2000). Il s'agit d'un magmatisme post-collisionnel qui engendre la mise en place des roches plutoniques et volcaniques à affinités calco-alcalines riches en potassium (Maury et al, 2000 ; Chazot et al, 2017) et présentant des caractéristiques géochimiques liées à la subduction et présentant une forte empreinte crustale (R.C. Maury et al, 2000 ; S. Fourcade et al, 2001 ; F. Abbassene, 2016).

L'activité magmatique calco-alcaline s'est arrêtée pendant le Serravallien dans le centre et l'Est de l'Algérie ; par contre vers l'Ouest elle s'est terminée plus tard et s'est accompagnée de l'éruption de laves de transition, suivi des basaltes alcalins et basanites d'âge Plio-Quaternaires (R.C. Maury et al, 2000 ; C. Coulon et al, 2002).

## **7. Cadre tectonique et structural**

L'intensification des événements tectoniques au cours du Paléozoïque a eu probablement lieu dans l'Ouarsenis oriental (J. Polvèche, 1960). Ces mouvements ont été mis en évidence aussi dans les Hautes-Plaines. Il s'agit de la phase hercynienne responsable de l'activité volcanique dans la région de Bechtout (**Figure II.4**).

Dans le segment algérien au niveau du domaine des hauts plateaux, la chaîne hercynienne se manifeste dans les massifs paléozoïques situés au nord de la faille Sud atlasique (N. Remaci-Bénaouda., 2005 ; M. Bougara., 2013). Le socle paléozoïque affleure sous forme de boutonnière localisée au Djebel Bechtout, dans le môle de Tifrit ainsi qu'à Ghar Rouban.

Le domaine pré-tellien méridional ou l'Avant-pays est peu déformé (R. Ciszak, 1993). Il constitue la limite septentrionale du domaine atlasique. C'est une entité structurale et paléogéographique formant un segment de la chaîne intracratonique de la marge gondwanienne (M. Benest, 1985).

L'histoire de cette chaîne est rapportée à une « tectogenèse atlasique » (P. Guardia, 1975) pendant le Santonien et le Miocène moyen. La phase anté-messinienne engendre des plateaux peu déformés, interrompus par des zones étroitement plissées (Elmi, 1970, Benest, 1971, 1982, F. Atrops et M. Benest, 1986, 1994).

A Tiaret, le sillon de Nador-Chellala, a connu une importante sédimentation méso-cénozoïque ; suivie par des remaniements et d'enfouissements qui ont été réajustés par le jeu de failles N-S et NE-SW (M. Benest, 1985 ; M. Benest et al., 1991 ; F. Atrops et M. Benest, 1993). La fermeture et la cicatrization du sillon du Nador au Kimméridgien conduira finalement à l'installation d'une plate-forme carbonatée interne, sur une grande partie de l'avant pays (M. Benest, 1981 et 1985). La majeure partie de Tiaret est passée par une période stable au moment de l'orogénèse alpine comme ailleurs dans tout le domaine mesétien, sauf la partie de l'extrême nord qui a été touchée considérablement par cette activité tectonique.

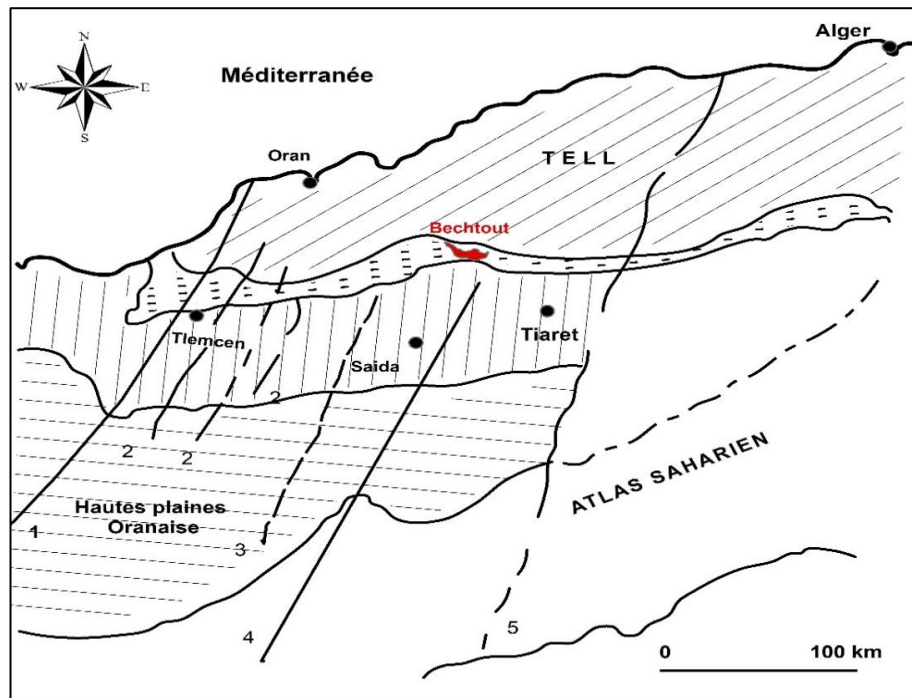
La région d'étude est une zone intermédiaire entre celle de l'Atlas tellien au Nord et celle des hauts-plateaux au Sud, E.F. Gautier (1909) inclut dans le domaine de la Meseta oranaise par analogie avec la meseta espagnole et marocaine, mais cette dernière est en fait l'équivalent des Hauts-Plateaux ou Hautes-Plaines.

Les Monts de Tiaret et ceux de Saïda s'inscrivent donc dans une vaste région allongée de l'ENE et dont le substratum est essentiellement formé de terrains jurassiques et crétacés laissant parfois voir leur soubassement triasique ou paléozoïque (Bechtout au nord, Ghar Roubane à l'Ouest et Tiffrit à l'Est).

Du point de vue structural, cette région est densément fracturée, parfois plissée et présente des structures chevauchantes (M. Kieken, 1962, D. Auclair et J. Biechler, 1967 ; M. Benest, 1971, 1973). Les structures tectoniques d'orientation N070° sont décalées ou devisées par des décrochements N010°, N020° parallèles aux « transversales » définis par L. Glangeaud (1933, 1951) et réétudiées depuis par P. Guardia (1967, 1970, 1975) et S. Elmi (1970, 1973, 1978). Les principaux décrochements affectant cette région sont :

1. Des accidents de direction atlasique (NE-SW) sont décrits du Nord vers le Sud dans djebel Bechtout et aussi dans les monts de Nador par des faisceaux subparallèles.

2. Des transversales sub- méridiennes qui correspondent à des décrochements sénestres et dextres (G. Lucas, 1952 ; C. Caratini, 1970). Ils sont parallèles aux transversales de direction N010° (L. Glangeaud,1951) et ils sont subdivisés comme suit :
- La première transversale de Teniet El Haad affectant la partie orientale du Djebel Nador.
  - La transversale EL Bayadh-Tiaret (à l'Est des Monts de Saïda-Frenda) marque la frontière orientale du domaine (**Figure II.4**) considéré comme la bordure des Hautes Plaines (G. Lucas, 1952) ; plus à l'Est viennent les Hautes Plaines du Sersou ou le secondaire qui n'affleure que par endroit à la faveur de remontées anticlinales.
3. Des accidents de direction NW-SE sont peu marqués entre l'anticlinal de S. Ouadah, le Sersou occidentale et le Nador (P. Deleau 1935,1948 ; C. Caratini, 1971 ; S. Elmi 1970,1978).



#### Légende

1 : Transversal de la Tafna

2 : Principaux décrochements des monts de Tlemcen

3 : Transversal d'Ain safra -Tellout

4 : Transversal d'Ain Sefra- Saïda

5 : Transversal El Bayed - Tiaret

 Tell

 Sillon miocène

 Haut- plaines oranaises

 Domaine tlemcénien

**Figure II.4.** Grands traits structuraux de la mosaïque de l'Afrique du Nord-Ouest (D'après S. Elmi, 1971 ).

## **CHAPITRE III :**

Contexte géologique local



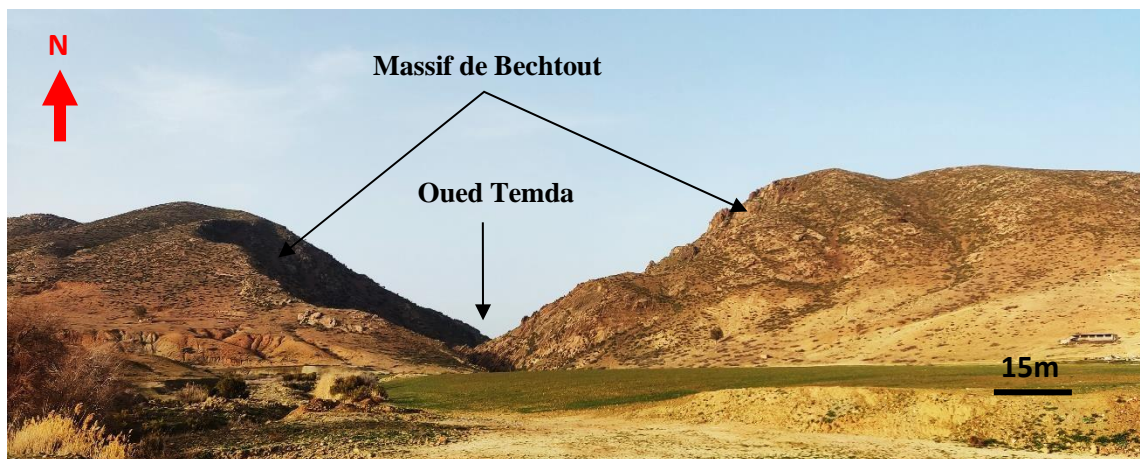
## 1. Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude géologique locale du massif de Bechtout et se focalise sur les formations du socle paléozoïque qui font l'objet de cette étude. Ce massif marque un endroit géographique très important puisqu'il est positionné entre le domaine tellien et les hauts plateaux ce qu'il lui donne un intérêt scientifique particulier pour une exploration plus poussée.

Afin de déterminer la nature des roches volcaniques constituant ce socle ancien, un échantillonnage géoréférencié au marteau a été mené tout le long d'Oued Temda qui traverse le massif de Bechtout dans sa partie centrale suivant une coupe de 4Km d'orientation N-S (**Figure III.22**). Des descriptions macroscopiques, puis microscopiques ont été réalisées. Dans le but de caractériser les faciès rencontrés.

## 2. Présentation générale du massif de Bechtout :

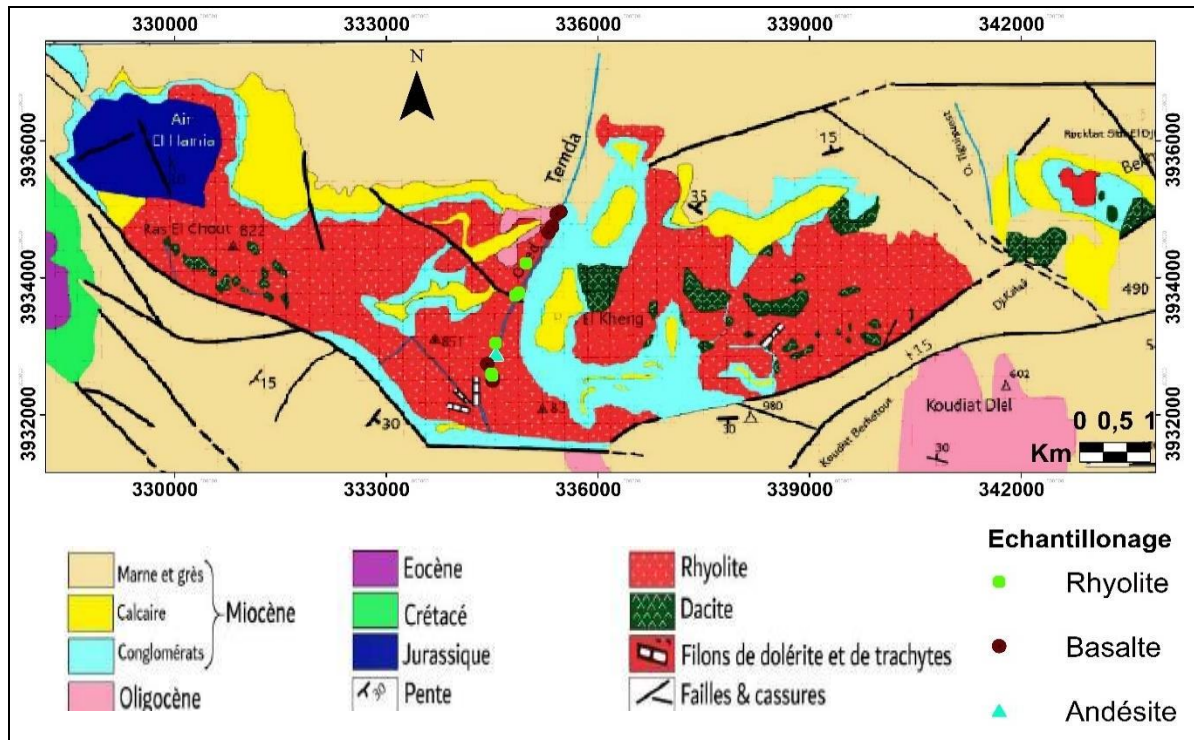
Le massif de Bechtout est situé à 100 km au NE du mole de Tifrit (W. Saida). La structuration de ce massif est modelée par l'orogénèse tardi-hercynienne, qui permet de placer cette structure autochtone de Bechtout comme un complexe volcanique paléozoïque de la meseta oranaise. Il présente une grande similitude avec ses homologues Ghar Rouban, Béni-Snouss et Traras (Remaci-Bénaouda., 2005 ; M. Bougara., 2013) qui peut être interprété comme le résultat d'un arc magmatique associé à une contrainte compressive.



**Figure III.1.** Vue générale du côté sud du massif de Bechtout dans sa partie centrale.

Le Djebel Bechtout (**Figure III.1**) forme le seul affleurement en place du socle ancien visible dans l'Ouarsenis (J. Polvêche, 1960 ; M. Benest, 1995). Il est remarquable par sa forme trapézoïdale, d'une largeur de 3 à 4 Km et d'une longueur de 14 Km et par sa couleur foncée (brunâtre et rougeâtre). Les roches éruptives qui les constituent ont été décrites en 1890 par J. Welsch qui les considèrent comme un matériel microgranulite associé à des filons de

porphyrites micacées et de porphyrites andésitiques anté Jurassique (J. Ranoux, 1952, G. Lucas, 1952). En 1954, V. Kovenko, H & G. Termier déterminèrent la nature rhyolitique de la roche dominante sur ce massif. Les faciès andésitiques sont décrits plus tard par J. Ranoux (1952) ; ces roches acides ont été lié par N. Chabani (2020) au contexte post-collisionnel de l'orogène hercynien avec une origine purement crustale. Il montre que les dykes basiques misent en place postérieurement aux rhyolites sont à affinité alcaline à tendance shoshonitique.



**Figure III.2.** Carte géologique du Djebel Bechtout, et positionnement des points de prélèvement des échantillons (d'après J. Ranoux 1952 et Kh. Tchounev et N. Zidarov (ORGM) 1971, modifiée).

### 3. Cadre lithostratigraphie du massif de Bechtout

Au Nord de Tiaret, affleure un socle primaire de la Meseta oranaise du complexe volcanique du Bechtout. Il est affecté par l'orogénèse hercynienne et mis en place dans la transition des hauts plateaux et du domaine tellien (J. Polvéche, 1960 ; M. Benest, 1995). Sa lithostratigraphie est décrite comme suit.

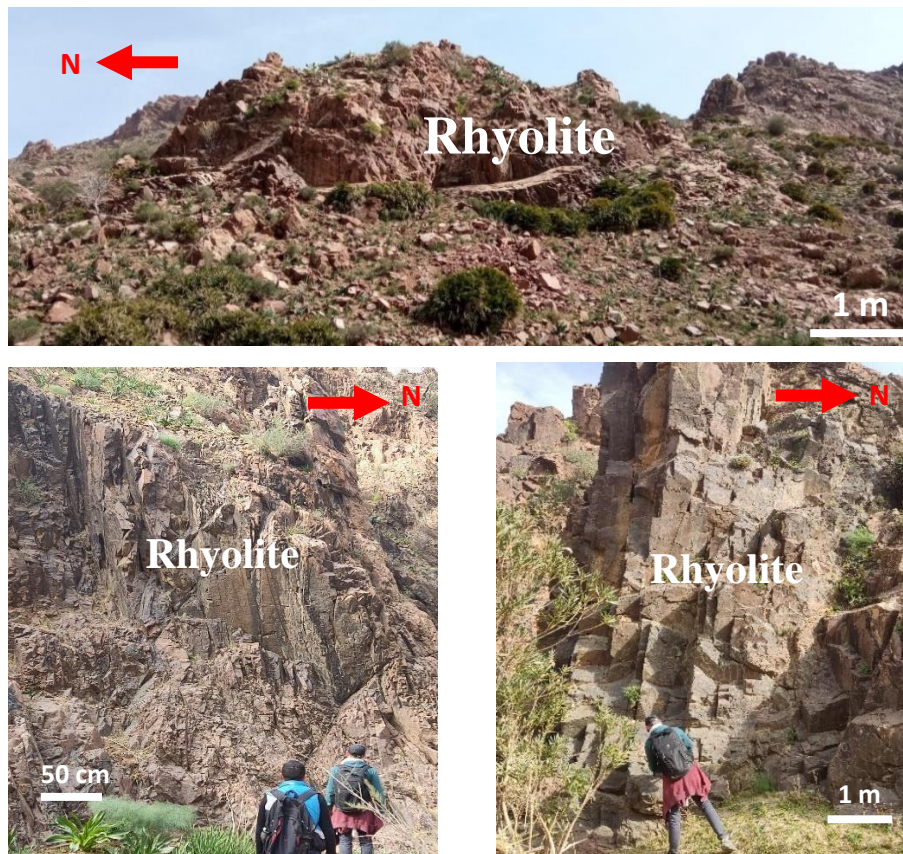
#### 3.1. Le socle paléozoïque :

Les formations géologiques allant du Cambrien au Dévonien sont absentes au niveau du massif de Bechtout. Le Paléozoïque est représenté uniquement dans cette structure par des faciès d'âge Viséen supérieur (Carbonifère inférieur) qui se manifeste principalement par des rhyolites de couleur brunâtres et rougeâtres (G. Lucas, 1952 ; V. Kovenko, G et H. Termier 1954 ; J. Polveche 1960) et des roches filoniennes basiques. Le faciès andésitique

identifié par J. Renoux (1952) au centre de l'Oued est peu exprimé. Dans le détail, ce complexe volcanique est composé par :

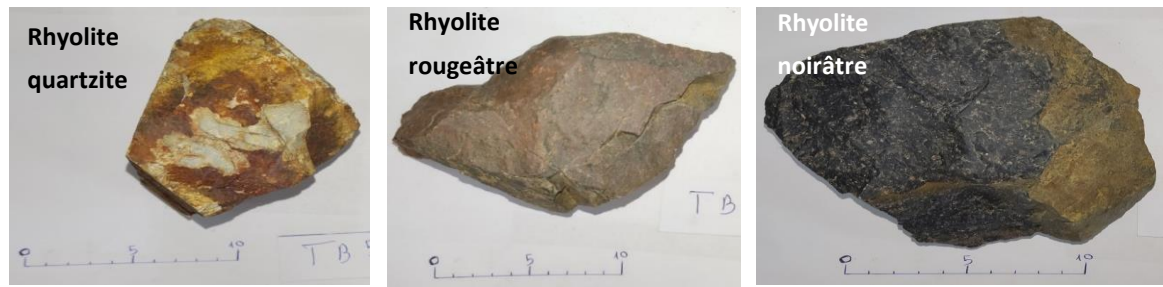
➤ **Rhyolite :**

Ce faciès constitue la majorité des affleurements de ce socle volcanique (Renoux, 1952 ; Kovenko, 1954 ; H & G. Termier, 1954 ; J Polveche, 1960). Ces roches acides montrent une variété remarquable visuellement avec une texture phanérotique et une mésostase foncée. Elles apparaissent sous forme d'une masse rocheuse de plus de 100m de puissance. Au premier tier de la coupe, la rhyolite est de couleur brunâtre, rosâtres à rougeâtre avec une cassure conchoïdale brunâtre. Elles montrent des passages blanchâtres claires due à une intense silicification tardive qui a rendu la roche plus compacte et dure à tendance quartzitique. Au-delà, la rhyolite est de couleur rougeâtre silicifiée d'orientation N018°-60° E (**Figure III.3**). Vers la partie septentrionale d'oued Temda, on note la présence d'une rhyolite porphyrique dont la patine et cassure sont de couleur noir sombre (**Figure III.4**).



**Figure III.3.** Affleurement de la rhyolite dans le massif de Bechtout

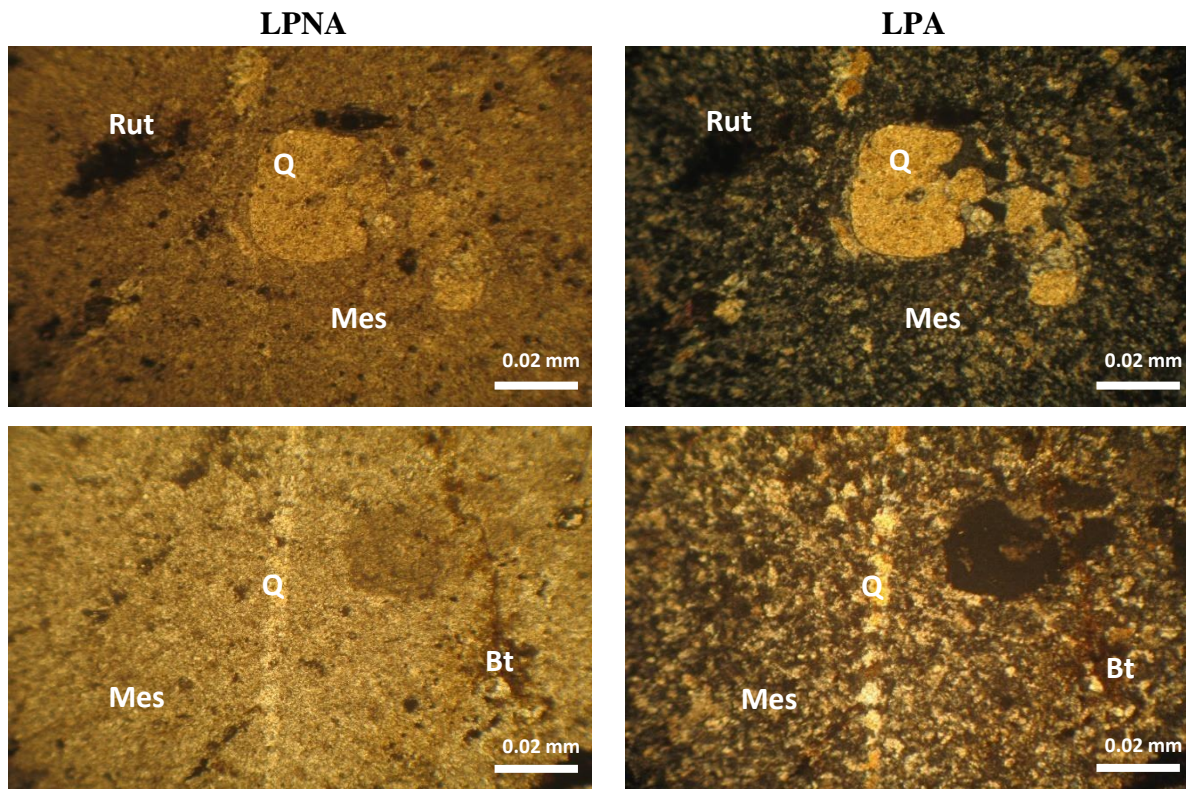
D'une façon globale, les rhyolites observées sur cette coupe renferment des phénocristaux de feldspaths potassiques de taille millimétrique à centimétriques de couleur rougeâtre, rosâtre à blanchâtres associés au quartz rhyolitique subautomorphe, transparent de petite taille (**Figure III.4**). De rares grains noirs à foncés sont présents dans ce type de faciès, il s'agit respectivement des minéraux ferromagnésiens (Biotite) et des oxydes de fer.



**Figure III.4.** Différents types des rhyolites existées dans djebel Bechtout

Au microscope, la rhyolite renferme des phénocristaux de feldspaths potassiques et plagioclases en prismes allongés de taille inférieure à 0.5cm. Les feldspaths potassiques sont représentés par de la sanidine et de l'orthose et montrent une certaine zonalité. Les plagioclases sont plutôt albitiques. Ces cristaux ont subi une altération marquée au niveau des plan de clivage et traduit par une séricitisation ou carbonatation. Le quartz est subautomorphe à xénomorphe de petite taille qui présentent des golfs de corrosion. La biotite apparaît sous forme de paillettes parfois altérées en chlorite ou en épidote. Des fantômes de ferromagnésiens sont aussi observés. La muscovite est peu présente dans ces faciès.

Ce faciès est silicifié et montre des veines de quartz subautomorphe. La mésostase est composée par le couple quartz-feldspath témoignant d'une recristallisation et représente plus de 80% de la masse rocheuse (**Figure III.5**). Cette rhyolite est caractérisée par une texture microlitique porphyrique. Les minéraux opaques représentés par les oxydes ferro-titanés rutile se trouvent soit en inclusion dans les plagioclases et la biotite, soit dans la mésostase.



