

Etude pétrographique et microstructurale des schistes du massif hercynien de Moulay Bouazza (meseta occidentale, Maroc)

Petrographic and microstructural study of the schists of the hercynian massif of Moulay Bouazza (western meseta, Morocco)

Ammar Oudy⁽¹⁾, Hassane Ouazzani⁽¹⁾, Hmad Bouikbane⁽²⁾, Youssef Ouahzizi⁽³⁾, et Othmane Lamrani⁽⁴⁾,

⁽¹⁾Equipe de Recherches Métallogénie, Matériaux, Minéraux Industriels et Environnement, Minier, Département de Géologie, Faculté des sciences, Université Moulay Ismail- Meknès.

⁽²⁾Laboratoire de Géo-Ingénierie et Environnement, Département de Géologie, Faculté des Sciences de Meknès, Université Moulay Ismail- Meknès.

⁽³⁾Laboratoire des systèmes intelligents, Géorressources et Energies renouvelables, Faculté des Sciences et Techniques, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah – Fès-Sais.

⁽⁴⁾Laboratoire : Sciences et Technologies Avancées (LISTA), Faculté des Sciences Dhar El Mahraz , Université Sidi Mohammed Ben Abdellah – Fès.

Résumé:

Cette étude s'intéresse à la pétrologie métamorphique et l'analyse microstructurale des schistes du massif hercynien de Moulay Bouazza. Or, cette région n'a fait l'objet d'aucune étude métamorphique, soit pour le métamorphisme du contact autour du granite de Moulay Bouazza, soit pour le métamorphisme régional associé à la schistosité au bord de l'accident des Smaâla-Oulmès. L'étude métamorphique s'impose donc afin de mieux maîtriser l'histoire tectono-métamorphique de cette région. Elle constitue un axe d'investigation complémentaire aux études structurale et microstructurale

Mots clés : Pétrologie métamorphique, moulaybouazza, analyse microstructurale, schistosité.

Abstract: This study is interested in metamorphic petrology and microstructural analysis of the hercynian massif shales in the MoulayBouazza. However, this region has not been the subject of any metamorphic study, either for the contact metamorphism around the MoulayBouazza granite, or for the regional metamorphism associated with schistosity on the brink of the Smaâla-Oulmès accident. The metamorphic study is therefore essential in order to better master the tectono-metamorphic history of this region. It constitutes an additional line of investigation to structural and microstructural studies.

Keywords: metamorphic petrology, MoulayBouazza, microstructural analysis, schistosity

Date of Submission: 06-05-2020

Date of Acceptance: 20-05-2020

I. INTRODUCTION

La région de Moulay Bouazza se situe dans la partie centrale du Maroc Central (Termier,1936). Elle est accessible par la route Rabat-Rommani-Ezzhiligua-Moulay Bouazza (figure 1). Dans la région, affleurent des formations paléozoïques métamorphiques recoupées par le granite de Moulay Bouazza (Cailleux et al 1983 ; Boushaba,1996 ;Boushaba et Cailleux, 1988 ;1992 . ; Belfoul et al., 1988 ; Oubbih, 1991 ; Tahiri, 1991 ; Tahiri et al., 2007). Le granite a causé un métamorphisme de contact. La présente étude a été motivée par le constat que nous avons fait du manque d'étude du métamorphisme, soit pour le métamorphisme régional associé à la schistosité au bord de l'accident des Smaâla-Oulmès (Cailleux, 1984; Diot&al., 1987; Tahiri&Hoepffner, 1987; Piqué &Michard, 1989), soit pour le métamorphisme du contact autour du granite de Moulay Bouazza. L'étude a fait appel aux outils de la pétrologie métamorphique et l'analyse microstructurale des schistes de la zone de Moulay Bouazza, le but étant de mieux maîtriser l'histoire tectono-métamorphique de cette région. Parmi les objectifs de cette étude, il faut souligner la détermination des assemblages qui coexistent à l'équilibre et ce, en vue de préciser : a) la succession des assemblages minérales en termes de générations paragénetiques ; b) les zones métamorphiques et le régime barrique associé. Pour ce faire, une analyse pétrographique fine combinée à une étude microstructurale a été réalisée. Une telle étude nécessite, cependant, un plan de référence chronologique qui soit fiable pour bien préciser l'ordre de croissance relatif des différentes phases des assemblages minérales des schistes ardoisiers de Moulay Bouazza. Les roches métamorphiques présentent

généralement de tels marqueurs chronologiques qui correspondent en fait au clivage de crénulation (la schistosité S2).