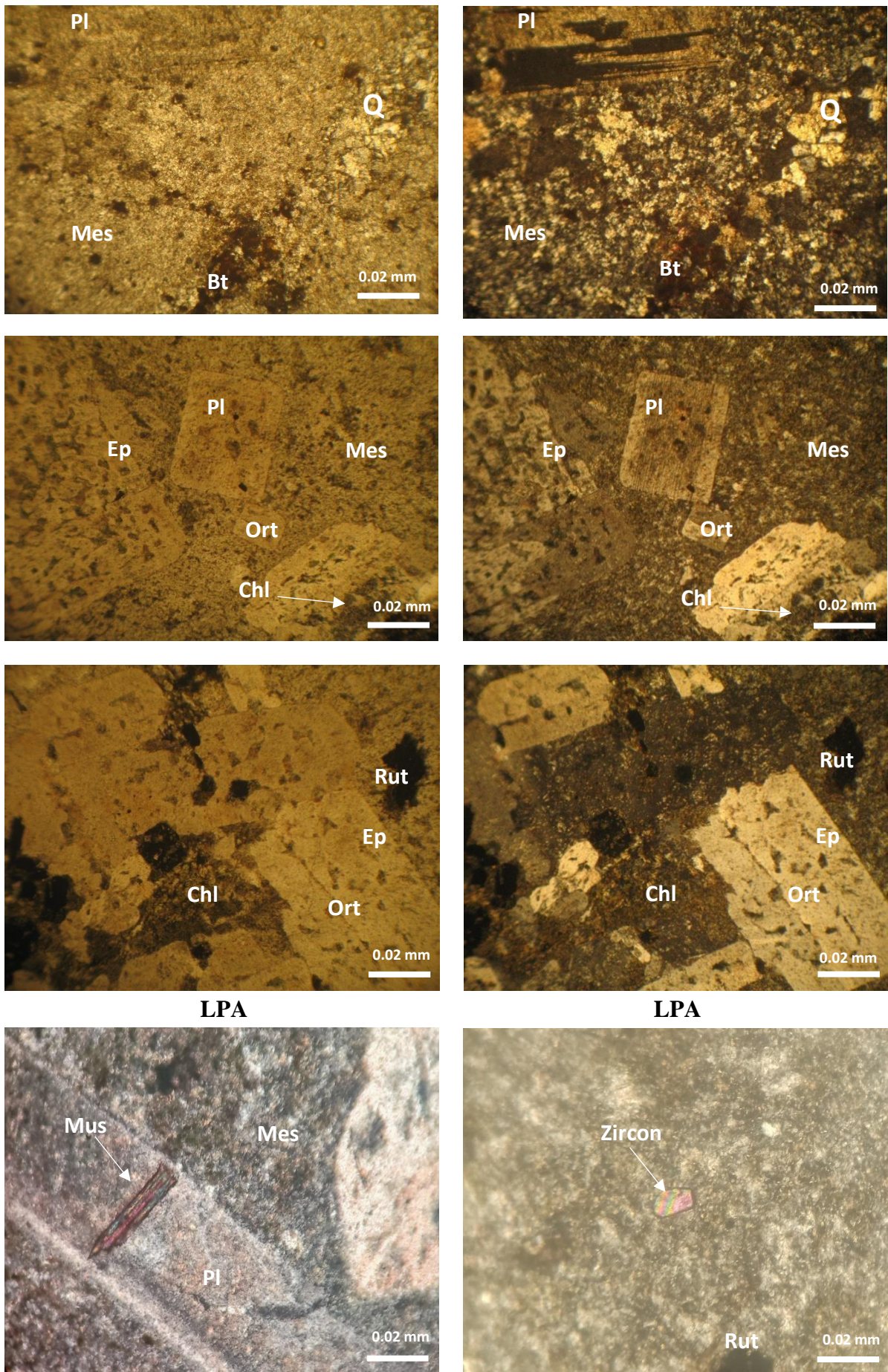
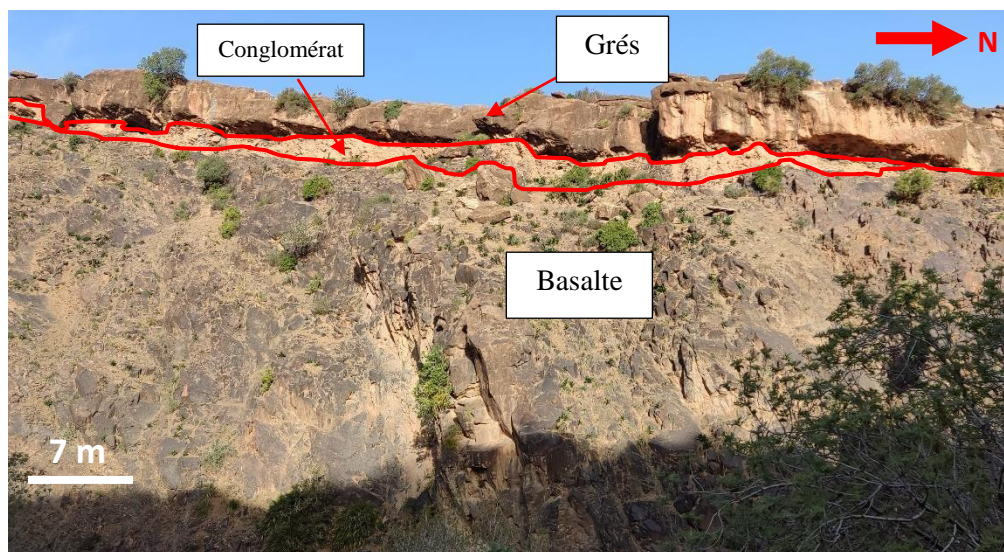


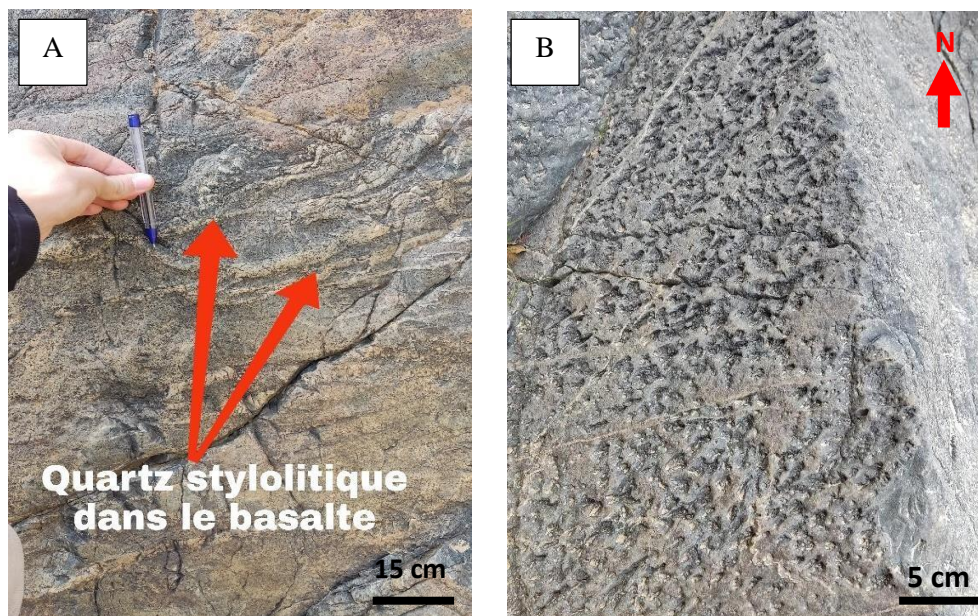
Figure III.5. Vue microscopique de rhyolite. (Gr X4)

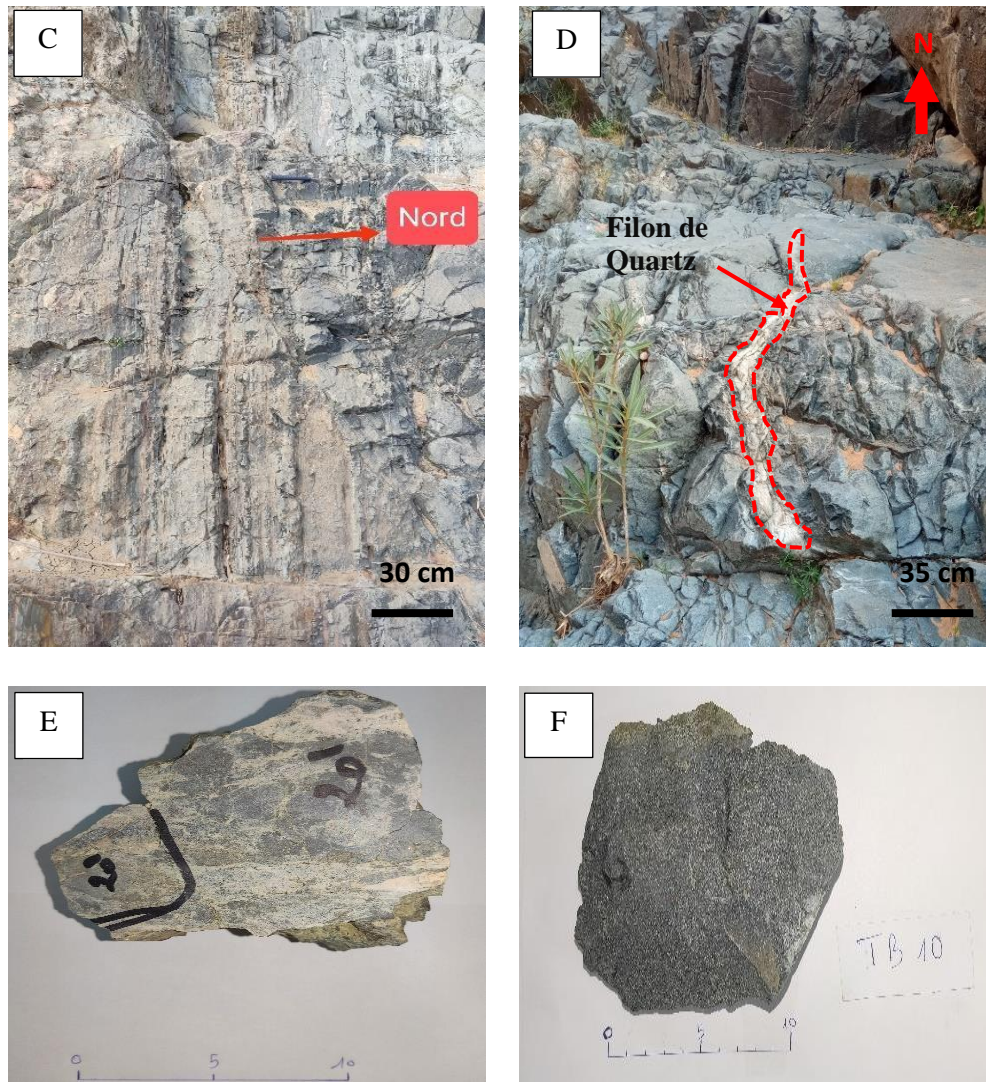
➤ **Basalte :**

Dans la partie nord de djebel Bechtout, les faciès basiques de direction N160-60S affleurent largement et sont surmontés en discordance par des grès et/ou les conglomérats du Miocène (**Figure III.6**). Ces roches basiques, de couleur sombre noirâtre, à texture microlitique se manifestent géographiquement dans divers points à côté de l'Oued Tamda. Ce faciès compact et lourd (présence de ferromagnésiens) est traversé par un réseau de veines de quartz (**Figure III.7**). Sous l'effet de la mylonitisation, ces basaltes deviennent fracturés ce qui permet la circulation des solutions hydrothermales et la silicification tardive. Cette manifestation hydrothermale a permis l'altération de ce faciès en couple épидote-chlorite de couleur. Ces roches sont parfois fortement magnétiques.



**Figure III.6.** Affleurement de basalte surmonté par les conglomérats et les grés.





**Figure III.7.** Photographie des affleurements des basaltes dans djebel Bechtout. **A)** quartz stylolitique dans le basalte. **B)** basalte vacuolaire. **C)** basalte noir affecté par un décrochement senestre d'orientation. **D)** filon de quartz recoupe les basaltes. **E)** basalte en échelon de quartz **F)** basalte ferromagnésien traversé par veine de calcite.

L'étude microscopique de ce faciès montre des minéraux plutôt fins beignant dans une mésostase fine qui représente la majorité de la masse rocheuse (**Figure III.8**). Les phénocristaux sont essentiellement à plagioclases en baguettes allongés souvent altérés en séricite et en calcite. Des reliques de minéraux ferromagnésiens sont observés mais sont complètement altérés. Ils s'agit d'amphiboles, de pyroxène et probablement de l'olivine. Les minéraux opaques et les oxydes de fer sont omniprésents dans ce faciès. La phase d'altération se manifeste par l'apparition de l'épidote et du chlorite.

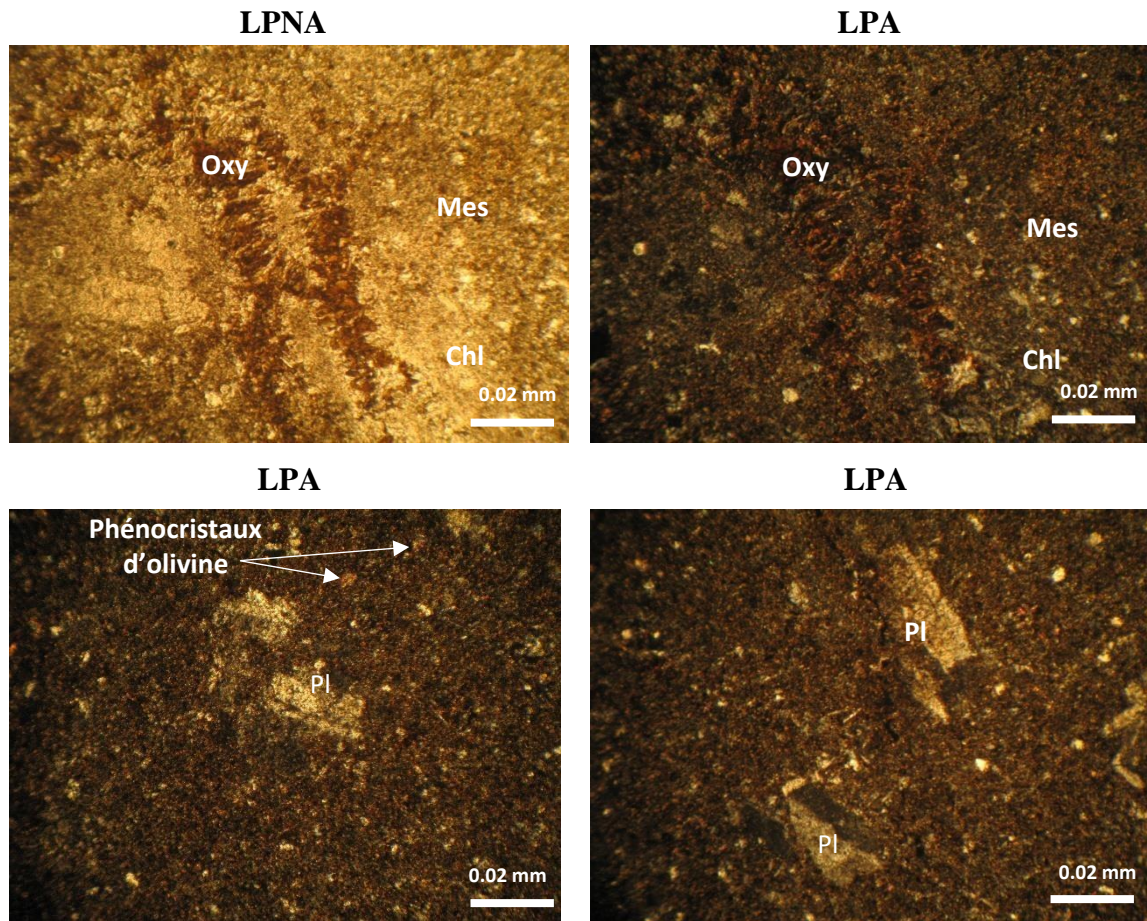


Figure III.8. Vue microscopique de basalte (Gr X4)

### ➤ Andésite

Au bord NW du djebel Bechtout, il y a le dyke du Marabout Sidi Abd El Kader qui est séparé en deux parties. La partie Nord est constituée par une roche à texture fluidale foncée de nature andésitique (J. Ranoux, 1952). La mise en place de cette andésite est postérieure à la rhyolite (Kh. Tchounev et N. Zidarov 1971). Ce même faciès a été observé lors de notre sortie au niveau du cœur d'oued Temda. Les affleurements d'andésite sont sous forme de dyke environ de 6 m de longueur suivant une direction NE-SO et une inclinaison de 60° vers l'Est (**Figure III.10.**). Cette roche intermédiaire contient des phénocristaux de plagioclases marqués par de l'albite millimétriques à pluri-millimétriques éparpillés dans une mésostase fine de couleur grise à sombre (**Figure III.9.**).

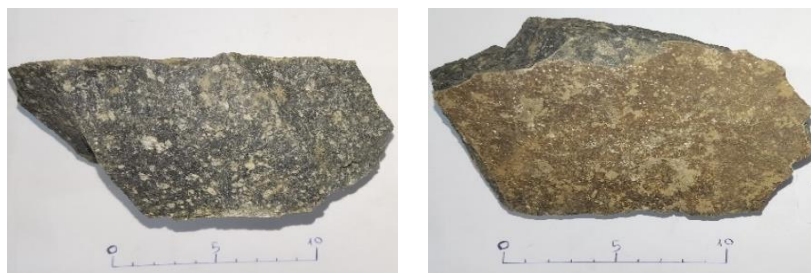
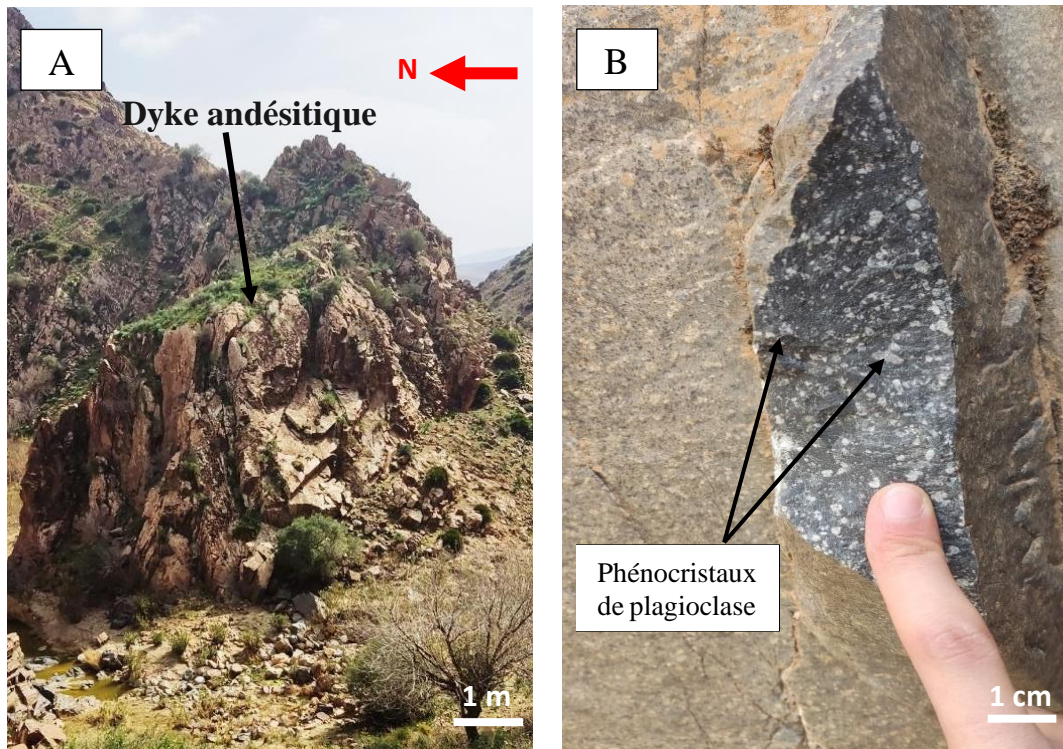


Figure III.9. Aspect macroscopique d'Andésite

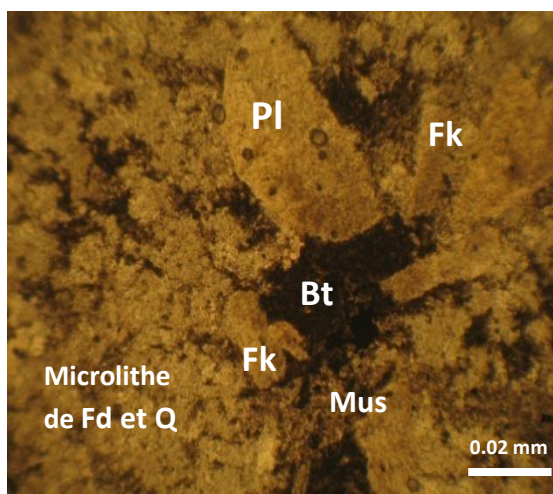




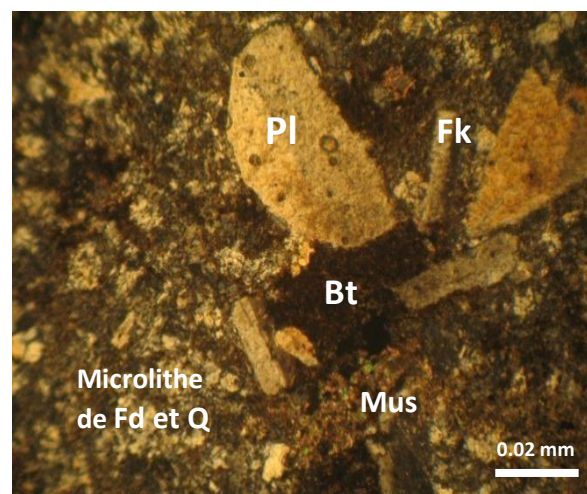
**Figure III.10.** A) Dyke andésitique. B) Andésite à phénocristaux de plagioclase.

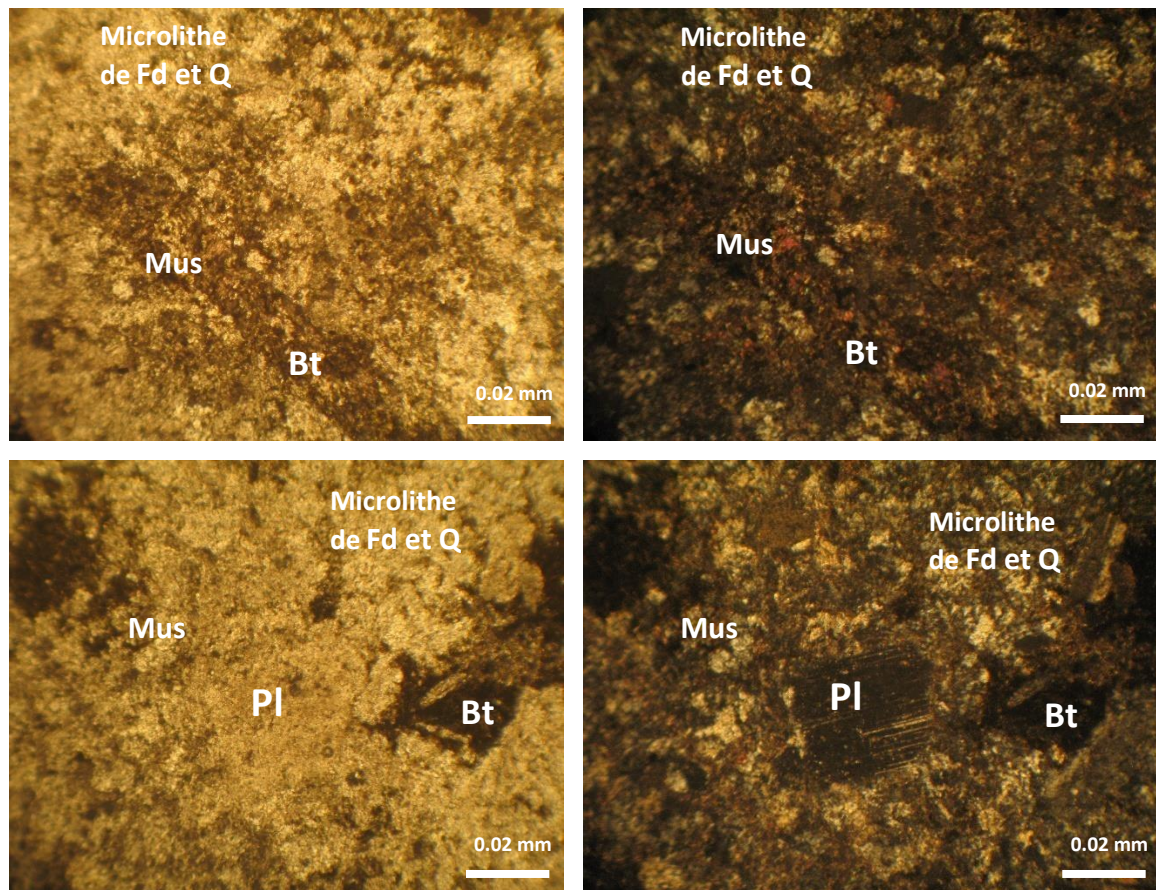
Microscopiquement, les andésites sont composées par des phénocristaux de plagioclases en prismes allongés et de feldspaths potassiques en baguettes. La séricitisation caractérise l'altération des plagioclases et des feldspaths potassiques. Le quartz est en petits cristaux sub-automorphes à xénomorphes, alors que la biotite et la muscovite ne sont pas abondants et se trouvent en grains xénomorphes de taille réduite (**Figure III.11**). Les microlithes sont composés par des feldspaths et de quartz. Cette andésite présente une texture microlithique porphyrique à phénocristaux de plagioclases et de feldspaths.

LPNA



LPA

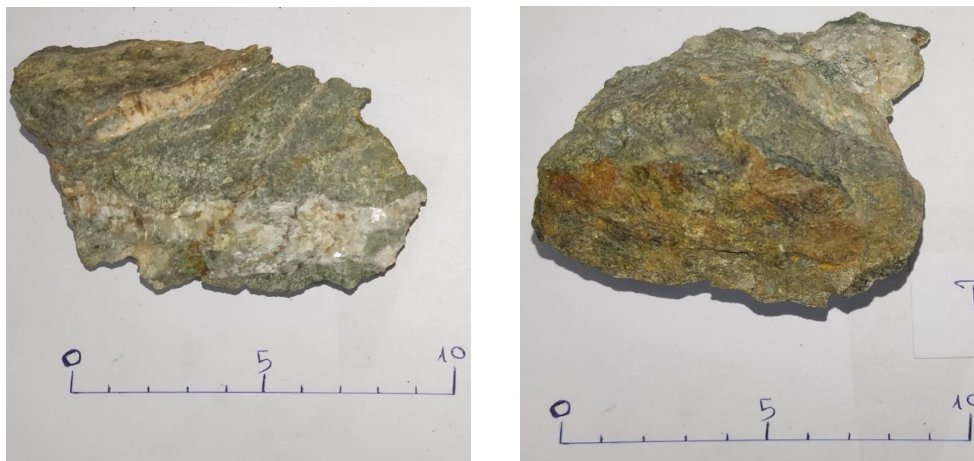




**Figure III.11.** Vue microscopique d'andésite (Gr X4)

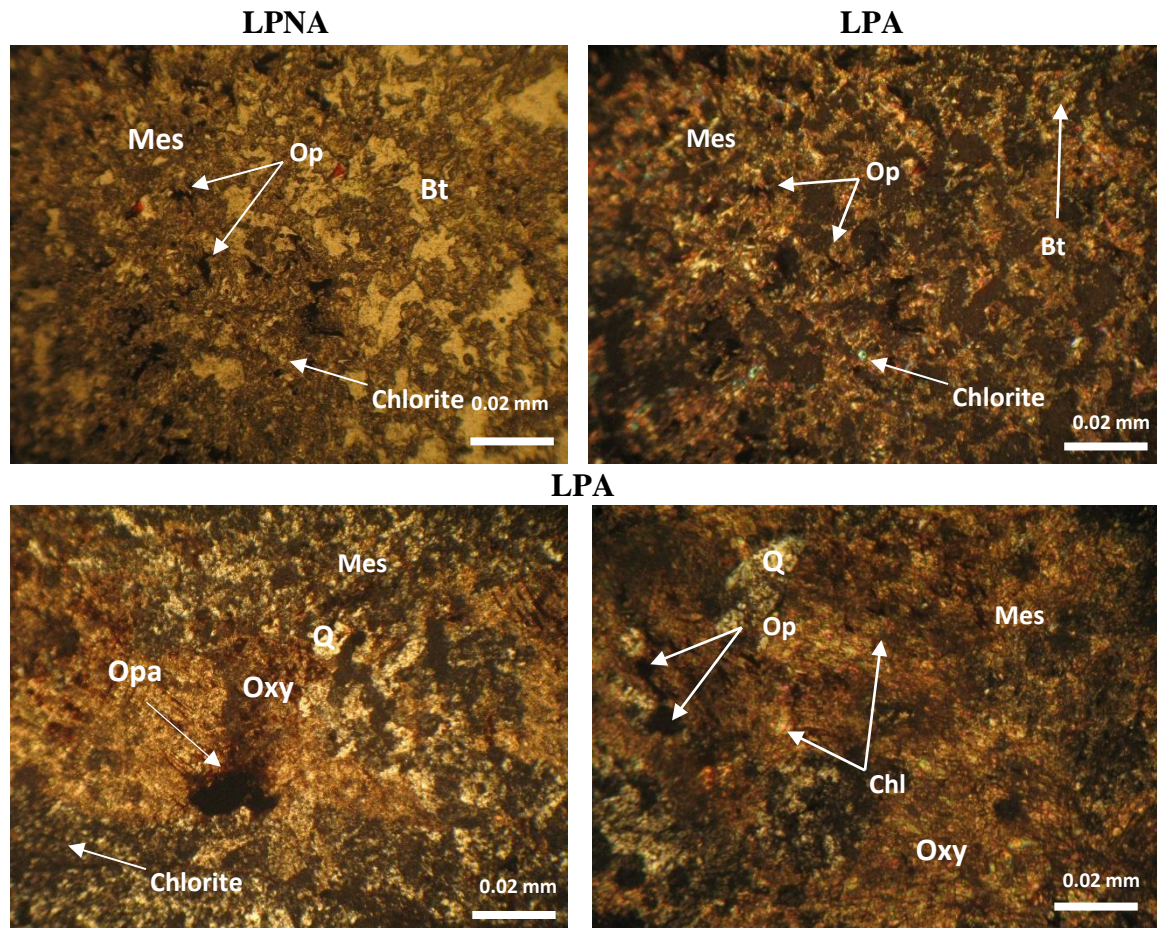
➤ **Roche filonienne verdâtre**

Il s'agit d'un affleurement des roches filoniennes basiques claires à verdâtres très altérées de direction N060° et de pendage 70°NW. Ce faciès renferme des petits grains de quartz et des minéraux verts d'altération d'épidote et de chlorite (**Figure III.12**). Il est traversé par des veines de calcite et montre un aspect bréchiq. Cette description pourrait coïncider avec celle de J. Ranoux (1952) ou de V. Kovenko, G et H. Termier (1954) qui l'ont considéré comme un faciès doléritique basique.



**Figure III.12.** Aspect macroscopique cassure et patine de la roche filonienne basique

L'étude microscopique de ce type de roche montre l'existence des minéraux ferromagnésiens fibreux complètement altérés en épidote et en chlorite et associés à la biotite en cristaux xénomorphes fins. Les minéraux opaques ainsi que les oxydes de fer et de titane sont disséminés dans la mésostase recristallisée (**Figure III.13**).



**Figure III.13.** Vue microscopique du faciès vert altéré (Gr X4)

### ➤ Microgranite

Ce faciès altéré de couleur rosâtre est porphyrique à phénocristaux de plagioclases, de feldspaths potassiques et de biotite et à grains fins de quartz (**Figure III.14**). Il affleure timidement au sein des rhyolites en contact avec le faciès vert d'altération dans la partie centrale d'Oued Temda. Ce corps se présente en petit dyke de 2 m de large sur 20 m de longueur suivant une direction NE-SW.

L'étude microscopique de ce faciès a révélé l'existence de phénocristaux de plagioclases en baguettes automorphes plurimillimétriques marqués par une altération en séricite et de quartz subautomorphes. La biotite est aussi présente dans la mésostase remarquablement recristallisée (**Figure III.15**). Les produits d'altération sont de la séricite, l'épidote, le chlorite et les oxydes de fer. Les minéraux opaques sont aussi signalés.

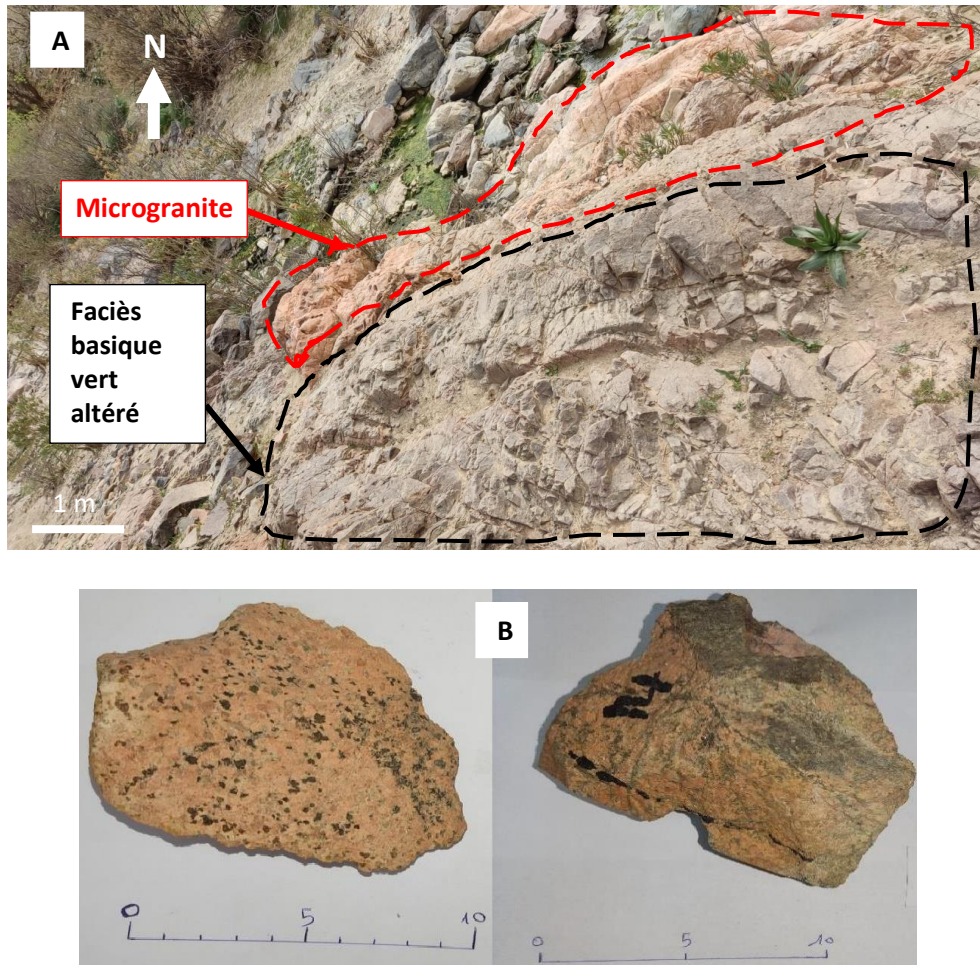


Figure III.14. A) photographie de la zone de contact microgranite- faciès basique vert altéré. B) aspect macroscopique cassure et patine de microgranite.

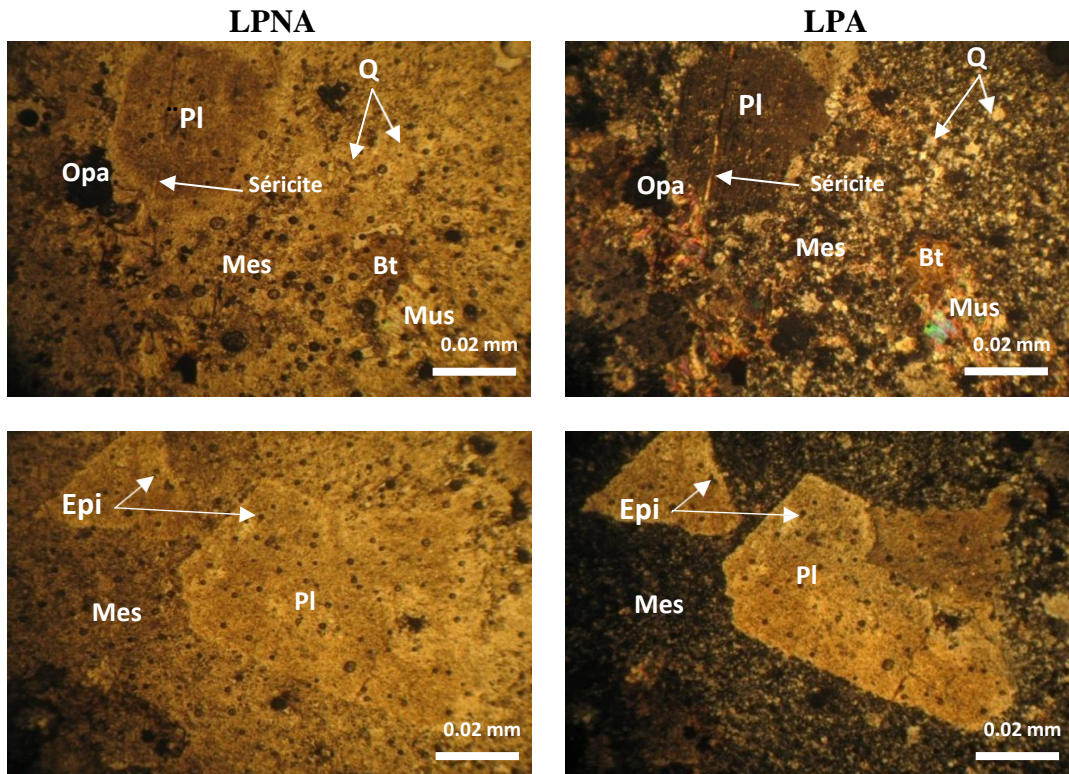


Figure III.15. Vue microscopique de microgranite

Les dacites signalées dans les anciens travaux n'ont pas été observées lors de la réalisation notre coupe au niveau d'Oued Tamda. Ce faciès est cartographie dans la partie Est et Ouest du massif (N. Chabani, 2020).

### **3.2. La couverture post-Paléozoïque :**

Le socle d'âge Paléozoïque est recouvert en discordance par une couverture sédimentaire allant du Jurassique au Miocène (**Figure III.16**). Au niveau d'Oued Tamda, les seules formations de la couverture qui ont été rencontrées lors de la réalisation de cette coupe sont les grès et les conglomérats d'âge Miocène.

#### **3.2.1. Jurassique :**

Le Jurassique autochtone du Bechtout affleure dans la partie NW du massif et il a été divisée en sept formations de Malm (F. Atrops et M. Benest 1984, 1986 ; B. Benosman 1990). Il est composé par des argiles granuleuses rouges de Aïn El Hamra (P. Tchoumatchenco, et Kh. Khrishev 1992 ; M. Belaid et al 2020), des niveaux de grès intercalaires et du faciès d'Ammonitico-rosso supérieur (F. Atrops & M. Benest 1984).

#### **3.2.2. Crétacé :**

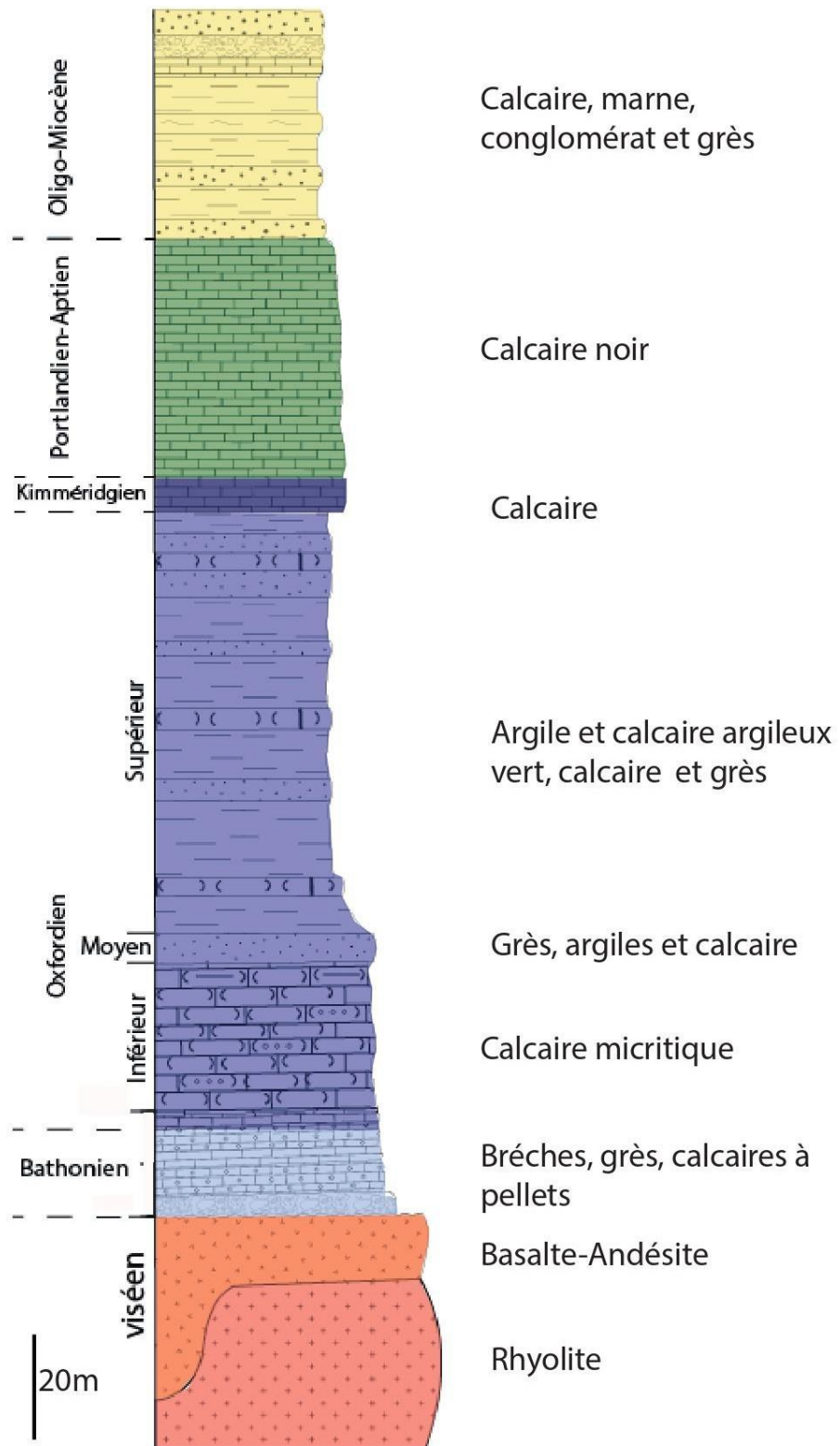
Les formations du Crétacé sont localisées dans la partie extrême occidentale du massif. Elles montrent des calcaires noirs compacts, graveleux qui reposent sur l'Ammonotico-rosso représentent une succession continue allant du Portlandien à l'Aptien (J. Ranoux, 1952 ; G. Lucas, 1952 et J. Polveche, 1960).

#### **3.2.3. Eo-Oligocène :**

Les formations de l'Eo-Oligocène n'ont pas été observé sur le terrain. L'Eocène affleure dans l'extrémité occidentale du massif alors que l'Oligocène se trouve dans la partie SE à Koudiat Dlel avec quelques pointement au NW d'Oued Tamda.

#### **3.2.4. Miocène :**

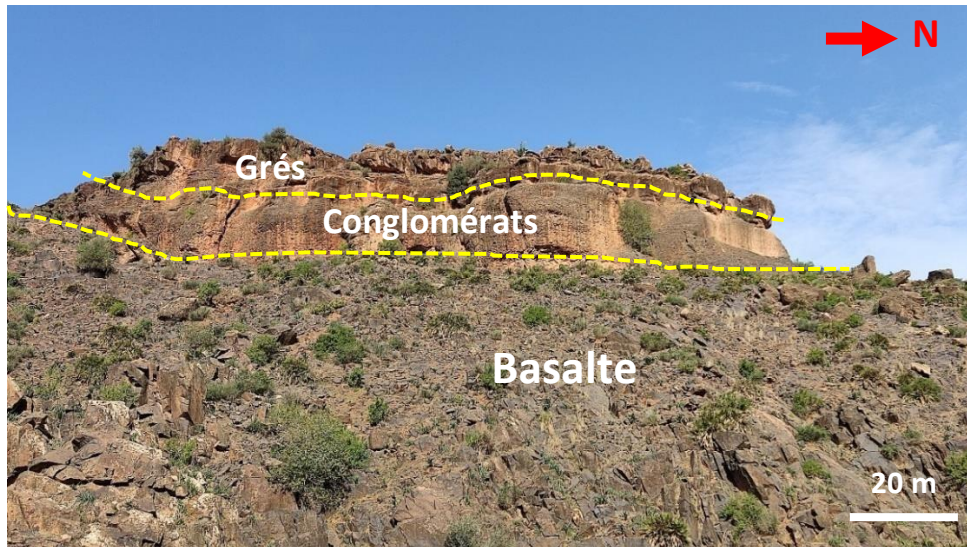
Le Miocène recouvre en discordance angulaire les roches éruptives et les formations jurassiques. Il s'agit des affleurements de conglomérats, des calcaires, de marnes et des grès. On retrouve de nombreux lambeaux de terrains miocènes qui divisent ce massif en plusieurs parties. L'un d'eux s'observe sur un des sommets (851m), ce qui prouve que le massif a été entièrement immergé au Miocène inférieur (J. Polvech 1960). Ce Miocène affleure largement dans le massif de Bechtout surtout dans la partie orientale d'Oued Tamda.



**Figure III.16.** Log stratigraphie synthétique du massif de Bechtout réalisé à partir des anciens travaux de : J. Polvêche, 1960 ; P. Tchoumatchenco et kh. Khrichev 1992 ; M.N. Naimi et al 2021.

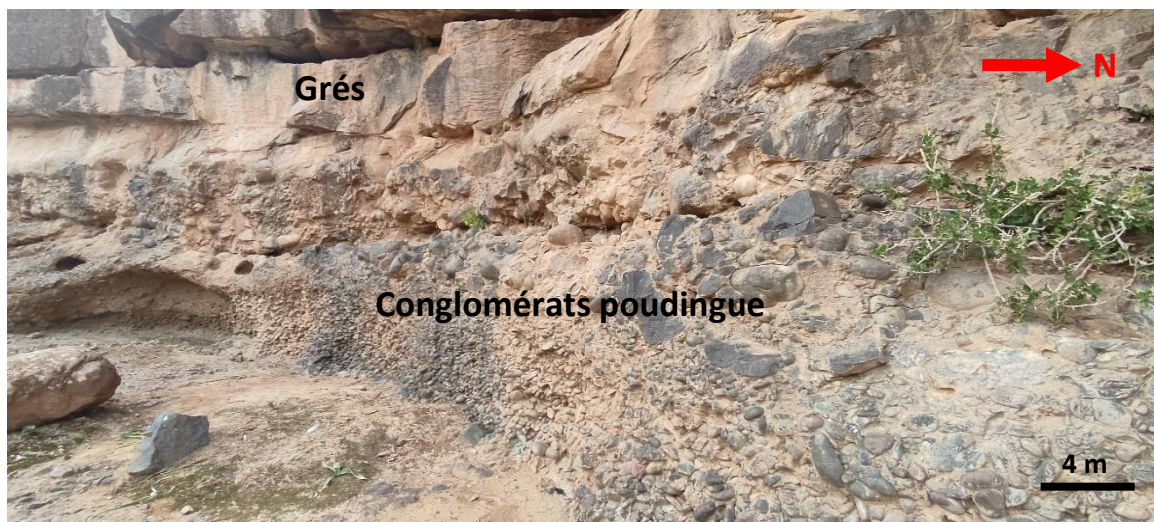
### ➤ Les conglomérats

Les conglomérats sont de puissance plurimétrique et sont hétérogènes. On les observe au Nord au Sud d'oued Tamda orienté N100°-50°S (**Figure III.17**), en contact direct avec les rhyolites et les basaltes. Ils sont décrits par J. Polveche (1960) comme des conglomérats de transgression miocène (**Figure III .18**).

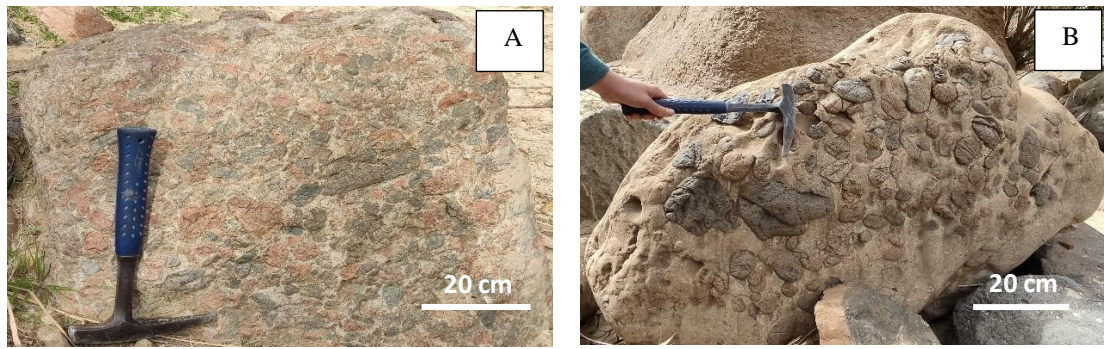


**Figure III .17.** Discordance angulaire entre la couverture miocène (conglomérat et grès) qui repose sur le basalte paléozoïque.

Ils sont composés par des éléments hétérogènes, anguleux, sub-anguleux parfois émoussés et polygéniques. Ces éléments sont de taille variable du millimètre au décimètre et de nature différente : rhyolitique, basaltique, andésitique, quartzitique et même conglomératique (**Figure III .19**) La forme des galets varie de l'arrondie, aplatie, anguleuse à subanguleuse. Ce niveau conglomératique est très dur et compact dû à la présence d'un ciment siliceux qui relie entre les éléments.



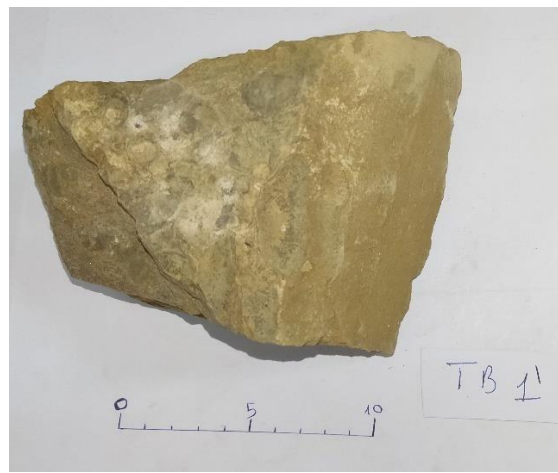
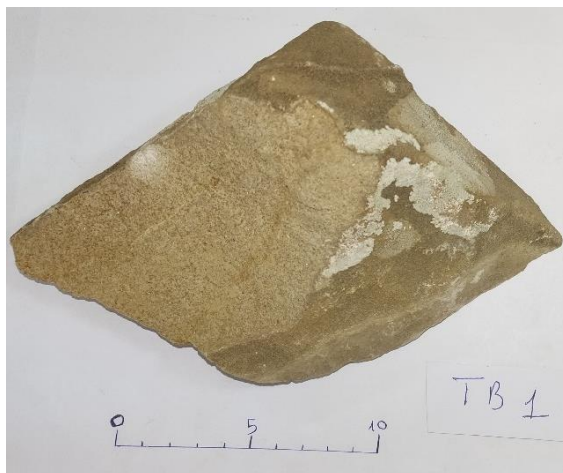
**Figure III. 18.** Conglomérat poudingue dans l'oued Temda renfermant des éléments de différente nature.



**Figure III.19.** A) Conglomérat bréchiq. B) conglomérats poudingue de taille moyenne renfermant des éléments de déférente nature.

### ➤ Grès

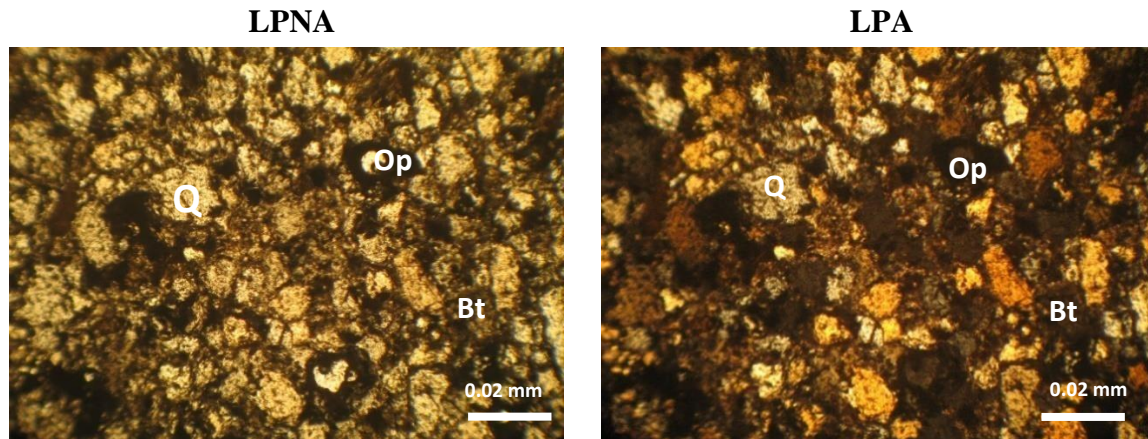
Au Sud d'oued Tamda, on observe une succession de bancs de grès intercalés avec des niveaux de marnes verdâtres à grisâtres (**Figure III.20**). Cette succession surmonte les conglomérats et présente une épaisseur de 10m. Les grès sont grossiers à patine brune et cassure jaunâtre et sont friables de direction N 080°- 45°S. Les marnes en lits centimétriques à décimétriques et des calcaires intercales ses bancs de grès.



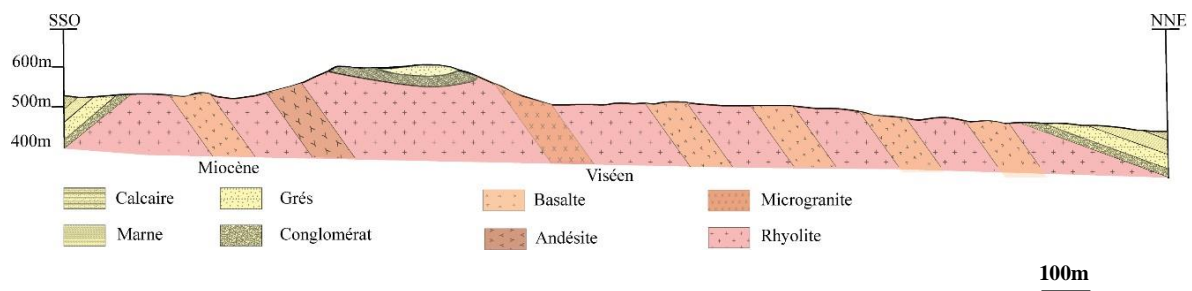
**Figure III.20.** Aspect macroscopique de grès du Miocène dans djebel Bechtout.



De point de vue microscopique, ce faciès est composé principalement par du quartz anguleux à xénomorphe de taille moyenne dont les grains sont reliés par un ciment plutôt ferrifère témoignant d'une circulation tardive des fluides ferrugineux (**Figure III.21**). De rares biotite sont observés en petits grains subautomorphes. Les minéraux opaques sont aussi signalés.



**Figure III.21.** Vue microscopique de grès du Miocène (Gr X4).



**Figure III.22.** Coupe géologique réalisée le long d'Oued Temda.

#### 4. Cadre structural

Le massif de Bechtout a subi une tectonique polyphasée qui l'a structuré en boutonnière où le cœur est occupé par le socle volcanique d'âge Viséen supérieur surmonté en discordance angulaire par une couverture Méso-Cénozoïque. Ce massif est considéré comme le résultat de la phase hercynienne similaires aux massifs de Tifrit et de Béni-Snouss (Lucas., 1952 ; Remaci- Bénéouda., 2005).

L'évolution géodynamique post hercynienne dans la région se traduit par un réseau d'accident cassant regroupant en trois axes principaux : la direction atlasique (NE-SW) (G. Lucas, 1952 ; P. Guardia, 1975 ; M. Bougara, 1995), la direction NNE-SSW (010°) (G. Lucas., 1952 ; C. Caratini., 1970) et la direction NW-SE (C. Caratini., 1970 ; S. Elmi et M. Benest, 1978). Ces failles sont des cisaillements de composantes dextres et senestre orientés radialement et limitant ce massif.

Les principaux éléments structuraux observés sur le terrain affectant ce massif sont répartis en deux catégories :

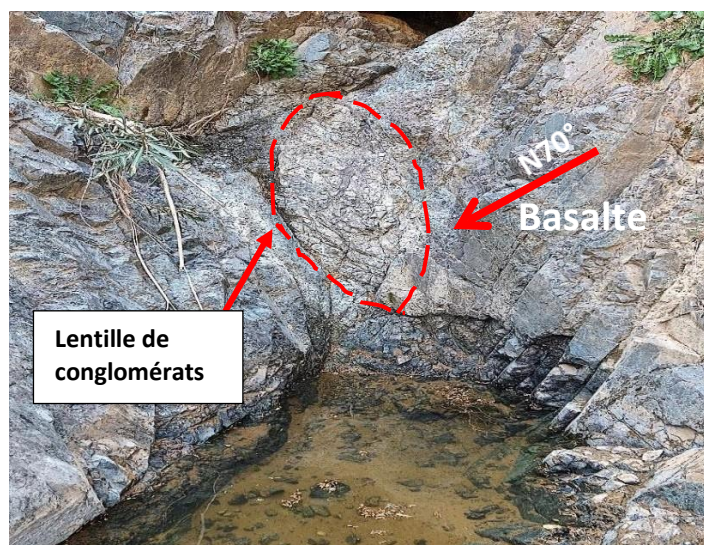
#### 4.1. La tectonique cassante :

Au niveau d'Oued Tamda, les roches volcaniques sont affectées par des accidents E-W et des éléments plus récents (**Figure III.24**), qui touchent le Viséen supérieur et le Miocène de direction NNE-SSW (N010°-N030°) avec un pendage redressé de 70°-75° vers le ESE (photo A). Ces réseaux sont plus fréquents dans la couverture du massif.

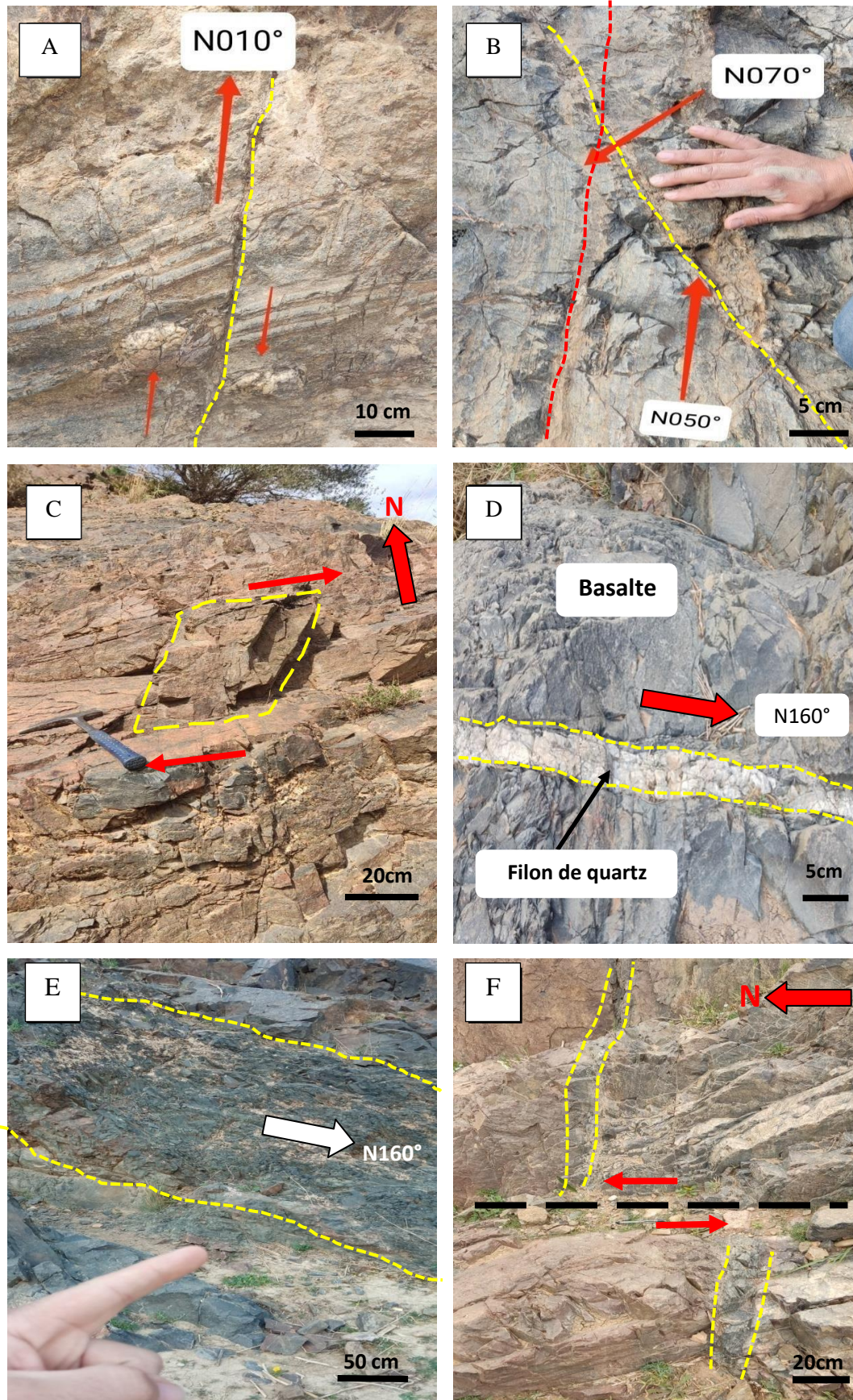
Les accidents d'orientation comprise entre N050° et N070° sont aussi fréquents dans ce massif et se caractérisent par un plan subvertical de 70° à 85° vers le SE. Ces failles dites atlasiques sont observables en plusieurs endroits sur le long de la vallée et est définie par les auteurs comme l'une des directions caractéristiques de la chaîne tellienne (G. Lucas, 1952 ; P. Guardia, 1975 ; M. Bougara, 1995).

Des décrochements dextres observés au niveau des basaltes sont de direction NE-SW (photo B-C) et ceux de composante senestre sont d'orientation N060°-N070°.

D'autre part, les fractures de direction NW-SE (N100°-120°) affectent le socle et la couverture. Selon P. Guardia (1975), la famille d'accidents oscille entre N100 et N130 est caractéristique de la meseta oranaise. Des filonnets de quartz de direction N160° traversent les basaltes (photo D). Un aspect mylonitique de direction N160° est observé dans le basalte (photo E). Des veinules de direction E-W verdâtre (altération en chlorite-épidotes) recoupent les basaltes et rhyolites avec un décrochement senestre (photo F). Des veines en échelons sont fréquentes dans ces faciès basiques.



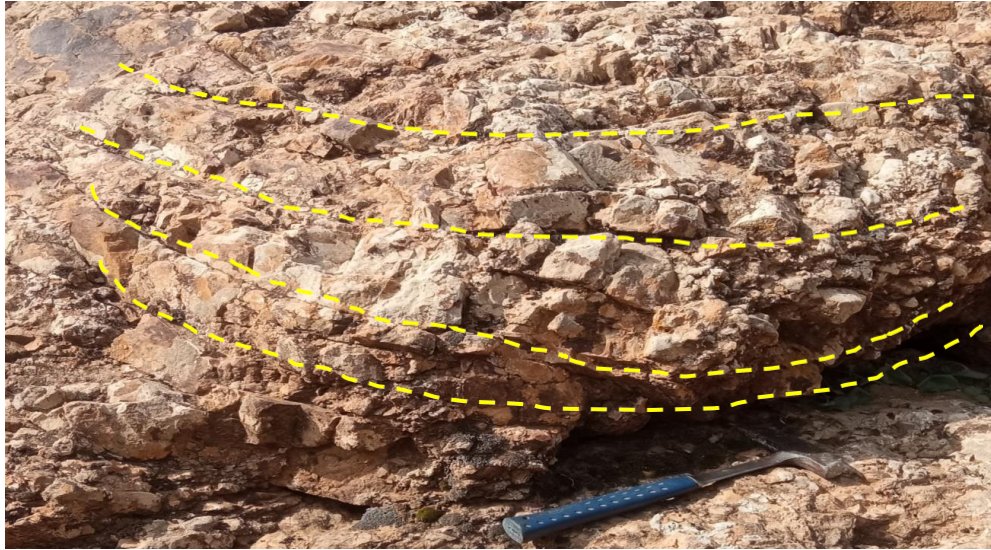
**Figure III.23.** Lentille de conglomérats résulte d'un décrochement dextre d'orientation N070°.



**Figure III.24.** Présentation de tectonique cassante. A) décrochement dextre dans la rhyolite. B) décrochement dextre dans le basalte. C) plan de cisaillement dans la rhyolite. D) filonnets de quartz traversent le basalte. E) mylonitisation de basalte. F) décrochement senestre dans la rhyolite

## 4.2. La tectonique ductile

Dans le sud du massif de Bechtout apparaisse des plis au niveau des conglomérats dont l'axe de pli est de direction E-W (**Figure III.25**). Les plis que nous avons remarqué sur le terrain affectent les faciès du Miocène à savoir les grés et les conglomérats. Cependant, le massif de Bechtout est considéré comme un anticlinal axisymétrique à flanc sud vertical et raillé et à flanc Nord très doux J. Polveche 1960.



**Figure III.25.** Pli dans le conglomérat au sud de massif de Bechtout.

## 5. Conclusion

Le massif de Bechtout correspond à un pointement volcanique paléozoïque où les faciès sont à dominance acide représentés par de rhyolite à aspect varié (rouge, noir et claire) très souvent altérée et silicifiée. Les faciès basiques et intermédiaires sont peu présentés sur ce massif, ils matérialisés respectivement par des basaltes et des andésites. Des faciès plutôt basiques très altérés sont mentionnés dans ce massif. En mise en évidence pour la première fois un faciès microgranitique observé au niveau d'Oued Tamda. Ce volcanisme résulte de l'activité de la phase hyrcanienne mises en place comme les autres massifs de la meseta oranaise dans un contexte post collisionnel durant le Viséen supérieur.

Le Miocène inférieur surmonté les roches volcaniques en discordance. Il est transgressif par un banc de conglomérat, des marnes, des calcaires et les grés de base entoure entièrement les couches jurassiques.

L'étude structurale a conclu que ce massif a été le siège d'une tectonique frustrée marquée par un polyphasage où le premier stage est affilié à l'orogénèse hyrcanienne qui a conduit à la structuration en boutonnière et le second stade est lié la phase atlasique avec la naissance d'un réseau d'accidents matérialisés par des failles, des décrochements et des plis.

## **CHAPITRE IV :**

Présentation des essais d'identification des roches

## 1. Introduction

La géotechnique est une science qui étudie le comportement des terrains géologiques en relation avec les ouvrages en s'appuyant sur les différentes disciplines, à savoir : la géologie, la mécanique des sols et la mécanique des roches (D. Cordary, 1994).

La réalisation des études géotechniques permet de garantir, lors d'une exploitation de massif rocheux, la réduction du coût pour bénéficier et valoriser ce matériau en vue de leurs domaines d'application.

Quelque soient les objectifs recherchés dans une étude expérimentale géotechnique, il est primordial d'effectuer initialement l'identification des différents faciès rocheux pétrographiquement et minéralogiquement. Après avoir étudié le contexte géologique, les essais géotechniques représentent une étape indispensable pour mettre en évidence les caractéristiques physico-mécaniques des roches, selon les normes européennes (AFNOR) en vigueur. Cette connaissance est acquise grâce à la réalisation d'expérimentation géotechniques au laboratoire. La réalisation de ces essais requiert la mise en œuvre de procédures normalisées et de matériels spécifiques. Ce chapitre comporte des essais géotechniques au laboratoire pour l'identification des roches étudiés.

## 2. Echantillonnage

Le massif de Bechtout est formé par des roches volcaniques prédominant par des rhyolites et des basaltes. D'ailleurs, deux blocks de 40kg environ ont été prélevés de ces faciès les plus dominants sur le site de Bechtout (**Figure IV.1**). A cela s'ajoute 23 échantillons au marteau (de 1kg jusqu'à 4kg chacun) de différents faciès.



**Figure IV.1.** Échantillons de deux blocks de roches volcaniques  
« Rhyolite et basalte ».

### 3. Préparation de l'échantillon

Les échantillons récoltés destinés aux essais géotechniques sont préparés au laboratoire de l'Université (UBKM) et au niveau de la société MAPA INSAT (Djendel- W. Ain Defla). Cette démarche comprend les opérations suivantes :

#### 3.1. Le carottage et sciage :

L'appareil utilisé pour faire l'opération de carottage est la carotteuse (**Figure IV.2**). Un carottage à la main a été réalisé pour un diamètre de 30 mm (le seul diamètre disponible à l'université). Au-delà, il faut attacher la carotteuse sur un bâti de perçage pour réaliser un forage vertical.

La roche est fixée par un dispositif de blocage permettant l'immobilisation du matériau durant cette opération. La vitesse doit être ajuster en fonction du matériau à percer et du diamètre du trépan jusqu'à l'obtention d'une éprouvette cylindrique. Dans cette étape on a trouvé des difficultés avec la roche de basalte à cause de la fissuration dans sa cassure.



**Figure IV.2.** La carotteuse utilisée pour forer la roche avec injection d'eau.

Le sillage des échantillons est effectué avec une scie circulaire munie de disque diamanté. Elle est dotée d'un dispositif de maintien d'échantillons de forme irrégulière (**Figure IV.3**).



**Figure IV.3.** L'appareille de sciage utilisé pour la préparation d'éprouvette

Pour faire l'essai de compression uni-axial, sept échantillons carottés (**Figure IV.4**) ont été choisis. Les éprouvettes sont conçues avec un diamètre de 30 mm prêtes à l'essai suivi d'un sillage pour obtenir une longueur bien précise qui est de 60 mm avec une forme régulière selon la norme.



**Figure IV.4.** Eprouvettes cylindriques résultant du carottage et du sciage.

### 3.2. Le concassage

Les deux blocs d'échantillons sélectionnés de rhyolite et de basalte (de 40Kg chacun) sont premièrement concassés au niveau de la société de MAPA INSAT (Djendel) pour obtenir la classe granulaire 10-14. Le matériel concassé après son lavage est passé à la tamiseuse pour identifier les différentes classes granulométriques (**Figure IV.5**). Les quantités obtenues seront traitées au laboratoire de LNHC.



1. Mettre des petits morceaux dans le concasseur.



2. Tamiser matériaux concassés dans les tamis (10 à 14) mm.



3. Peser les granulats jusqu'à l'obtention du poids requis

**Figure IV.5.** Préparation des granulats avec le concasseur.



## 4. Essais physiques

Ils dépendent de l'organisation interne (texture, structure) et de la composition minéralogique de la roche. Les notions de structure et de texture dépendent de l'échelle d'observation et du type de roche, autrement dit ; de la taille des grains et de leurs dispositions.

### 4.1. Masses volumiques :

La masse volumique apparente et la masse volumique absolues des granulats sont déterminés d'après la norme française NF P18-554 et NF P18-555.

#### 4.1.1. La masse volumique absolue ou réelle :

C'est la masse de l'unité de volume absolu du corps, c'est-à-dire la matière qui constitue le corps ne tient pas compte du volume des vides.

Cet essai est réalisé à l'aide d'une balance, un bac en verre et d'une éprouvette graduée (**Figure IV.6**). Le principe de cet essai est simple : on met 200 ml d'eau dans une éprouvette (V1), en ajoutant à chaque essai 200g de granulat sec. Le volume d'eau va augmenter (V2) et la masse volumique absolue d'échantillon sera déduite en divisons la masse (200g) sur la variation du volume d'eau. Cette opération est renouvelée 3 fois avec un autre échantillon du même faciès (**Figure IV.7**).



Balance



Bac en verre



Eprouvette gradué

**Figure IV.6.** Matériel utilisé



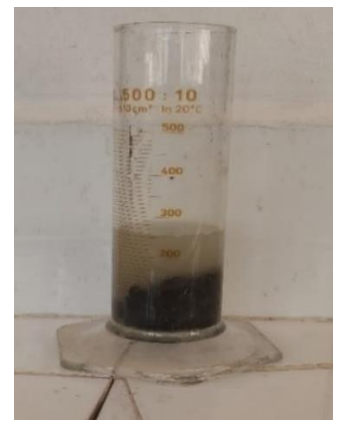
1. Verser 200 ml d'eau  
V1 dans l'éprouvette



2. Préparer l'échantillon  
et peser



3. Verser l'échantillon  
dans l'éprouvette



4. Noter le nouveau V2  
d'eau dans l'éprouvette

**Figure IV.7.** Mode opératoire de l'essai de la masse volumique

La masse volumique absolue est donnée par la formule suivante :

$$\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1} \quad (\text{Eq. IV.1})$$

**Ordre de grandeur :** pour les granulats, la masse volumique absolue  $\rho_s$  est généralement compris entre 2,6 et 2,9 g/cm<sup>3</sup>.

#### 4.1.2. Détermination de la masse volumique apparente :

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.

Le matériel utilisé : un récipient cylindrique, récipient de capacité 1 L, une main écope pour le remplissage, des bacs pour effectuer les essais et une balance de portée 36 kg (**Figure IV.8**).

Le principe de cet essai est de mesurer la masse d'un échantillon de granulats dont on connaît le volume V (dans notre cas le volume V= 1 litres). La masse volumique dans ce cas est égale à la masse mesurée  $M_0$  sur le volume V (1L). Les granulats secs sont versés, par couches successives et sans tassement à ce moment on note la masse du récipient rempli =  $M_1$ . Cet essai est renouvelée 3 fois avec un autre échantillon du même faciès (**Figure IV.9**).



Balance



Echantillon dans un Bac



Récipient de 1 L

**Figure IV.8.** Matériel utilisé de l'essai de la masse volumique apparente



1. Mesurer la masse du récipient vide



2. Verser les granulats dans le récipient



3. Araser et noter la masse de récipient rempli

**Figure IV.9.** Mode opératoire de l'essai de la masse volumique apparente.

La masse volumique apparente est donnée par la formule suivante :

$$\rho_d = \frac{M_1 - M_0}{V} \quad (\text{Eq. IV.2})$$

**Ordre de grandeur :** pour les granulats, la masse volumique apparente  $\rho_d$  est varié entre 1.4 et 1.8 g/cm<sup>3</sup>.

#### 4.2. La densité selon la norme NF P-94-064

Cet essai est passé par la mesure d'échantillon avant de paraffiner.

L'appareillages utilisés (**Figure IV.10**) : une balance, un bac de paraffine avec son system de chauffage, un récipient rempli d'eau déminéralisée.

L'échantillon est pesé à l'état initial (P). On enduit de paraffine chaude et on laisse refroidi et pesez à nouveau avec paraffine. L'échantillon est placé dans le panier suspendu à l'étrier de la balance pour noter le poids d'échantillon dans l'eau (**Figure IV.11**).



1. Balance



2. Paraffine et système de chauffage



3. Récipient et le panier

**Figure IV.10.** Matériel utilisé d'essai densité



1. Peser l'échantillon sans Paraffine



2. Paraffiner l'échantillon



3. Peser l'échantillon avec le panier



4. Placer l'échantillon sur le panier

**Figure V.11.** Mode opératoire d'essai densité

### - Calcul de la densité

$$P_{paraffine} = P_{humide+paraffine} - P_{humide} \quad (\text{Eq. IV.3})$$

$$\text{Volume brut} = P_{humide+paraffine} - P_{matériau dans l'eau} \quad (\text{Eq. IV.4})$$

$$\text{Volume de paraffine} = \frac{P_{humide}}{\text{densité de la paraffine}} = \frac{P_{paraffine}}{0,88} \quad (\text{Eq. IV.5})$$

$$\text{Volume net} = (\text{volume brut}) - (\text{volume de paraffine}) \quad (\text{Eq. IV.6})$$

$$\text{Densité humide : } \gamma_h = \frac{\text{poids humide}}{\text{volume net}} \text{ (t / m}^3\text{)} \quad (\text{Eq. IV.7})$$

## 5. Essais mécaniques

### 5.1. Résistance à l'usure

Les essais de résistance à l'usure nécessitent un matériau concassé. Ces essais sont utilisés surtout en technique routière où ils servent à fixer les spécifications des matériaux et aussi dans la construction des couches de chaussée.

#### 5.1.1. Micro Deval en présence d'eau

L'essai Micro-Deval en présence d'eau (MDE) permet de déterminer la résistance à l'usure d'un échantillon de granulat.

Conformément aux normes françaises NF P 18-572 Décembre 1990, édité par l'AFNOR ; l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1.6 mm produits dans la machine Micro-Deval par les frottements réciproques et les chocs modérés des granulats.

Le coefficient Micro-Deval obtenu est le pourcentage de l'échantillon initial passant au tamis de 1.6 mm après usure. Plus le pourcentage d'usure est bas, plus l'échantillon est résistant à l'usure.

#### Appareillage

- La machine Micro-Deval (**Figure IV.12**) comporte :

- ✓ Des cylindres creux fermés à une extrémité constitué d'un à quatre ayant un diamètre intérieur de  $200 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  et une longueur utile de  $154 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  pour les gravillons compris entre 4 et 14 mm et de  $400 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  pour les 25-50 mm, Chaque cylindre permet d'effectuer un essai ;
- ✓ La charge abrasive est constituée par des billes sphériques de  $10 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$  de diamètre en acier inox

- ✓ Un moteur (environ 1 kW) doit assurer aux cylindres une vitesse de rotation régulière de  $100 \text{ tr/min} \pm 5 \text{ tr/min}$  ;
- ✓ Un dispositif doit permettre d'arrêter automatiquement le moteur à la fin de l'essai ;
- Une balance précise au gramme, de portée au moins égale à 10 kg.
- Les tamis (Tamis de 1.6 mm et les tamis pour déterminer les classes granulaires).



L'appareil Micro-Deval avec deux cuves d'essai.



Étuve



Les boulets de charge abrasive



Tamis de 1.6 mm



Tamis granulaire (10 à 14) mm



Balance

**Figure IV.12.** Matériels utilisés d'essai Micro-Deval

Après avoir choisi la classe granulaire comprise entre 10 et 14 mm soumise à l'essai parmi les quatre classes suivantes : 4-6.3 mm, 6.3-10 mm, 10-14 mm et 25-50 mm, nous avons lavé l'échantillon puis le séché à l'étuve à  $105^{\circ}\text{C}$  pendant au moins 24 h. Une masse ( $M$ ) de  $500\text{g} \pm 2\text{g}$  a été introduite dans le cylindre d'essai à charge abrasive, puis rajouter une quantité de 2.5 L d'eau (**Figure IV.13**). Le matériel obtenu est passé au tamis de 1.6 mm, puis lavé sous un jet d'eau pour retirer la charge abrasive. Le refus à 1.6 mm est ensuite séché à l'étuve à  $105^{\circ}\text{C}$ , jusqu'à masse constante puis pesé ( $m'$ ). Les mêmes étapes sont appliquées pour le deuxième faciès.

**Tableau IV.1.** Classe granulaires, poids d'échantillons et boulets équivalent selon NF P 18-572

Classe granulaire (mm)	Charge abrasive (g)
4 - 6,3	2000 ± 5
6,3 – 10	4000 ± 5
10 – 14	5000 ± 5



1. Peser 5000 ± 5 g de boulets



2. Mettre les boulets dans l'acier et verser 2.5 L d'eau



3. Mélange 500g ± 2g du granulat avec les boulets et l'eau



4. Forme des granulats après 2 h d'essai (Tamisât et refus sur le tamis de 1.6 mm)



Séparer les granulats depuis les boulets et peser le refus « m' » de basalte et de rhyolite.

**Figure IV.13.** Mode opératoire de Micro-Deval**Calcul du MDE**

La résistance à l'usure du granulat est appelée, par définition, coefficient Micro-Deval "MD"

qui s'exprime par :

$$\text{MDE} = \frac{M - m'}{M} \times 100 \quad (\text{Eq. IV.8})$$

M : masse sèche de l'échantillon (500 g ± 2 g).

m' : masse du refus sur le tamis 1.6 mm.

m = M - m' : masse des passants au tamis 1.6 mm.

**Tableau IV.2.** Type des granulats selon le coefficient MD selon NF P 18-572

Valeurs de coefficient Micro Deval en présence de l'eau	Appréciation
< 10	Très bon à bon
De 10 à 20	Bon à moyen
De 20 à 35	Moyen à faible
> 35	Médiocre

### 5.1.2. Essai Deval

Selon la norme NF P 18-577, l'essai Deval permet de mesurer la résistance à l'usure par frottement des granulats, humides ou secs dans un cylindre en rotation avec une vitesse bien déterminée (**Figure IV.14**). Il consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produits dans la machine Deval par les frottements réciproques et les chocs modérés des éléments des échantillons pour essai de 7 kg.

L'échantillon comprend au moins 15 kg de la classe granulaire 25-50 mm. Il est ensuite lavé et séché à l'étuve à 105°C jusqu'à l'obtention de masse constante. L'essai s'effectue sur 7 Kg de granulats secs répartis de la façon suivante : 4200g de 25/40 mm. 2800g de 40/50 mm.

La prise d'essai est introduite dans le cylindre de la machine Deval, telle quelle pour un essai Deval sec, ou avec 2,5 litres d'eau pour un essai Deval humide. On ferme le cylindre en vérifiant son étanchéité et on lui fait subir 10 000 rotations à une vitesse comprise entre 30 tr/min et 33 tr/min.

**Figure IV.14.** L'appareille Deval

Une fois l'essai achevé, l'échantillon est retiré du cylindre afin de le laver sur un tamis de 1,6 mm puis de le placer dans l'étuve pendant 24 heures. Une fois la phase d'étuvage terminée, on pèse le refus et on note respectivement  $m'$  et  $m$ . Les résultats du coefficient Deval s'expriment par le rapport suivant :

$$D = \frac{2800}{m} \quad (\text{Eq. IV.9}) \quad \text{où}$$

$m = 7000 - m'$ ,

$m$  : étant la masse sèche, en grammes, de la fraction du matériau passant, après l'essai, au tamis de 1,6 mm

Il faut noter que l'essai Micro-Deval dérive de l'essai Deval qui est exécuté sur des pierres cassées de 5 à 7 cm de cote. L'essai Deval est peu adapté aux techniques routières, il avait été mis au point pour la caractérisation des ballasts de chemin de fer (Y. Atlan, 1978).

### 5.1.3. Essai Los Angeles

L'essai Los Angeles permet de mesurer les résistances combinées aux chocs et à la détérioration progressive par frottement réciproques des éléments d'un granulat.

Selon la norme NF P 18-573, l'essai permet à spécifier la résistance à la fragmentation par chocs des éléments d'un échantillon de granulats. Le matériau évolue pendant l'essai, d'une part par suite du choc des boulets sur le granulat, d'autre part par frottement des éléments les uns sur les autres, sur le cylindre de la machine Los Angeles. La granularité du matériau soumis à l'essai est choisie parmi les classes granulaires.

Selon le type de granularité, la masse de la charge de boulets varie. Si « M » est la masse du matériau soumis à l'essai, « m' » est la masse des éléments supérieurs à 1.6 mm produits au cours de l'essai qui est égouttée et séchée à l'étuve jusqu'à poids constant. On définit alors le coefficient Los Angeles (LA) qui est un pourcentage en masse du rapport des éléments passant aux tamis de 1.6 et la masse initiale sèche.

Appareillages utilisés à cette occasion sont : la machine Los Angeles comporte, une étuve, une balance et des tamis (**Figure IV.15**).

La granularité du matériau soumis à l'essai est choisie parmi les classes granulaires (4-6.3 mm ; 6.3-10 mm ; 10-14 mm ; 10-25 mm ; 16-31.5 mm et 25-50 mm) de la granularité du matériau, tel qu'il sera mis en œuvre. Dans notre -essai on a choisis la classe de 10-14 mm. Le matériau tamisé est lavé et puis séché à 105°C jusqu'à l'obtention de la masse constante.

La masse obtenue de l'échantillon pour l'essai sera  $M = 5000 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$ . L'échantillon est mis en place dans la machine ainsi que la charge de boulets relatifs à la classe granulaire choisie voir (**Tableau IV.3**). La machine est fixée à 500 rotations à une vitesse régulière comprise entre 30 et 35 tr/mn pendant 15 minutes. Le refus au tamis de 1,6 mm est ensuite lavé puis sécher à l'étuve à 105°C jusqu'à masse constant (**Figure IV.16**). Le matériau contenu est tamisé dans le bac sur le tamis de 1,6 mm et peser le refus soit « m' » le résultat de la pesée.





La machine Los Angeles avec le bac métalliques au-dessous et les boules de charge abrasive.



Etuve



Balance



Tamis de 1.6 mm



Tamis granulaire (10 à 14) mm

**Figure IV.15.** Matériels utilisés de Los Angeles

**Tableau IV.3.** Charge de boulets relatifs en fonction de la classe granulaire choisie NF P 18-573

Classe granulaires (mm)	Nombre de boulets	Poids total de la charge (g)	Poids des fractions (g)
4 - 6,3	7	3080 ± 20	5000 ± 2
6,3 - 10	9	3960 ± 25	5000 ± 2
10 - 14	11	4840 ± 25	5000 ± 2
10 - 25	11	4840 ± 25	3000 à 2000
16 - 31,5	12	5280 ± 25	3000 à 2000
25 - 50	12	5280 ± 25	3000 à 2000



1. Peser les granulats après séchage



2. Placer l'échantillon dans le tambour avec 11 boules d'acier



3. Collecter les granulats dans le bac métallique



4. Laver et sécher le refus



5. Peser le refus après séchage pour les deux faciès

**Figure IV.16.** Mode opératoire de Los Angeles

### Calcul du coefficient Los Angeles

La résistance à la fragmentation par chocs du matériau est appelée, par définition, coefficient Los Angeles « LA » qui s'exprime par le rapport suivant :

$$LA = \frac{M - m'}{M} \times 100 \quad (\text{Eq. IV.10})$$

M : masse sèche de l'échantillon ( $5000 \pm 5$ ) g.

m' : masse de refus sur le tamis 1,6 mm.

m = M - m' masse des passants au tamis 1,6 mm.

## 5.2. Essais de compression

### 5.2.1. Essais de compression simple (uni-axiale)

Cet essai est également connu sous le nom de test de résistance à la compression uni-axiale ou non confinée est le test le plus souvent utilisé au laboratoire pour les études de la mécanique des roches selon la norme NF P94-420.

L'essai de compression est surtout utilisé pour déterminer la contrainte de rupture des matériaux soumis à une charge d'écrasement et tirer quelque d'autres paramètres comme le module d'Young « E » et le coefficient de Poisson «  $\nu$  ».

L'essai de compression uni-axiale ou de compression simple consiste à comprimer un échantillon de roche de forme cylindrique entre deux plateaux parallèles d'une presse rigide (**Figure IV.17**). Les essais se font généralement par lots de 5 échantillons par roche homogène pour obtenir une bonne moyenne. L'essai de compression uni-axiale est réalisé suivant les recommandations de la Société Internationale de Mécanique des Roches (I.S.R.M).

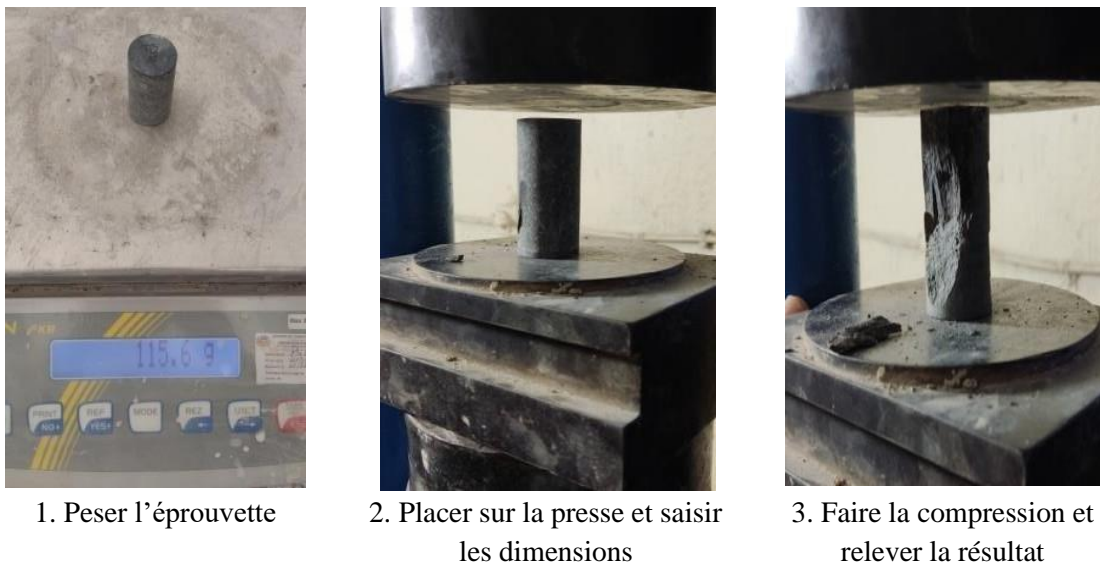


**Figure IV.17.** La presse de compression simple.

L'échantillon doit présenter de préférence une élongation (rapport hauteur sur diamètre) de 2 à 3. (I.S.R.M suggère 2,5 à 3,0 et ASTM D 7012 suggère 2,0 à 2,5). La dimension usuelle dans le laboratoire est de 80 mm de hauteur par 40 mm de diamètre. Les échantillons peuvent avoir des dimensions inférieures pour pouvoir réaliser les essais comme dans notre cas, la carotteuse de laboratoire universitaire a un diamètre de 30mm et la hauteur de 60mm, un ajustement a été nécessaire pour l'obtention d'une surface strictement parallèles dans les limites de la norme.

Le manipulation et l'interprétation d'essai est assez simple. L'éprouvette cylindrique est chargée axialement à l'aide d'un siège sphérique qui est augmentée jusqu'à la rupture, saisir les dimensions d'éprouvette (D et H) pour fixer sa section transversale (**Figure IV.18**). Alternativement, le stress doit être compris entre 0,5 et 1,0 MPa/s. Les charges axiales à la rupture peuvent être très grand pour les carottes des roches ignées intactes de bonne qualité. Au cours de l'essai, un enregistreur permet de relever l'évolution de la contrainte axiale grâce à un capteur de force ou de pression, ainsi que celle des déformations soit par des capteurs

de déplacement soit par des jauges de déformation. Cet enregistrement permet de déterminer différentes caractéristiques mécaniques selon le besoin : la résistance à la compression uni-axiale  $R_c$ , la limite élastique  $R_e$ , le module d'Young  $E$  et le coefficient de Poisson  $\nu$ .



**Figure IV.18.** Mode opératoire d'essai de compression simple.

La résistance à la compression uni-axiale est la charge maximale supportée par l'éprouvette divisée par l'aire de la section transversale.

$$\sigma_c = R_c = \frac{F}{S} \quad (\text{Eq. IV.11})$$

$\sigma_c$  = résistance à la compression uni-axiale (MPa),

F = charge de rupture (kN),

A = section transversale (mm<sup>2</sup>).

**Tableau IV.4.** Classification selon la résistance à la compression, d'après Y. Atlan, (1975).

La résistance à la compression $R_c$ (Mpa)	Terme descriptif
$R_c > 200$	Très élevée
$60 \leq R_c < 200$	Elevée
$20 \leq R_c < 60$	Modérée
$6 \leq R_c < 20$	Faible
$R_c < 6$	Très faible

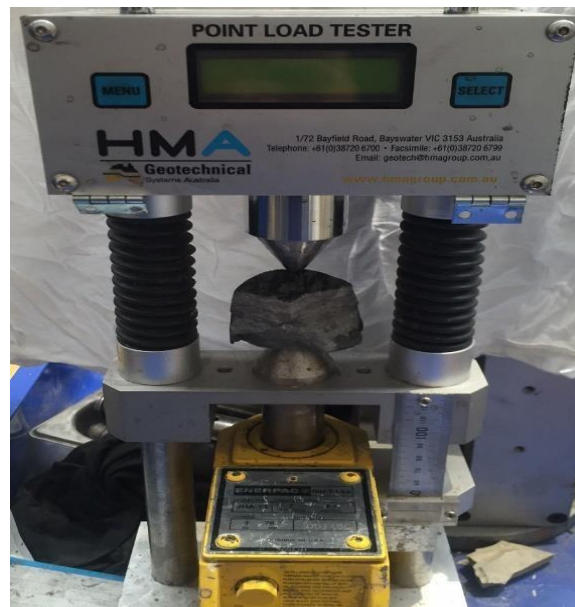
### 5.2.2. Essai Franklin

Il s'agit d'un test d'indice pour la classification de la résistance des roches, où un morceau de roche est maintenu entre deux plateaux coniques d'un portable testeur léger. Ce test permet d'estimer la résistance à la compression uni-axiale des roches saines ou fissurées. Il donne l'indice de résistance ponctuelle selon la norme NF P 94 – 429.

Le test est assez rapide et peut être effectué régulièrement. On pratique généralement cet essai sur des morceaux de carottes de 50 mm de diamètre. La charge est augmentée jusqu'à la rupture et l'indice de résistance à la charge ponctuelle,  $I_s$  est calculé sur la base de la charge de rupture et la distance  $D$  entre les pointes des cônes (**Figure IV.19**).

La procédure du test standard est décrite dans ISRM (1985) et ASTM D5731. Le mode opératoire qu'on a appliqué durant cet essai peut se résumer à la fixation de l'échantillon dans la position (diamétrale et axiale) et l'application progressive manuelle de la contrainte de compression jusqu'à la rupture de l'échantillon et la lecture de la valeur de pic sur l'écran. L'essai de résistance ponctuelle peut être conduit diamétralement ou axialement :

- Dans l'essai diamétral, l'éprouvette de diamètre  $D$  est chargée à travers son diamètre. Le rapport longueur/diamètre devrait être supérieur à 1.
- Dans l'essai axial, l'éprouvette est coupée de façon à avoir une hauteur «  $H$  » comprise entre  $0,5 D$  et «  $D$  ».



**Figure IV. 19.** Essai franklin

L'indice de résistance ponctuelle non corrigée est notée  $I_s$ . Il est donné par l'équation suivante :

$$I_s = \frac{F}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad (\text{Eq. IV.12})$$

$F$  : la force appliquée sur l'échantillon jusqu'à la rupture, en N.

$A$  : la surface de l'échantillon suivi le plan d'application la charge, en  $m^2$

Un abaque de correction est disponible pour les autres diamètres :

$$\sigma_c = K \times I_s \quad (\text{Eq. IV.13})$$

Avec :  $K = (14 + 0,175 \times D) I_{s50}$  (d'après Bieniawski, 1975).

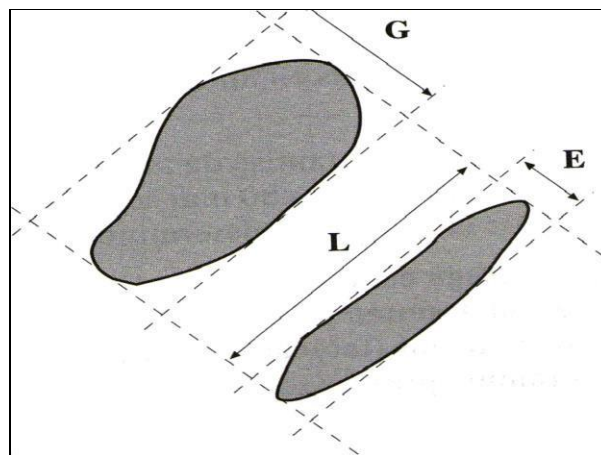
## 6. Essais géométriques

### 6.1. Mesure du coefficient d'aplatissement des granulats NF EN 933-3

La détermination du coefficient d'aplatissement est l'un des tests permettant de caractériser la forme plus ou moins massive des granulats (**Figure IV.20**). La forme d'un granulats est définie par trois grandeurs géométriques :

- La longueur « L », distance minimale de deux plans parallèles tangents aux extrémités du granulats.
- L'épaisseur « E », distance minimale de deux plans parallèles tangents au granulats,
- La grosseur « G », dimension de la maille carrée minimale du tamis qui laisse passer le granulats.

Le coefficient d'aplatissement « A » d'un ensemble de granulats est le pourcentage pondéral des éléments qui vérifient la relation :  $\frac{G}{E} > 1.58$ .



**Figure IV.20.** Forme d'un granulats

L'essai consiste en une double opération de tamisage (**Figure IV.21**) :

Le tamisage classique sur une colonne de tamis normalisée à mailles carrées afin de séparer les granulats en une succession de classes granulaires  $d/D$  dont les dimensions sont telles que  $D = 1.25 d$ .

Les différentes classes granulaires  $d/D$  ainsi isolées sont tamisées une à une sur des grilles à fentes parallèles d'écartement  $E = d / 1.58$ .

On peut donc associer à chaque classe granulaire  $d/D$  un tamis à fente correspondant de largeur « E », ce qui permet de définir des coefficients d'aplatissement «  $A_i$  » partiels. Ensuite, on détermine un coefficient d'aplatissement global « A ».

**Tableau IV.5.** Correspondance entre classes granulaires et largeurs des grilles à fentes selon la norme NF EN 933-3

Classe granulaire d/D (mm)	31.5/40	25/31.5	20/25	16/20	12.5/16	10/12.5	8/10	6.3/8	5/6.3	4/5
Écartement E des grilles à fentes (mm)	20	16	12.5	10	8	6.3	5	4	3.15	2.5

**a. Tamisage sur tamis d'essai**

- La prise d'essai est passée sur les tamis de 8 et 14mm, puis pesée et éliminer tous les grains passant au tamis de 8mm et retenus sur celui de 14mm.
- Les grains sont pesés et retenus séparément de chaque granulat di/Di compris entre 8mm et 14mm.

**b. Tamisage sur grilles à fentes**

Chaque fraction di/Di obtenue est tamisée, sur la grille à fentes d'écartement correspondante. Ce tamisage doit être effectué manuellement et considéré comme terminé lorsque le pesage du matériau passant à travers la grille à fente correspondante.



a- Tamiser le matériau sur les tamis (8 à 14) mm.



b- Tamiser le matériau sur la grille.

**Figure IV.21.** Mode opératoire de coefficient d'aplatissement

## Expression du coefficient d'aplatissement

Le coefficient d'aplatissement partiel est défini pour une classe granulaire d/D donnée comme suit :

$$A_i = \frac{\sum M_{ei}}{M_{gi}} \times 100 \quad (\text{Eq. IV.14})$$

$M_{ei}$  = masse passant à travers le tamis à fentes d'écartement E

$M_{gi}$  = masse de la classe granulaire d/D

Le coefficient d'aplatissement global A s'exprime en intégrant les valeurs partielles déterminées sur chaque classe granulaire :

$$A = \frac{\sum M_e}{M} \times 100 \quad (\text{Eq. IV.15})$$

## 7. Classification des massifs rocheux

Les classifications des massifs rocheux fracturés continuent à évoluer depuis plus d'un siècle, (Stilleet Palmström, 2003). Avec une large gamme de valeurs de résistance pour les noyaux rocheux intacts et ainsi de suite, il existe beaucoup de facteurs affectant la stabilité des massifs rocheux, il est certainement nécessaire d'avoir des systèmes de classification pour les roches aussi. Les systèmes de classification garantissent que nous parlons tous la même langue en se référant à une masse rocheuse spécifique (Das, B.M et al, 2013). On cite les systèmes les plus utilisés :

### 7.1. Rock Quality Designation (RQD)

Pour évaluer la qualité de la masse rocheuse, un paramètre a été proposé par Deere (1964) selon un index intitulé RQD (Rock Quality Designation). Il est obtenu à partir de carotte de forage géologique. Cet indice représente l'évaluation du pourcentage des carottes récupérées sur une longueur de course précise. Il est basé sur un procédé qualitatif, seule la somme des longueurs de morceaux de plus de 10 Cm est conservée et cette somme est divisée par la longueur de course de la carotte de forage. Ce paramètre est défini comme suit :

$$\text{RQD (\%)} = \frac{\sum \text{longueur de pieces} \geq 100 \text{ mm}}{\text{longueur totale de la course}} \times 100 \quad (\text{Eq. IV.16})$$

Deere et al. (1967) affirment que le RQD s'avère utile pour déterminer le facteur de réduction du module de déformation de la roche intacte à la masse rocheuse. La relation entre la valeur du RQD et la qualité du massif peut être établie selon la proposition de Deere (1968) et elle est présentée dans le Tableau IV.6, ci-dessous.



**Tableau. IV.6.** Corrélation entre l'indice RQD et la qualité du massif rocheux (Maciej Armatys,2012 tirés par Deere,1968).

RQD (%)	Qualité du massif rocheux
< 25	Très pauvre
25 – 50	Pauvre
50 – 75	Moyenne
75 – 90	Bonne
90 – 100	Excellente

Il existe aussi des méthodes alternatives pour estimer l'indice RQD autre que par l'utilisation de carottes de forage géologique. Priest et Hudson (1976) ont établi une relation entre l'espacement des joints (joints/mètre) déterminé à partir de mesure de surface du massif rocheux exposé et de l'indice RQD :

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1) \quad (\text{Eq. IV.17})$$

Avec  $\lambda$  = fréquence de discontinuité linéaire.

## 7.2. Le RMR : Rock Mass Rating

Cette classification a été développée par Bieniawski (SACSIR : South African. Council of Scientific and Industrial Research,1973). L'utilisation de cette classification nécessite de diviser au préalable le site en régions homogènes d'un point de vue de structures géologiques. Chaque région est classifiée séparément. Le RMR résulte de la somme de cinq notes de caractérisation (les notes vont de A1 à A5) et d'une note d'ajustement.

**Tableau IV.7.** Classification du massif rocheux selon RMR, traduit de Bieniawski 1989, (M. Chalhoub, 2006)

Classe du massif	RMR	Qualification
I	81 – 100	Excellente
II	61 – 80	Bonne
III	41 – 60	Moyenne
IV	21 – 40	Faible
V	< 20	Très faible

## 7.3. Le Q-Système

Le système Q a été introduit par Barton et al. (1974), qui consiste à un indice permettant de décrire la qualité de la masse rocheuse pour l'excavation de tunnels (M Chalhoub,2006). Le système de classification se nomme Rock Mass Quality ou Tunneling Quality Index

(système Q) ou tout simplement système du NGI en hommage à l'Institution Géotechnique Norvégienne.

## 8. Classification des matériaux rocheux selon le GTR

Bien qu'après son extraction, un déblai rocheux soit transformé en un matériau, au préalable être en mesure de prévoir, à partir de la roche en place, le comportement du matériau après abattage. Ce besoin a conduit à établir un classement des matériaux rocheux sur la base de leur nature géologique d'après la distinction pétrographique des faciès, de résultats d'essais (fragmentabilité, masse volumique, Micro-Deval, Los Angeles) pratiqués sur des prélèvements représentatifs et de l'expérience que l'on possède de leur comportement au cours des différentes phases du terrassement.

**Tableau IV.8.** Extraire du tableau 2 - classe R matériaux rocheux (évolutifs et non évolutifs) selon la Classification GTR (NF P 11-300)

Classification des matériaux rocheux (évolutifs et non évolutifs).				
Classement selon la nature		Classement selon l'état hydrique et le comportement		
Nature pétrographique de la roche		Paramètre et valeurs seuils retenus	Sous classe	
Roches magmatiques et métamorphiques	<b>R<sub>6</sub></b> Granite, basalte, trachyte, andésite... Gneiss, schistes, métamorphiques, schistes ardoisiers	$LA \leq 45$ et $MDE \leq 45$	Roche magmatique et métamorphique dures	R <sub>61</sub>
		$LA > 45$ ou $MDE > 45$ et $FR \leq 7$	Roche magmatique et métamorphique de dureté moyenne	R <sub>62</sub>
		$FR > 7$	Roche magmatique et métamorphique fragmentables ou altérées	R <sub>63</sub>

## 9. Conclusion

Aujourd'hui, dans le contexte du développement résistant, les investissements économiques et environnementaux encouragent l'utilisation de matériaux locaux qui ont parfois des propriétés mécaniques et physique inadaptées à l'usage.

Dans ce chapitre, nous avons présenter les différents essais géotechniques et ces méthodes d'exécution au laboratoire pour effectuer l'interprétation et discussion des résultats obtenue dans cette étude. La réalisation des essais permet l'obtention d'un ouvrage résistant et certainement un coût raisonnable pour bien exploité et investi dans l'amélioration de la ténacité des constructions et elle permet aussi d'apporter des solutions à des problèmes techniques dans le domaine des travaux publics et de la construction d'une façon générale.

## **CHAPITRE V :**

Présentation et discussions des résultats

## 1. Introduction

Dans ce présent chapitre, nous procédons à la présentation et l'interprétation de l'ensemble des résultats obtenus à partir des essais physico-mécaniques réalisés sur les roches étudiées au niveau du Laboratoire National de l'Habitat et de la Construction (LNHC - Oued Smar-Alger), afin d'évaluer les matériaux pour les deux domaines consommateurs.

Les essais réalisés au cours de cette étude sur les roches du massif de Bechtout sont d'ordre physique (la densité, la masse volumique absolue et apparente), mécanique (la résistance à la compression simple, l'essai Micro-Deval et Los Angeles) et géométrique (le coefficient d'aplatissement). Pour évaluer le massif rocheux de Bechtout, la méthode indirecte de RQD a été entreprise ce qui permet de classer et de vérifier la qualité de ce massif.

## 2. Interprétation des résultats des essais géotechniques

Les résultats des essais de laboratoire LNHC ont été exécutés sur 8 faciès rencontrés sur le terrain qui sont décrit dans le Tableau V.1. Ces résultats sont souvent exprimés sous forme de tableaux montrant à chaque fois les différentes caractéristiques mesurées.

**Tableau V.1.** Les roches d'essai et leur code

Code	La roche
TB 1	Grés
TB 2'	Conglomérat
TB10	Basalte altéré
TB 11	Faciès filonien verdâtre altéré
TB 12	Andésite
TB 14	Microgranite
TB 15'	Rhyolite noirâtre
TB15''	Rhyolite rougeâtre

### 2.1. Résultats des essais physiques

#### 2. 1. 1 Essai de masse volumique apparente

Les résultats de la masse volumique des échantillons sont montrés dans le tableau suivante, selon la norme NF P18-554 et NF P18-555.

**Tableau V.2.** Résultat d'essai masse volumique apparente.

Masse volumique apparente								
Rhyolite					Basalte			
	MRv (g)	MRp (g)	VR (ml)	$\rho_d$ (g/ cm <sup>3</sup> )	MRv (g)	MRp (g)	VR (ml)	$\rho_d$ (g/ cm <sup>3</sup> )
Essai 1	661	2030,6	1040	1,316	661	2071,8	1040	1,410
Essai 2		2074,2		1,358		2199,7		1,479
Essai 3		2059,8		1,345		2234,7		1,513
$\Sigma$ Moyenne $\rho_d = 1,339$ g/cm <sup>3</sup>					$\Sigma$ Moyenne $\rho_d = 1,467$ g/cm <sup>3</sup>			

➤ **Interprétation des résultats**

D'après la norme NF EN 1936, la masse volumique apparente moyenne de basalte est un peu plus élevée que celle de la rhyolite. Cette variation dépend de la nature des échenillions et à sa granularité étendue qui présente très peu de vide entre ses granulats (les plus petits granulats venants combler les vides entre les plus gros).

**2. 1. 2 Essai de masse volumique absolue**

Cet essai a été effectué sous la norme NF P18-554 et NF P18-555 dans le laboratoire. Ces matériaux sont regroupés dans le tableau pour suivi.

**Tableau V.3.** Résultats d'essai de masse volumique absolue

Masse volumique absolue								
Rhyolite					Basalte			
	M (g)	V <sub>1</sub> (ml)	V <sub>2</sub> (ml)	$\rho_s$ (g/ cm <sup>3</sup> )	M (g)	V <sub>1</sub> (ml)	V <sub>2</sub> (ml)	$\rho_s$ (g/ cm <sup>3</sup> )
Essai 1	182,6	200	268	2,685	150	200	255	2,727
Essai 2	178,6		267	2,665	158,5		258	2,732
Essai 3	132,1		250	2,642	199,9		273	2,738
$\Sigma$ Moyenne $\rho_s = 2,664$ g/cm <sup>3</sup>					$\Sigma$ Moyenne $\rho_s = 2,732$ g/cm <sup>3</sup>			

### ➤ Interprétation des résultats

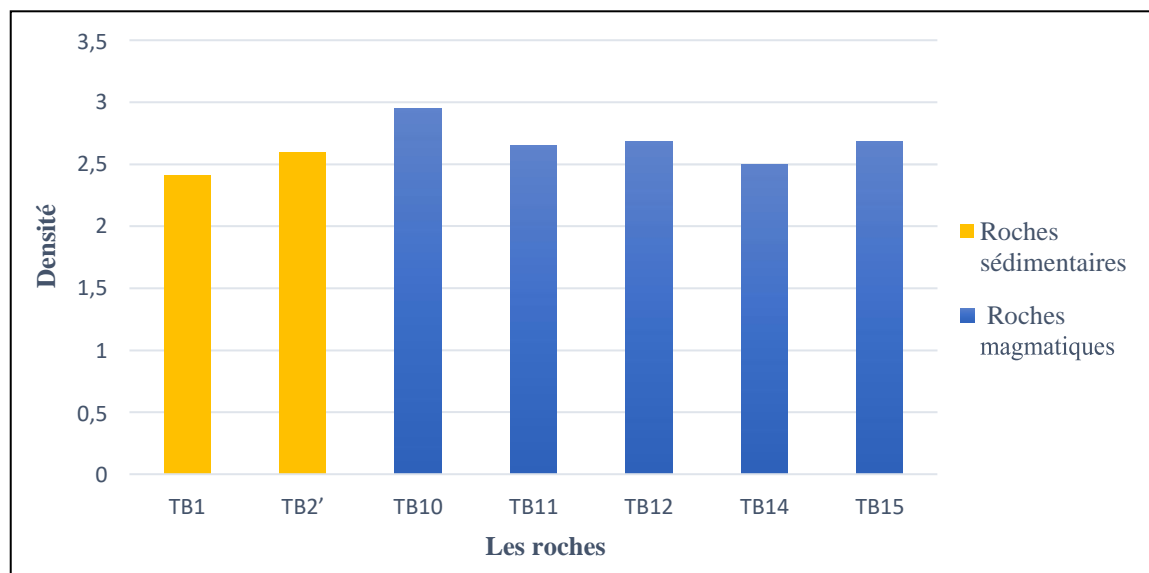
La masse volumique absolue de basalte varie dans l'intervalle entre  $2,7 < 2,73 < 3,0 \text{ g/cm}^3$ , et pour la rhyolite la valeur varie entre  $2,2 < 2,66 < 2,7 \text{ g/cm}^3$ . Donc d'après ces résultats, les deux échantillons choisis sont plutôt des roches très dures et de bonne qualité et sont susceptibles à fournir de meilleurs agrégats. Ce qui est remarquable, les deux masses volumiques absolues des deux échantillons sont presque identiques et très proches. Les valeurs obtenues soit pour les basaltes soit pour les rhyolites sont comprises dans les intervalles respectifs et répondent aux exigences de la norme française NF P 18-545.

### 2. 1. 3 Essai de densité

Le tableau au-dessous (**Tableau V.4**) montre les résultats de la densité moyenne des sept différents échantillons qui ont été obtenues à partir de l'exécution des trois essais (voir Annexe).

**Tableau V.4.** Moyenne de densité des roches

Echantillon	TB1	TB2'	TB10	TB11	TB12	TB14	TB15''
$\gamma h = \frac{\gamma h_1 + \gamma h_2 + \gamma h_3}{3}$	2,41	2,6	2,95	2,65	2,68	2,5	2,68



**Figure V.1.** Histogramme de densité des sept faciès.

### ➤ Interprétation des résultats

D'après (**Figure V.1.**), on observe que la densité dans toutes les catégories de roches confondues varie de 2,41 jusqu'à 2,95. La valeur la plus élevée (2,95) est enregistrée dans

les basaltes. Pour les roches volcaniques, la densité varie entre 2,5 à 2,95 alors que celle des deux roches sédimentaires ne dépasse pas les 2.6 (grès = 2,41 et conglomérats = 2,6).

La densité des roches va donc dépendre principalement de la composition minéralogique et bien évidemment de la composition chimique associée. Cette détermination est liée principalement aux ratios entre les éléments relativement légers comme les minéraux à base de SiO<sub>2</sub> pour les rhyolites et les éléments plus lourds à savoir les minéraux ferromagnésiens (riches en Fe et Mg) présents en abondance dans le basalte. Par contre, le grès et les conglomérats qui sont riches en quartz et en feldspath, ont tendance à être moins denses que les roches volcaniques.

La porosité est relativement faible et peut être ignorée dans les roches volcaniques inversement aux roches sédimentaires. La pression joue un rôle au début, car les pores et les fractures se ferment lorsque la pression augmente et la densité augmente puis, très rapidement, elle reste stable. En général, plus une roche ignée est felsique comme la rhyolite, moins elle est dense. À l'inverse, plus une roche est mafique comme le basalte, plus elle est dense.

## 2. 2. Résultats des essais mécaniques

### 2. 2 .1 Essai Micro-Deval par voie humide

Après la réalisation de l'essai du Micro-Deval humide sur les deux facies basalte et rhyolite au niveau du laboratoire, nous avons obtenu les résultats présentés dans le **Tableau V.5**.

**Tableau V.5.** Résultats de l'essai Micro-Deval par voie humide

<b>Echantillon</b>	<b>Rhyolite</b>	<b>Basalte</b>
<b>Classe granulaire</b>	10 - 14	
<b>Quantité d'eau (L)</b>	2,5	
<b>Charge abrasive (g)</b>	5003,2	5000,2
<b>M (g)</b>	501,2	500,4
<b>m'(g)</b>	446,8	422,5
<b>m &lt; 1,6 mm (g)</b>	54,4	74,9
<b>MDE = <math>\frac{M-m'}{M} \times 100</math> (%)</b>	<b>10,89</b>	<b>15,56</b>

### ➤ Interprétation des résultats

La valeur de Micro-Deval obtenue pour la rhyolite est de 10,89% et de 15,56% pour le basalte. D'après la norme NF P 18-572, on peut constater clairement, pour les deux types de roches étudiés (rhyolite/basalte), que les valeurs de micro-Deval obtenues sont comprises dans l'intervalle qui va de 10% à 20%.

Donc, à partir du **Tableau V.6**, ci-dessous, nous classons les valeurs de coefficient Micro-Deval par voie humide des deux faciès de bon à moyen. Cependant, ces roches magmatiques sont considérées comme dures sous-classe « R61 » selon (**Tableau IV.8**).

**Tableau V.6.** Valeurs de coefficient Micro-Deval humide selon NF P 18-572

Valeurs de coefficient Micro-Deval par voie humide	Appréciation
< 10	Très bon à bon
De 10 à 20	Bon à moyen
De 20 à 35	Moyen à faible
> 35	Médiocre

Selon les normes (NF P 18-572) et (NF P 18-545), le matériau expérimenté de Bechtout (basalte et rhyolite) sera utilisé dans :

- Les enrobés hydrocarbonés (couche de liaison, béton hydraulique, enduits superficiels d'usure.) dans les trafics de poids lourds >T3 et L'enrobe coules à froid.
- Les couches de roulement dans les trafics de class >T3 (BBDr, BBTM, BBUM).
- La chaussée en béton de ciment d'usage de roulement.

### 2. 2. 2 Essai Los Angeles

Sur la base de la performance des tests Los Angeles exercée sur les faciès basaltiques et rhyolitique au laboratoire, nous avons acquis les résultats exposés dans le **Tableau V.7**.

**Tableau V.7.** Résultats d'essai Los Angeles.

Echantillon	Tamis	RP (g)	M (g)	m'(g)	$LA = \frac{M - m'}{M} \times 100$
<b>Rhyolite</b>	12,5 - 14	2408,8	5003,7	4390,3	<b>12,25 %</b>
	10 - 12,5	2594,9			
<b>Basalte</b>	12,5 - 14	2409,7	5003,4	4551,8	<b>9,02 %</b>
	10 - 12,5	2593,7			



➤ **Interprétation des résultats**

On remarque que la masse du refus (m') de la rhyolite et du basalte après essai est presque identique (4390,3 et 4551,8) Kg ce qui correspond à un coefficient de LA = 12,25% et 9,02% respectivement.

La comparaison de la valeur du coefficient LA avec les valeurs repères selon NF P 18 573 (**Tableau.9**), indique que les deux facies étudiés sont de très bonne qualité et résistent à l'usure puisque tous les deux sont inférieurs à 15%.

**Tableau V.8.** Type des graviers selon le coefficient LA selon NF P 18 573.

Valeurs du coefficient Los Angles	Appréciation
$LA \leq 15$	Très bon à bon
$15 < LA \leq 25$	Bon à moyen
$25 < LA \leq 40$	Moyen à faible
$LA > 40$	Médiocre « mauvaise qualité »

D'après le **Tableau IV.8** (extraire du tableau 2), la classe R matériaux rocheux (évolutifs et non évolutifs), on constate que ce matériau est sous-classe « R61 » comme des roches magmatiques dures.

En fonction des normes (NF EN 206-1) et (NF P 18-545), les deux types de granulats étudiés peuvent être utilisés dans les bétons exceptionnels (voir le **Tableau V.9**), à savoir :

- Pour BAP (Béton Auto Plaçant), d/D (3-8) utilisé en France et (3-10) en Algérie.
- Pour BHP (Béton de Haute Performance), il supporte 200 C° en cas d'incendie, au-delà de cette température le BAP s'éclate.

**Tableau V.9.** Les valeurs LA des spécifications utilisées dans le béton  
Préconisées par SETRA-LCPC (1984).

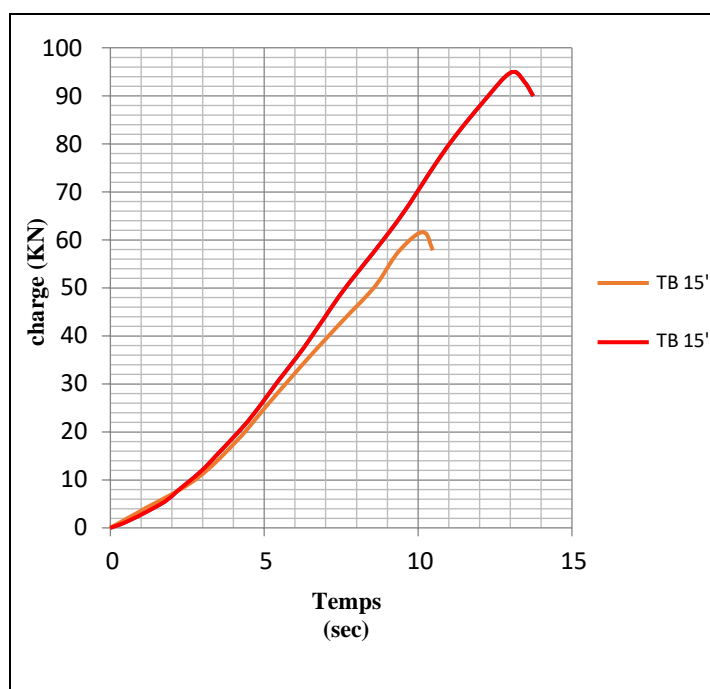
Utilisations	Coefficient de Los Angeles
Bétons exceptionnels	< 25%
Béton de qualité	< 30%
Béton courant	< 40%

### 2. 2. 3 Essai de compression uni-axial

Au terme de l'exécution d'essai de résistance à la compression simple, **Tableau V.10** expose les résultats recueillis à partir d'essais réalisés sur une série de sept échantillons.

**Tableau V.10.** Résultats d'essai de compression simple

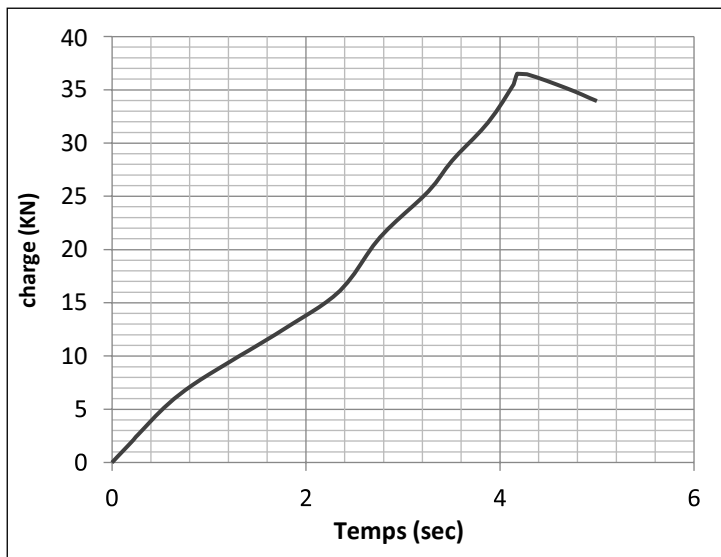
Propriété \ Échantillon	Les échantillons						
	TB 15''	TB 10	TB 15'	TB 2'	TB 11	TB 12	TB 14
Masse de l'éprouvette (g)	113,7	115,7	108,9	104,9	106,9	110,1	106,9
Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	1,341	1,364	1,284	1,237	1,26	1,29	1,26
Force à la rupture (KN)	95,057	36,591	61,671	25,701	52,823	43,153	23,657
Rc (Mpa)	134,479	51,766	87,246	36,359	74,730	61,050	33,468
Module de Young E (GPa)	71,71	83,78	61,16	35,91	49,06	56,34	33,57



Cette courbe représente la charge en fonction du temps entre deux facies rhyolitiques.

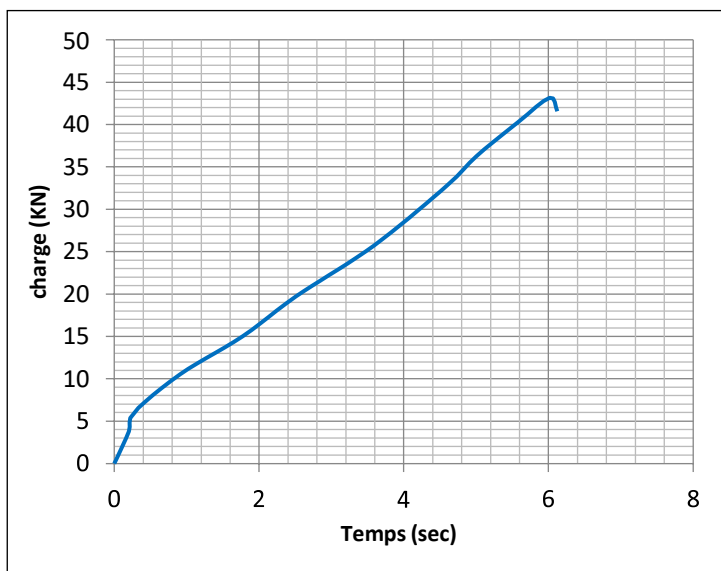
- TB15'' prend 13 sec jusqu'à la force à la rupture 95,05 KN.

- TB15' prend 10 sec jusqu'à la rupture 61,67 KN.



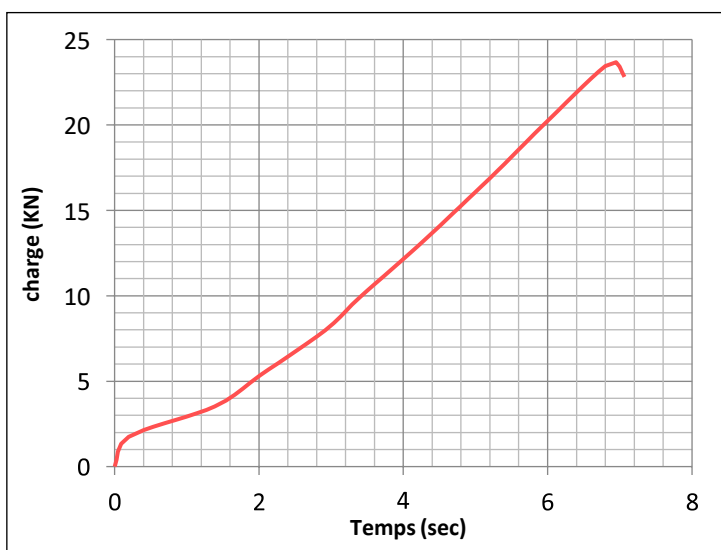
Cette courbe montre la charge en fonction du temps de la roche du basalte.

- TB10 prend 4,1 sec jusqu'à la rupture 36,59 KN.



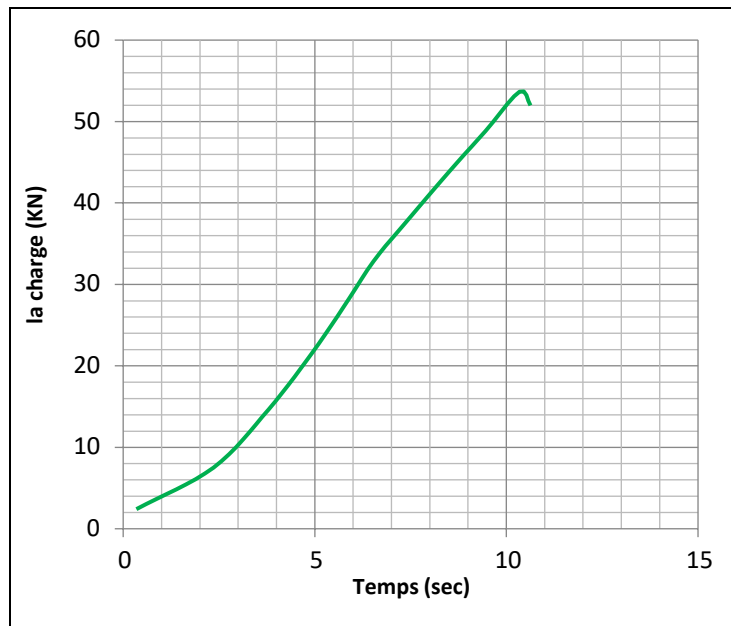
Cette courbe illustre la charge en fonction du temps du facies andésitique.

- TB12 prend 6 sec jusqu'à la force à la rupture 43,15 KN.



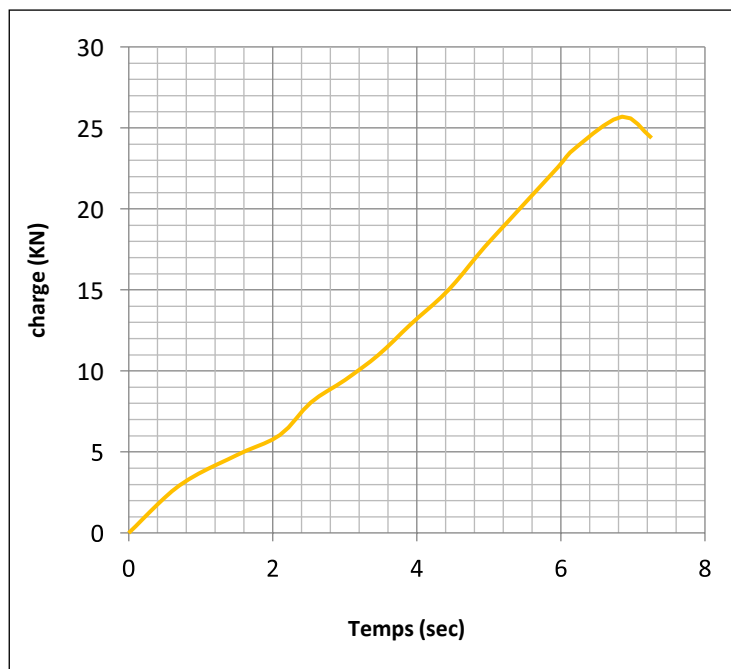
Cette courbe décrit la charge en fonction du temps du facies microgranite

- TB14 prend 7 sec jusqu'à la force à la rupture 23,65 KN.



Cette courbe présente la charge en fonction du temps du facies verdâtre.

- TB11 prendre 10,5 sec jusqu'à la force à la rupture 52,82 KN.



Cette courbe présente la charge en fonction du temps du roche sédimentaire (grés).

- TB 2' prendre 6,8 sec jusqu'à la force à la rupture 25,70 KN.

### ➤ Interprétation des résultats

Nous constatons que les valeurs de la contrainte maximale obtenue par l'essai de compression simple varient de 33,46 à 134,47 MPa. A partir des courbes tracées la classification des résistances des roches selon (**Tableau V.11**), on a observé que la rhyolite noire est la plus dure et prend de temps pour arriver à la charge de la rupture, par ailleurs l'andésite et le facies verdâtre filonienne affiche moins des résultats que la rhyolite mais ils ont de résistance élevée, pour le basalte a donné une résistance modérée à cause de la fissuration et très altéré. Par contre les autres facies : microgranite, grés et conglomérats ont

prends moins de temps par rapport les facies précédentes donc on dit que la résistance est modérée.

**Tableau V.11.** Classification selon la résistance à la compression, d'après Y.Atlan (1975).

<b>La résistance à la compression Rc(Mpa)</b>	<b>Terme descriptif</b>
$Rc > 200$	Très élevée
$60 \leq Rc < 200$	Elevée
$20 \leq Rc < 60$	Modérée
$6 \leq Rc < 20$	Faible
$Rc < 6$	Très faible

A partir des courbes de charge en fonction de temps au-dessus on a tiré le module de Young de ces échantillons et on constate que les roches à haute résistance tendent également à avoir un module de Young élevé, dépendant du type de roche et d'autres facteurs comme la dureté, le module de Young est typiquement compris entre (8 et 80) GPa. Pour les roches extrêmement dures et résistantes, il est susceptible d'atteindre 100 GPa.

Basent sur les valeurs de module de Young et la classification des raideurs des roches selon AFTES (**Tableau V.12**), on peut dire que les roches (rhyolite, basalte et andésite) des facies extrêmement raide ( $E > 50$  GPa), mais les autres roches (conglomérats, facies verdâtre filonienne, microgranite) possèdent de résistance très raide.

**Tableau V.12.** Classification des raideurs des roches selon AFTES.

<b>Valeurs du module de Young</b>	<b>Termes description de raideur</b>
$E > 50$ GPa	Matrices extrêmement raide
$20 \text{ GPa} < E < 50 \text{ GPa}$	Résistance très raide
$5 \text{ GPa} < E < 20 \text{ GPa}$	Matrice raide
$1 \text{ GPa} < E < 5 \text{ GPa}$	Matrice moyennement raide
$0,1 \text{ GPa} < E < 1 \text{ GPa}$	Matrice peu raide
$E < 0,1 \text{ GPa}$	Matrice très peu raide

## 2. 4. Résultats d'essai géométrique

### 2. 4. 1 Coefficient d'aplatissement

L'essai se fait selon la norme NF EN 933-3, on a réalisé sur les deux facies basalte et rhyolite pour calculer le coefficient d'aplatissement. Les résultats sont saisis dans les tableaux ci-dessous (**Tableau V.13**).

**Tableau V.13.** Résultats de coefficient d'aplatissement.

<b>Echantillon de Rhyolite</b>				
Tamisage sur tamis		Tamisage sur grille		
Classe granulaire d/D (mm)	Mg (g)	Écartement des grilles(mm)	Passant Me(g)	$\frac{Me}{Mg} \times 100$ (%)
12,5 - 14	1232,5	8	124	10,06
10 - 12,5	1610,1	6,3	40,4	2,50
8 - 10	152,6	5	2,8	1,83
$M = \sum Mg = 2995,2$ (g)		$\sum Me = 167,2$ (g)		
$A = \sum \frac{Me}{M} \times 100 = \mathbf{5,58\%}$				

<b>Echantillon de Basalte</b>				
Tamisage sur tamis		Tamisage sur grille		
Classe granulaire d/D (mm)	Mg (g)	Écartement des grilles(mm)	Passant Me(g)	$\frac{Me}{Mg} \times 100$ (%)
12,5 - 14	1178,2	8	168,7	14,31
10 - 12,5	1569,5	6,3	221,4	14,10
8 - 10	239	5	55,3	23,13
$M = \sum Mg = 2986,7$		$\sum Me = 445,4$		
$A = \sum \frac{Me}{M} \times 100 = \mathbf{14,91\%}$				

#### ➤ Interprétation des résultats

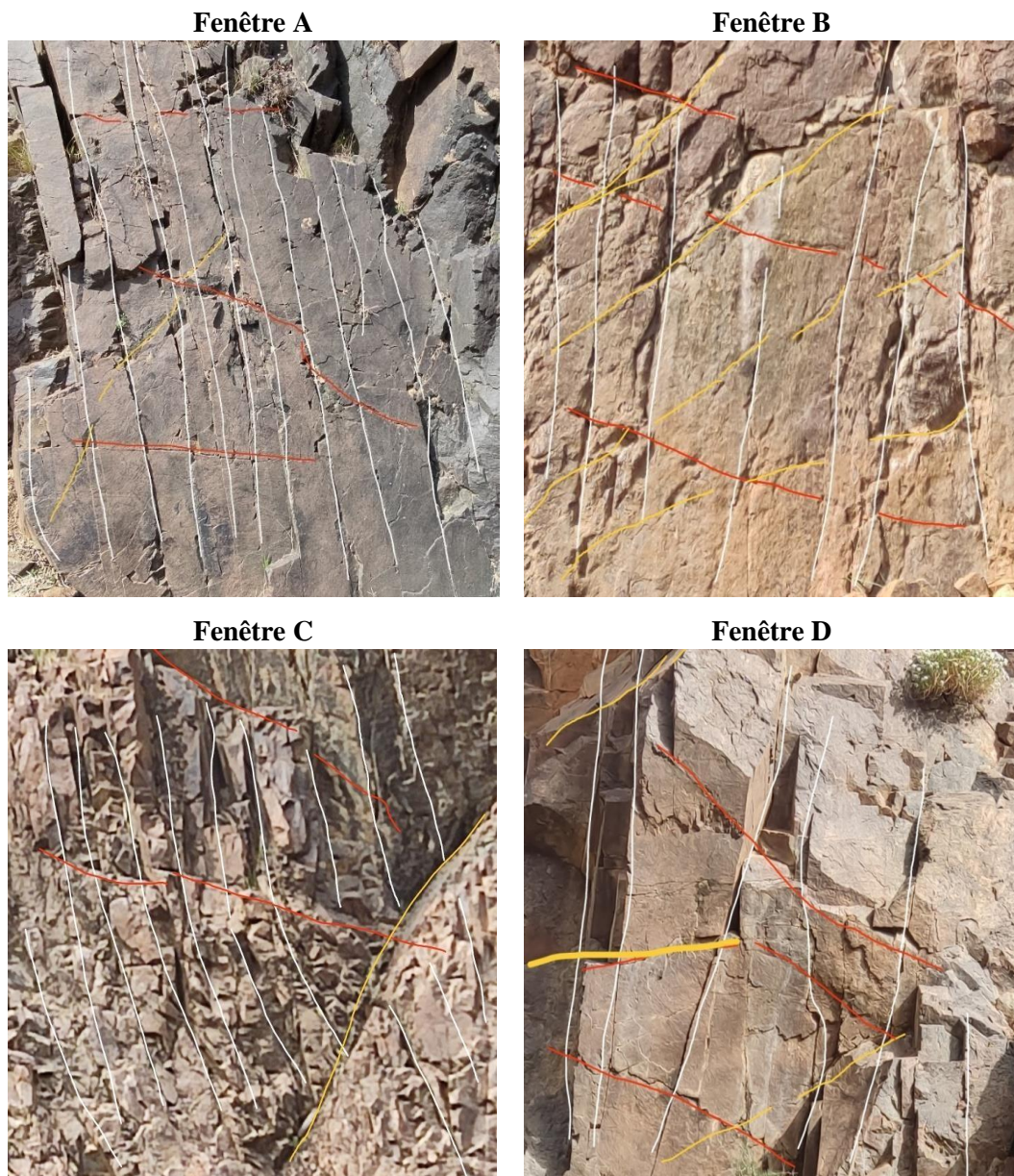
Cet essai nous a révélé, un coefficient d'aplatissement de l'ordre de 14,91 % pour le basalte et de 5,82 % pour la rhyolite, ce qui répond aux exigences de la norme [NF P 18 545] spécifiait que la valeur du coefficient d'aplatissement doit être  $A \leq 30\%$ . Ce résultat suggère

que ces faciès sont favorables d'être utilisés comme un mélange pour le béton et le remblai des routes.

## 2. 5. Résultats de classification des massifs rocheux

### 2. 5. 1 Rock Quality Designation (RQD)

Pour déterminer la qualité du massif rocheux de Bechtout, nous avons pris quatre fenêtres présentées dans (**Figure V.2**), pour calculer le RQD par la méthode indirecte.



**Figure V.2.** Résultats de méthode indirecte RQD du quatre fenêtre A, B, C, D

#### Calculs et résultats

Pour les calculs de RQD, nous avons suivies la méthode indirecte représentée par le rapport suivant :

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1). \quad (\lambda = \text{nombre des fissures}).$$

**Tableau V.14.** Les résultats de méthode indirect du RQD

<b>Fenêtre</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Nombre de fissures (<math>\lambda</math>)</b>	15	14	18	12
<b>RQD</b>	52,49	59,18	46,28	66,28

**Exemple des calculs :****Fenêtre A :**

$$\text{RQD} = 100e^{-0.1 \cdot 15} ((0.1 \cdot 15) + 1) = 52,49$$

**Fenêtre B :**

$$\text{RQD} = 100e^{-0.1 \cdot 14} ((0.1 \cdot 14) + 1) = 59,18$$

**Fenêtre C :**

$$\text{RQD} = 100e^{-0.1 \cdot 18} ((0.1 \cdot 18) + 1) = 46,28$$

**Fenêtre D :**

$$\text{RQD} = 100e^{-0.1 \cdot 12} ((0.1 \cdot 12) + 1) = 66,28$$

➤ **Interprétation des résultats**

Sur la base des résultats de RQD (**Tableau V.14**) ont conclu que le massif de Bechtout est classé de pauvre (Fenêtre C < 50%) jusqu'à moyen (Fenêtres A, B, D < 75%) selon le tableau (**Tableau. IV.6**), donc Il est à noter que la qualité du massif rocheux déduite à l'aide de la méthode indirecte de RQD n'a aucune corrélation avec la résistance à la compression simple, de la faite que cette dernière est déterminée à l'échelle du laboratoire sur des petits morceaux de roche se forme d'éprouvette, alors que le RQD concerne le massif rocheux à une grande échelle où la qualité de la roche dépend de la densité de la fissuration. D'autre part, le RQD reste un paramètre essentiel dans l'étude de stabilité de talus naturel.

**3. Conclusion**

A la lumière de ce chapitre, nous avons interprété les résultats des principaux essais physiques, mécaniques et géométriques effectués au laboratoire (LNHC- Oued Smar), selon la norme NF P 18-545, dans le cadre de valorisation de ces matériaux prélevés depuis massif de Bechtout (W. Tiaret).

Pour les essais physiques effectuée, on constate que :



- La densité des faciès traités, plus une roche ignée est felsique comme la rhyolite, moins elle est dense. À l'inverse, plus une roche est mafique comme le basalte, plus elle est dense. Par contre les roches sédimentaires tels que les grès et les conglomérats de la couverture Miocène sont moins dense que les roches volcaniques du Carbonifère.
- Pour la masse volumique, on classe les deux faciès rhyolitique et basaltique comme des roches très dures et de bonne qualité et susceptibles de fournir de meilleurs agrégats.

D'autre part, les tests mécaniques réalisées (Los Angeles, Micro-Deval, Résistance à la compression simple) sur les faciès étudiés montrent que :

- Les coefficients de LA et MDE indiquent que la rhyolite et le basalte sont des roches volcaniques résistant à l'usure. Ces qualités leur permettent d'être utilisés comme granulats pour béton exceptionnel (BAP, BHP) et à usage routier (couche de base et couche de roulement), donc on peut utiliser dans le domaine de la construction ou de la préparation des routes.
- La résistance à la compression donne des bons résultats pour les roches volcaniques (rhyolite, basalte et andésite) qui confirme leur aspect résistant, contrairement aux conglomérats qui montrent une résistance modérée.

En parallèle des essais physico-mécaniques, on a réalisé un essai géométrique pour déterminer le coefficient d'aplatissement selon la norme NF P 18-545 sur le basalte et la rhyolite. Ces derniers ont fourni des valeurs du coefficient d'aplatissement « A » inférieur à 30 %, ce qui leur permet de l'aptitude d'être utilisés comme un mélange de béton ou comme remblai pour les routes.

D'un autre côté, nous avons déterminé la qualité des roches à l'échelle du massif rocheux par la méthode indirecte RQD qui a prouvé que le massif est de pauvre à moyenne qualité, basé sur l'étude géologique de la zone, on peut dire que le massif de Bechtout est très ancien et subit à des phases tectoniques majeures qui affecté la stabilité du socle.

Conclusion générale et recommandations

## **Conclusion générale et recommandations**

Ce projet de fin d'étude, est une contribution visant à explorer et à caractériser les liens entre les propriétés géologiques et géotechniques des roches volcaniques qui affleurent largement au niveau du massif de Bechtout.

Nous avons abordé ce travail par une étude géologique sur cette région en se basant sur les résultats obtenus à partir des anciens travaux. Ces recherches ont défini ce massif comme un socle d'âge Viséen localisé dans une zone de transition entre l'Atlas tellien et les Hauts plateaux et considéré comme un témoin d'un magmatisme orogénique hercynien de l'Algérie septentrionale dans sa partie occidentale.

L'étude géologique de terrain couplée avec l'étude pétrographique ont montré que le socle de ce massif est dominé par des termes acides représentés par des rhyolites à texture microlithique porphyrique à phénocristaux allongés de feldspaths roses et blancs. A cela s'ajoute le quartz rhyolitique transparent à vitreux de forme plutôt arrondie. Elle se trouve sous plusieurs couleurs : rougeâtre, blanchâtre claire et brunâtre. La masse rhyolitique est recoupée par un réseau filonien basique et intermédiaire matérialisé respectivement par des dykes de basalte et d'andésite. Le basalte est localisé au centre et au sud d'oued Tamda, distingué par une couleur noire et une texture microlithique à mésostase fine parfois recristallisée avec des reliques de minéraux ferromagnésiens. L'andésite est cracratée par une texture microlithique porphyrique à phénocristaux de plagioclases et de feldspaths. Cette étude a été mise en évidence pour la première fois un faciès microgranitique observé au niveau d'Oued Tamda. Le socle de Bechtout a subi une tectonique frustrée et une altération intense.

La couverture sédimentaire d'âge allant du Jurassique au Miocène est posée en discordance angulaire sur les roches volcaniques du socle Viséen. Les faciès de la couverture rencontrés au niveau d'Oued Tamda sont d'âge Miocène représentés : les grès, les conglomérats, les calcaires et les marnes.

L'étude géotechnique est fondée sur des essais physico-mécaniques et géométriques au Laboratoire Nationale de l'Habitat et de la Construction (LNHC-Oued Smar- Alger) sur des échantillons de roches volcaniques récoltés sur le terrain afin de valoriser le potentiel en substances utiles du massif de Bechtout en relation avec les domaines d'application appropriés.

Les essais mécaniques (LA, MDE) exécutés sur le basalte et la rhyolite, montrent des valeurs comprises entre 9,02 %, 12,25 % et entre 15,56%, 10,89% respectivement. Ce résultat suggère que ces roches sont d'une forte dureté et sont résistantes à l'usure avec une bonne qualité pour être utilisées dans plusieurs créneaux à savoir : les couches de roulements, le béton exceptionnel et les enrobés hydro carbonés.

Les mesures de la résistance à la compression simple effectuées sur 7 échantillons de roches montrent un résultat positif et assez satisfaisant surtout pour la rhyolite noire qui a donné la valeur la plus élevée.

Le coefficient d'aplatissement A est inférieur à 20 % pour les deux faciès volcaniques (basalte et rhyolite). Le pourcentage des granulats plats est faible ce qui prouve que ce produit est valable pour l'utilisation dans le remblai des routes et comme un mélange pour le béton.

D'autre part, les essais physiques relatifs à la masse volumique absolue et apparente sont projetés dans l'intervalle des normes demandées. La densité effectuée sur les sept faciès indique que le basalte est le plus dense que les autres roches et cela est dû à la présence des minéraux ferromagnésiens dont leur densité est élevée.

Selon la méthode RQD, on a classé le massif de Bechtout comme pauvre à moyen qualité. Cette méthode indirecte n'afflue en aucun cas sur les essais de résistance réalisés au laboratoire car ça reste un essai qui devrait être réalisé sur le terrain pour pouvoir généraliser sur l'ensemble du massif. Ce résultat préliminaire conduit à faire une étude plus détaillée et spécifique sur la stabilité de ce massif avant une éventuelle exploitation à caractère économique.

A cet effet et en tenant compte des essais réalisés, nous concluons que les résultats obtenus sont très encourageants et satisfaisants, ce qui suggère que le massif de Bechtout renferme un potentiel à caractère économique en substances utiles de type roches volcaniques. Ces dernières peuvent être utilisées dans divers domaines (construction, travaux publics, ...). L'exploitation de cette substance minérale est recommandée avec le respect du cadre environnemental en liaison avec l'aspect d'un développement durable qui encourage les investissements économiques.

## Références bibliographiques

- ABBASSENE. F, (2016) :** Contraintes chronologiques et petro-géochimiques du magmatisme sur l'évolution pré- et post-collisionnelle de la marge algérienne : secteur de la Petite Kabylie. PhD Thesis, USTHB Alger/UBO Brest, 360 pp
- AFTES (1995).** Le choix des paramètres et essais géotechniques utilisés à la conception, au dimensionnement et à l'exécution des ouvrages creusés en souterrain , Groupe de travail n°7.
- ARKELL W.J et BUSSON G. (1955) :** Le Jurassique du massif du Bou Rheddou (Nord de Tiaret, Algérie). C.R. Acad. Se. , Paris, sér. D, t. 241, n° 5, p. 422-424.
- ATLAN Y. (1978) :** Catalogue des essais géotechniques exécutés au laboratoire géotechnique Département génie géologique d'Orléans.
- ATROPS F. & BENEST M. (1981) :** Données biostratigraphiques nouvelles sur l'Oxfordien et le Kimméridgien du Djebel Nador de Tiaret (avant-pays tellien, Algérie) ; conséquences paléogéographiques. Geobios. Lyon, n° 14, fasc. 1, p. 115-122, 3 f.
- ATROPS F., BENEST M. & LE HEGARAT G. (1983) :** Caractérisation du Tithonique supérieur au Djebel Recheiga(avant-pays tellien de la région de Tiaret, Algérie) ; milieu de dépôt. Geobios. Lyon, n° 16, fasc. 3, p. 387-390, 2 fig.
- ATROPS, F. & BENEST, M., (1984) :** Les formations du Jurassique supérieur du Bou Rheddou au Nord de Tiaret (bordure sud-tellienne, Algérie) : âge et milieux de dépôt. Geobios, 17: 207–216.
- ATROPS, F. & BENEST, M., (1986) :** Stratigraphie du Jurassique supérieur du Djebel Bechtout au Nord-Ouest de Tiaret (bordure sud-tellienne, Algérie); comparaison avec le Bou Rheddou. Geobios, 19: 855-862.
- ATROPS F., BENEST M. & BENOSMAN B. 1990:** The ammonites' zones of the Oxfordian in the Southern border of the Tellian area, near Tiaret (Algeria). Intern. Subcom. Jurassicstratigraphy, Oxfordianworking group, 1990 : 4.
- ATROPS F. & BENEST M. 1993 :** Mise en évidence d'une série réduite de haut : fond pélagique de l'Oxfordien au Berriasien, dans les "blocs" calcaires sud-telliens de l'Ouest algérien (Ouarsenis occidental) : implications paléogéographiques et structurales. C. R.Acad. Sci. Paris, 2,316 : 107-114
- ATROPS, F. & BENEST, M., (1994) :** Les formations à ammonites du Malm dans le bassin tellien, au Nord de Tiaret: leur importance pour les corrélations avec les séries de l'Avant-pays de l'Ouest algérien. In: Cariou, E., Hantzpergue, P. (Eds.), 3rd International Symposium on Jurassic stratigraphy, Poitiers 1991. Geobios, MS, 17: 79-91.
- AUCLAIR D. et BIEHLER J. (1967) :** — Etude géologique des Hautes Plaines Oranaises entre Tlemcen et Saïda. Publ. Serv. Carte Géol. Algérie, N.S. n° 34.
- AUGIER, C. (1967):** Quelques éléments essentiels de la couverture sédimentaire des Hauts

Plateaux.– Publication du Service Géologique de l'Algérie, 34, 47–80.

**BERT D et al (2009) :** Les Gregoryceras (Ammonitina) de l'Oxfordien moyen terminal et supérieur téthysien : révision systématique, biostratigraphie et évolution. *Geobios* 42–451–493. Page 16-

**BARTON, N., R. Lien, et al. (1974):** "Engineering classification of rock masses for the design of rock support." *Rock Mechanics*.

**BELAID, M., Cherif, A., Vinn, O. & Naimi, M.N. (2020) :** Premier enregistrement de traces fossiles de la Formation Oxfordienne des Argiles rouges de Kheneg (Tiaret, nord-ouest de l'Algérie). – *GeologiaCroatica*, 73/2, 85–94. doi : 10.4154/gc.2020.10

**BENEST M. 1981b :** Intercalations de facies Calpionelles dans des dépôts rythmiques de plate-forme indices de dessalure : exemple du Tithonique supérieur carbonate des Monts de Chellala. *C. R. Acad. Sci. Paris*,

**BENEST M (1985) :** évolution de la plate-forme de l'ouest algérien et du nord-est marocain au cours du jurassique supérieur et au début du crétacé : stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire.

**BENEST. M et Ghali. M, (1985).** Caractérisation du Tithonique et du Berriasien dans la série de plate-forme des Monts de Saïda (avant-pays tellien de l'Ouest algérien).; Précisions paléogéographiques. *C. R. D. Acad. Sc. Paris, D, t. 300, sér. II, n° 14, p. 393-698.*

**BENEST M., Atrops F., Almeras Y. & Benosman S. 1991 :** Découverte et dynamique d'une transgression au Callovien sur le socle tardi-hercynien, dans le domaine sud-tellien (Ouarsenis, Algérie). *C. R. Acad. Sci. Paris, 2, 313 : 1555-1562.*

**BENEST M., Ghali M., Ouardas T. & Perriaux J. (1993) :** Découverte de repères biochronologiques d'âge Kimméridgien, Tithonien et Berriasien dans l'Atlas saharien central : corrélations avec l'avant-pays et le domaine tellien (Algérie), *C. R. Acad. Sc. Paris, 317, série II, pp.1089-1096.*

**BENEST. M, Elmi. S, Ouardas. T, Perriaux. J, Ghali. M et M. Benhamou (1995) :** Dynamique de mise en place d'un cône détritique d'âge callovo-oxfordien dans le sillon intracratonique du Nador de Tiaret sur la marge téthysienne de l'Ouest algérien. *C. R Acad. Sci. Paris. 321, série IIa. 103-110.*

**BENEST. M, Elmi. S, Ouardas. T, et Boullier. A. (1998) :** Conditions d'installation d'un seuil corallien dans l'intervalle transgressif Oxfordien moyen et supérieur p.p. entre le bassin tellien et son avant-pays (Ouest algérien) ; implications paléogéographiques.

**BIENIAWSKI, Z. T. (1973):** "Engineering classification of jointed rock masses." *Trans. S. Afr. Instn. Civil Engrs.*

**Bieniawski Z.T., (1975);** The Point Load Tester in Geotechnical practice. *Eng. Geol., Sep., 1975, p.1-11*

**BIENIAWSKI, Z. T. (1989):** Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. New York John Wiley and Sons.

**BOUALEM. N. et Benhamou. M. (2017) :** Mise en évidence d'un Albien marin à céphalopodes dans la région de Tiaret (Algérie nord-occidentale) : nouvelles données paléontologiques, implications biostratigraphiques et paléogéographiques (Revue de Paléobiologie, Genève (décembre 2017) 36 (2) : 433-445.

**BOUALEM. N. (2018) :** géométrie de la sédimentation crétacée (albien – turonien) des monts de Tiaret (Frenda, chellala, Nador...), corrélations et implications paléogéographiques.

**BOUCHENTOUF. K, 1994.** Les bilans d'eau vu à travers les paramètres physico géographiques et hydrodynamiques : cas du bassin versant de la haute-Mina (Tiaret-Algérie), Mémoire de Magister, Université de Chlef

**BOUGARA, M (1995) :** contribution à l'étude géologique des formations paléozoïques sédimentaires du mole de Tifrit (Saida, Algérie nord occidentale). Mémoire magister, Univ Oran, 294 p.

**BOUGARA M., 2013:"**Sédimentologie, paléontologie et environnements sédimentaires des dépôts silico-clastiques du Dévonien du môle de Tiffrit (Saïda,Algérie nord occidentale)". Doctorat, Univ. Oran. 181p

**BOUILLIN, J.P. (1977)** Géologie alpine de la petite Kabylie dans la région de Collo et El Milia (Algérie). Thèse Faculté des Sciences, Paris VI, 511 p.C. R Acad. Sci. Paris, 326, 399 – 405.

**BRAJA M. Das, N. Sivakugan, S. Kumar Shukla (2013).** rock mechanics an introduction.

**BRAJA M. Das (2013).** Fundamentals of Geotechnical Engineering. 4th edition, Cengage Learning, Stamford.

**CARATINI C. (1965) -** Age de l'orogénèse du Djebel Nador (département de Tiaret) et des Monts de ChellalaReibell (département de Médéa), Algérie. C. R. Soc. géol. Fr., Paris, fasc. 10, p. 324-395.

**CARATINI, C. (1970):** Etude géologique de la région de Chellala-Reibell.– Publication du Service Géologique de l'Algérie, 40/21, 311 p.

**CHABANI. N (2020) :** Pétrologie et géochimie des roches magmatiques de la région de Bechtout (Tiaret, Algérie occidentale). Mémoire de Magistère Pétrologie et géochimie. Univ d'Oran 2.

**CHALHOUB M., (2006),** « Apport des méthodes d'homogénéisation numérique à la classification des massifs rocheux fracturés », Thèse de doctorat 2006, École Nationale des Mines de Paris, 206 pages.

**CHERIF A., Bert D., Benhamou M. & Benyoucef M. 2015.** La Formation des Argiles de Saïda (Jurassique supérieur) dans le domaine tlemcenien oriental (Takhemaret, Algérie): données biostratigraphiques, ichnologiques et sédimentologiques. *Revue de Paléobiologie*, Genève, 34(2): 363-384.

**CHERIF. A (2017) :** Sédimentologie et dynamique sédimentaire de la Formation des Argiles de Saïda (Oxfordien moy-sup) de la partie orientale du domaine tlemcénien (Algérie ouest). Thèse Doct. Univ d'Oran 2.

**CHERIF, A. NAIMI, M.N. et BELAID, M. (2021) :** Traces fossiles en eaux profondes et modèle de dépôt de la formation de marnes du Miocène inférieur de Tiaret (nord-ouest de l'Algérie) – *Journal of African Earth Sciences*, 175, 104115. doi : 10.1016/j.jafrearsci.2021.104115.

**CISZAK R. (1993) :** Evolution géodynamique de la chaîne tellienne en Oranie (Algérie occidentale) pendant le paléozoïque et le mésozoïque. Thèse Université Toulouse, Université Paul Sabatier, *Strata*, Série 1, 20 : 1-513.

**CORDARY, D. (1994) :** Mécanique des sols. Ed. Lavoisier Tec et Doc. Paris, 380 p.

**COULON, C, Megartsi, M.h., Fourcade, S., Maury, R.C., Bellon, H., Louni-Hacini, A., Cotten, J., Coutelle, A., Hermitte, D., 2002.** Transition post-collisionnelle du volcanisme calco-alcalin au volcanisme alcalin au Néogène en Oranie (Algérie) : expression magmatique d'une cassure de dalle. *Lithos* 62, 87-110.

**DALLONI M. 1952 :** Le Jurassique du Bechtout et de Guertoufa au nord de Tiaret. in : XIXe Congrès géol. intern. , Alger Monographies régionales, 1 ère série ; Algérie, 24 : I 'Atlas tellien occidental, cf. 25-26

**DELEAU P. (1948a) :** Le djebel Nador. Etudes stratigraphique et paléontologique. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2e s. N° 17.

**DOUAS BENGOUDIRA. F (2021) :** Contribution à l'étude Bio stratigraphique (Ammonites) et Paléoenvironnement (Sédimentologie-Minéralogie) du Callovo-oxfordien de l'Algérie Nord occidentale. Thèse Doct. Univ d'Oran 2.

**DURAND-DELGA, M., (1969) :** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. *Publ. Serv. Géol. Algérie*, n°39, 89-131.

**DURAND-DELGA M. 1971.** Les unités à Mésozoïque méta-morphique d'El Milia à Texenna (Algérie) et leur cadre structural. *Bulletin de la Société géologique de France*.

**ELMI S. (1970) -**Rôle des accidents décrochants de direction SSW-NNE dans la structure des Monts de Tlemcen (Ouest algérien). *Bull. Soc. Nat. Afr. Nord. Alger*, t. 61, fasc.

**ELMI, S. 1971.** Les faunes aProhctioceras (Ammonitina, Oppeliidae) du Bathonien inférieur et moyen des confins algero-marocains. - *Geobios*, 4; 243- 264.

**ELMI S. (1972) :** L'instabilité des Monts de Tlemcen et de Ghar-Roubane (Ouest algérien),



- interprétation paléogéographique. C. R. Somm. Soc. Géol. France, Paris, fasc. 5, n° 10-15.
- ELMI S. (1973)** : Les décrochements et mouvements atlasiques dans la région frontalière algéro-marocaine (Monts de Rhar-Roubane). C.R.Acad.Sci.Paris, t.276, pl.1521.
- ELMI. S., ATROPS. F. et MANGOLD. C (1973)** - Le Toarcien du Djebel Nador (Tiaret, Algérie) ; succession des faunes d'ammonites. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 276, n° 7, sér. D, p. 1143-1145.
- ELMI S. (1977)** : La sédimentation carbonatée en bordure du horst de Rhar-Roubane (Algérie occidentale) pendant le Carixien. Bull. soc. Géol. France, Paris, t. XIX, n° 2, p. 355-365.
- ELMI S. (1978)** : Polarité tectono-sédimentaire pendant l'effritement des marges septentrionales du bâti africain au cours du Mésozoïque (Maghreb). Ann. Soc. Géol. Nord, t. XCVII, 1977, n° 1-4, p. 315- 323.
- ELMI. S, BENEST. M, 1978.** : Les « Argiles de Saïda, faciès flyschoides du Callovo-Oxfordien du sillon tlemcénien (ouest algérien) Stratonomie, environnement, interprétation et évolution paléogéographique Livre jubilaire Jacque Flandrin. Docum. Lab. Géol. Sc. Lyon, HS4, p 203-261
- ELMI S. (1982)** : L'évolution des Monts de Rhar-Roubane (Algérie occidentale) au début du Jurassique In Livre Jubilaire Gabriel LUCAS : Géologie sédimentaire. Mém. Géol. Univ. Dijon, t. 7, p. 401-412.
- FALAMMAND, G., B., M., (1991).** –Recherches géologiques et géographiques sur les hauts pays de l'Oranie sur le Sahara (Algérie et territoire du sud). Thèse ès Sciences, Univ. Lyon.
- FICHEUR. E (1889)** Géologie de l'Ouarsenis. Sur la présence de la "Terebratuladiplya" dans l'Oxfordien supérieur A.F.A.S, Paris.
- FOURCADE. S, Capdevila. R, Ouabadi. A, et Martineau. F (2001).** L'origine et l'importance géodynamique des granitoïdes à cordiérite alpine du nord de l'Algérie. Une combinaison pétrologique, minéralogique, géochimique et isotopique (O, H, Sr, Nd) étude. Lithos, 57 : 187-216
- FREDERIC L. Pellet ,2018.** Apport de la mécanique des roches fondamentale, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- GAUTIER E.F. (1909).** Structure de l'Algérie, société d'éditions géographiques et scientifiques librairie de la société de géographie 184, boulevard saint-germain.
- GELARD. J.P, (1969):** Le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif Chellata: Le flysch maurétanien (Grande Kabylie). Bull. Soc. géol. France.7. pp 676-686.
- GHALI. M (1984).**-Le Jurassique supérieur et le Crétacé basal des Monts de Saïda et de

Tiaret-Frenda (Ouest algérien): Stratigraphie et milieu dépôt. Thèse 3émecycle, Lyon, 131 p  
**GLANGEAUD. L (1932b)**. Unité paléogéographiques et structurales de l'Atlas méditerranéen (Algérie, Maroc, Tunisie, In Thèse Sc. Paris et Actes Soc. Linn. Bordeaux, t. 85, 1933, pp. 173-220.

**GLANGEAUD. L (1951)**. Interprétation tectonophysique des caractères structuraux et paléogéographique de la méditerranée occidentale. Bull. Soc. Géol. France, (6), t. I, pp. 735-276.

**GUARDIA. P. (1975)**. Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Thèse Sc. , Nice : 289 p.

**HALAMSKI. A.T. et Cherif. A, 2017** : Brachiopodes oxfordiens des monts Saïda et Frenda (Domaine de Tlemcenien, nord-ouest algérien) Janvier 2017 Annales Societatis Geologorum Poloniae 87(2)

**HOEPFFNER. Ch. 1987**. La tectonique hercynienne dans l'est du Maroc. Thèse de Doctorat ès sciences, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 276 p.

**HOEPFFNER. Ch, Soulaini et Piqué. A (2005)**, The Moroccan Hercynides, Journal of African Earth Sciences, 43(1-3), 144-165, doi: 10.1016/j.jafrearsci.2005.09.002.

**I.S.R.M (1985)**. International society of rock mechanics, commission on testing methods. Suggested method for determination points load strength. International journal of rock mechanics and mining sciences & geomechanics abstract, vol. 22, no. 2, pp. 51-60.

**JEBRAK. M et Marcoux. E, 2008** Géologie Des Ressources minérales, Québec

**KIEKEN. M, Magne. J, Et Polveche. J. (1956)** : Les nappes sud-telliennes aux portes de Tiaret (Oran). L'Yprésien de l'OuledbouCheddou. C, R, S. Soc. géol. Fr. 3 Déc. 1956, p.287.

**KOVENKO. V.H, Termier, G (1954)** : Sur quelques roches ophitiques de l'Algérie Bull, no 5, pp. 157-212. Septentrionale. publ.Serv.cartageol.Alg.

**LUCAS. G, 1952** : "Bordure nord des Hautes Plaines dans l'Algérie occidentale : Primaire, Jurassique". Analyses structurales. XIXème Congr. géol. internat. Alger ; Monogr. Région. Algérie, (1) n° 21, 140.

**MACIEJ. A, (2012)**, « Modification des classifications mécaniques pour les massifs rocheux schisteux », Thèse de maitrise des sciences appliquées de l'université de Montréal, Spécialité génie minier, 180 pages.

**MAURY, R.C. ; Fourcade, S. ; Coulon, C. ; Bellon, H. ; Coutelle, A. ; Ouabadi, A.; Semroud, B.; Megartsi, M.h.; Cotten, J. et Belanteur, O. (2000)**. Magmatisme néogène post-collisionnel de la marge maghrébine méditerranéenne : une conséquence de la rupture de dalle. Comptes Rendus de l'Académie des sciences Paris, Série IIA, 331 : 159-173

**NAIMI. Mn, Cherif. A Et Belaid. M. (2021)** : L'oligo-fossile Cardioichnusplanus du Miocène inférieur d'Algérie : le premier enregistrement d'Afrique et un tracemaker

endémique probable – *Geologia Croatica*, 74/2, 121– 126. doi : 10.4154/gc.2021.09

**PIQUE A. et Laville. E. 1993.** L'ouverture de l'Atlantique central : un rejeu en extension des structures paléozoïques. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 317, II, 1325-1328.

**POLVECHE. J, (1956d) :** Un nouvel affleurement jurassique dans le Tell Cranais, au N du Bechtout (Algérie) Le problème de l'interprétation. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXXVI, p.101 à 114.

**POLVECHE. J (1956c) :** La terminaison méridionale des nappes sud-telliennes dans la région de Tiaret (Algérie). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), t.VI, pp.643-652.

**POLVECHE. J (1960) :** contribution à l'étude géologique de l'Ouarsenis oranais. Université du Lille. Thèse de doctorat : Sciences naturelles : Lille : 1959

**POMEL A. ET POUYANNE J. (1890) :** CARTE GEOLOGIQUE DE L'ALGERIE. EXPLICATION DE LA 2E EDITION de la carte géologique provisoire de l'Algérie au 800.000e. P. Fontana, éd., Alger.

**PRIEST S D, Hudson J A (1976)** Discontinuity Spacings in Rock. *J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech*, vol. 13, pp. 135-148, Pergamon Press, Great Britain.

**RANOUX J, (1952),** Etude géologique du Djebel Bechtout, *Bull. Serv. cartéogéol. Algérie*. Tr. récents Fasc. III pp.177-188, Alger 1952.

**RAOULT J. F. 1974.** Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord du Constantinois, Algérie). Thèse, Paris. Mémoire de la Société géologique de France, N.S. LIII, Mémoire n°121, p. 1-163.

**REMACI-BENAOUDA. N, 2005. :** "Pétrologie et géochimie des associations "felsiquemafique" tardi-hercyniennes de l'Oranie (Algérie Nord occidentale : implications pétrogénétiques et géodynamiques". Thèse Doctorat d'Etat, Université d'Oran, 269 p.

**RENOU, E.1848 :** "Géologie de l'Algérie, Exploration scientifique".

**SAADALLAH A. (1992).** Le cristallin de Grande Kabylie (Algérie) : sa place dans la chaîne des Maghrébides. Thèse d'État, USTHB, Alger, 260 p.

**SETRA-LCPC (1984).** Les granulats en techniques routières - Spécifications. Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (France) et Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (France).

**SERRATRICE. J.F, Durville. J.-L 1997** Description of rocks and rock masses  
Exploitation of two databases

**STILLE H, Palmström A (2003)** Classification as a tool in rock engineering. *TunnUndergrSpaceTechnol* 18 :331–345.

**TCHOUMATCHENCO, P. 1986.** Répartition paléogéologique des Brachiopodes jurassiques dans les Monts de Tiaret et l'Ouarsenis occidental (Algérie). - In : Les Brachiopodes fossiles et actuels (P.Racheboeuf, C. Emig, edit) - Biostratigraphie du

Paleozoïque, 4; 389-398.

**TCHOUMATCHENCO. P, Khrichev. P. (1992)** : Le Jurassique dans les Monts de Tiaret et de l'Ouarsenis occidental (Algérie). II. Paléogéographie

**TCHOUMATCHENCO. P, Khrichev. P. (1992)** : Le Jurassique dans les Monts de Tiaret et de l'Ouarsenis occidental (Algérie). I. Stratigraphie

**TCHOUMATCHENCO. P, Khrichev. Kh (1992)** : Le Jurassique dans les Monts de Tiaret et de l'Ouarsenis occidental (Algérie). I. Stratigraphie. *GEOLOGICA BALCANICA*, 22. 5, Sofia, Oct. 1992. p. 29-39.

**TCHOUNEV D. & Zidarov N. (1975)** - Pétrologie du massif éruptif du Djebel Bechtout. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, Tray. collab., Alger, N.S., 45 : 174-193, 2 fig., 7 tabl.

**VILLA J.M. (1980)**. La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse Docteur ès Sciences. Paris VI, 3 vol, 663 p.

**WELSCH J. (1890)** : Les terrains secondaires des environs de Tiaret et de Freneda département d'Oran (Algérie). Thèse Eac. Sc. Paris.

**WILDI, W. (1983)** La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : Structure, Stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Revue de Géologie dynamique et de Géographie Physique*, 24, 201-297.

**ZIDAROV, N., Tchounev. D. 1976**. Pétrologie du Massif éruptif du Djebel Bechtout. – Publ. Service géologique de l'Algérie (N-11e Série), 45, 173–193.

## Les normes :

**AFNOR NF EN 1936.** (Avril. 2007) Méthodes d'essai des pierres naturelles - Détermination des masses volumiques réelle et apparente et des porosités ouvertes et totale.

**AFNOR NF EN 206-1.** (Jan. 2005) Béton, spécification, performance, production et conformité (retrait de la norme XP P18-305).

**AFNOR NF P 11-300.** Exécution des terrassements - Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières.

**AFNOR NF P 18-101.** 1990 Granulats — Vocabulaire — Définitions et classifications.

**AFNOR NF P-94-064.** Sols : Reconnaissance et essais - Masse volumique sèche d'un élément de roche - Méthode par pesée hydrostatique.

**AFNORNF P94-420.** Décembre 2000. Roches - Détermination de la résistance à la compression uni-axiale.

**AFNOR NF P 94-429.** Décembre 2002. Roches - Résistance sous charge ponctuelle - Essai Franklin.

**AFNOR NF P18-554.** Décembre 1990 : Granulats - Mesures des masses volumiques, de la porosité, du coefficient d'absorption et de la teneur en eau des gravillons et cailloux.

**AFNOR NF P18-555.** Avril 1980 : Granulats. Mesures des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables.

**AFNOR, NF P 18-572.** Décembre 1990. Granulats - Essai d'usure Micro-Deval.

**AFNOR NF P 18-573.** Décembre 1990. Décembre 1990 Los Angeles.

**AFNOR, NF EN 933-3** mars 1997.– Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats – Partie 3 – Détermination de la forme des granulats – Coefficient d'aplatissement.

**ASTM D5731-08.** Standard test method for determination of the point load strength index of rock and application to rock strength classifications - ASTM 2008c.

**ASTM D7012-07e1.** Standard test method for compressive strength and elastic moduli of intact rock core specimens under varying states of stress and temperatures.

**La norme française NF P 18-545.** (Fév. 2004) Aide au choix des granulats pour chaussées basée sur les normes européennes.

**LCPC-SETRA.** « Guide des terrassements routiers : Réalisation des remblais et des couches de forme ». Guide technique, France, 2000.

## Sites et web :

- [Flexiblelearning.auckland.ac.nz.](https://flexiblelearning.auckland.ac.nz/) (2019). Geology – rocks and minerals. [online] Available at: [https://flexiblelearning.auckland.ac.nz/rocks\\_minerals/rocks/](https://flexiblelearning.auckland.ac.nz/rocks_minerals/rocks/)
- <https://rocks.comparenature.com/en/rhyolite-uses/model-16-7>
- [https://www.lafarge.fr/sites/lafarge.fr/files/atoms/files/lava\\_la\\_pierre\\_ponce\\_par\\_lafarge\\_granulats](https://www.lafarge.fr/sites/lafarge.fr/files/atoms/files/lava_la_pierre_ponce_par_lafarge_granulats).
- <https://www.alexstrekeisen.it/english/vulc/basalt.php>.

# Annexes

## Résultats d'essai de densité

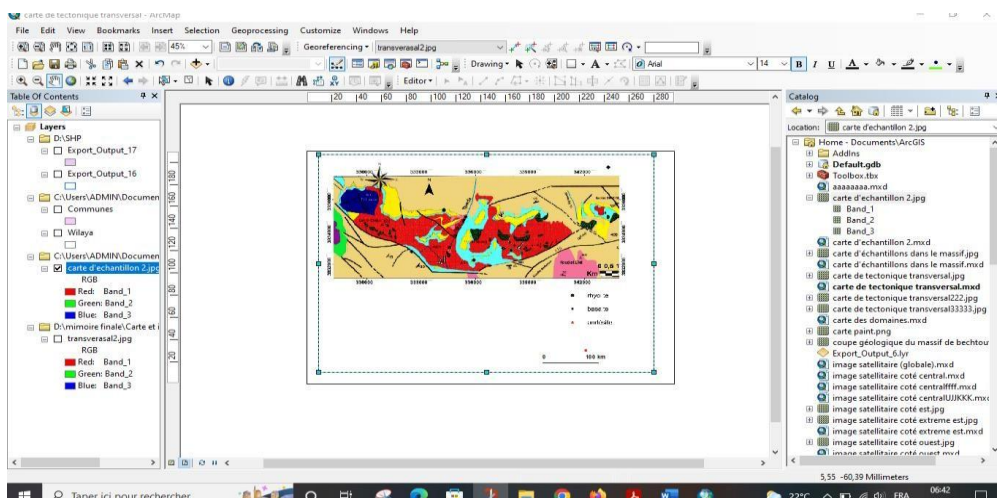
<b>Premier essai</b>							
Echantillons	TB15	TB10	TB11	TB2'	TB1	TB14	TB12
Poids humide + Paraffine (g)	128,88	205,95	177,96	210,32	120,38	70,61	163,14
Poids humide (g)	126,74	202,38	175,27	207,43	115,17	68,95	160,26
Poids paraffine (g)	2,14	3,57	2,69	2,89	5,21	1,66	2,88
Poids de matériaux dans l'eau (g)	79,55	133,60	108,98	127,32	66,96	41,70	100,23
Volume brut (cm <sup>3</sup> )	49,33	72,35	68,98	83	53,42	28,91	62,91
Volume paraffine (cm <sup>3</sup> )	2,37	3,96	2,98	3,21	5,78	1,84	3,2
Volume net (g)	46,96	68,39	66	79,79	47,64	27,07	59,71
Densité humide $\gamma_{h1}$ (t/m <sup>3</sup> )	2,69	2,95	2,65	2,59	2,41	2,54	2,68

<b>Deuxième essai</b>							
Echantillon	TB15	TB10	TB11	TB2'	TB1	TB14	TB12
Poids humide + Paraffine (g)	153,20	160,95	127,33	174,60	189,74	300,49	298,11
Poids humide (g)	151,44	159,32	125,90	172,64	187,38	297,70	295,50
Poids paraffine (g)	1,76	1,63	1,43	1,96	2,36	2,79	2,61
Poids de matériaux dans l'eau (g)	94,93	105,35	78,32	106,78	110,10	177,81	185,70
Volume brut (cm <sup>3</sup> )	58,27	55,6	49,01	67,82	79,64	122,68	112,41
Volume paraffine (cm <sup>3</sup> )	1,95	1,81	1,58	2,17	2,62	3,1	2,9
Volume net (g)	56,32	53,79	47,43	65,65	77,02	119,58	109,51
Densité humide $\gamma_{h2}$ (t/m <sup>3</sup> )	2,68	2,96,	2,65	2,62	2,43	2,48	2,69

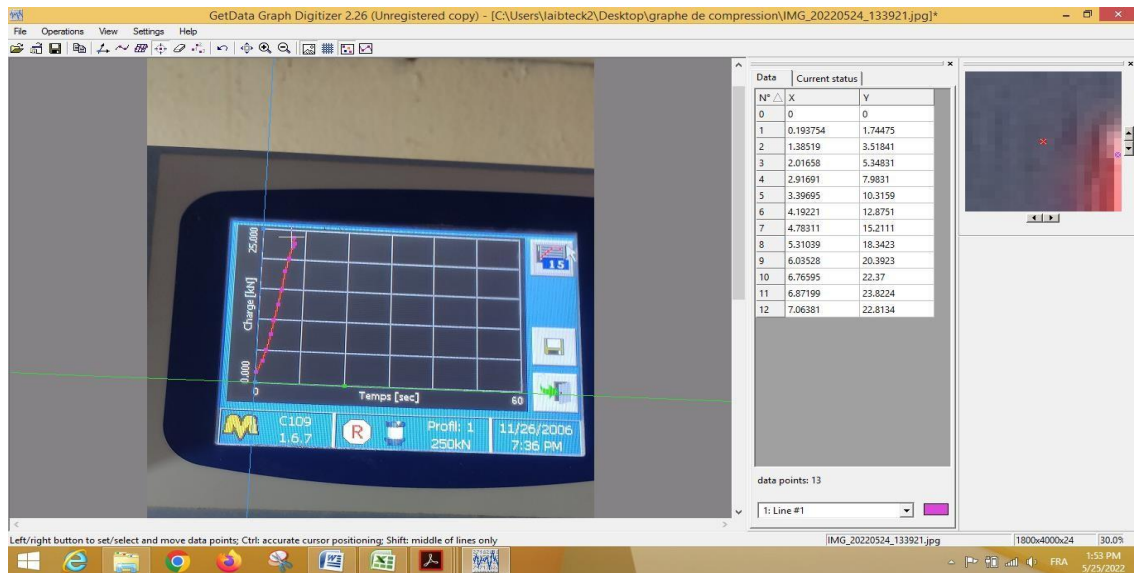
Troisième essai							
Echantillon	TB15	TB10	TB11	TB2'	TB1	TB14	TB12
Poids humide + Paraffine (g)	91,31	99,78	239,53	143,50	54,84	156	128,37
Poids humide (g)	90,20	98,59	237,18	141,52	53,81	154,43	126,67
Poids paraffine (g)	1,11	1,19	2,35	1,98	1,03	1,57	1,7
Poids de matériaux dans l'eau (g)	56,62	65,26	147,46	86,87	31,29	92,11	79,24
Volume brut (cm <sup>3</sup> )	34,69	34,52	92,07	56,63	23,55	63,89	49,13
Volume paraffine (cm <sup>3</sup> )	1,23	1,32	2,61	2,2	1,14	1,74	1,88
Volume net (g)	33,46	33,2	89,46	54,43	22,41	62,15	47,25
Densité humide $\gamma_{h3}(t/m^3)$	2,69	2,96	2,65	2,60	2,40	2,48	2,68



Trajectoire effectuée lors de la sortie sur le terrain tout le long d'oued Temda



Traitement la carte géologique de Bechtout avec Arc Gis



Dessin des courbes sur le programme Getdata



Traitement et description des échantillons prélevés du massif de Bechtout lors de la sortie de terrain



Discussion et débat géologique sur le terrain lors de notre sortie sur le massif de Bechtout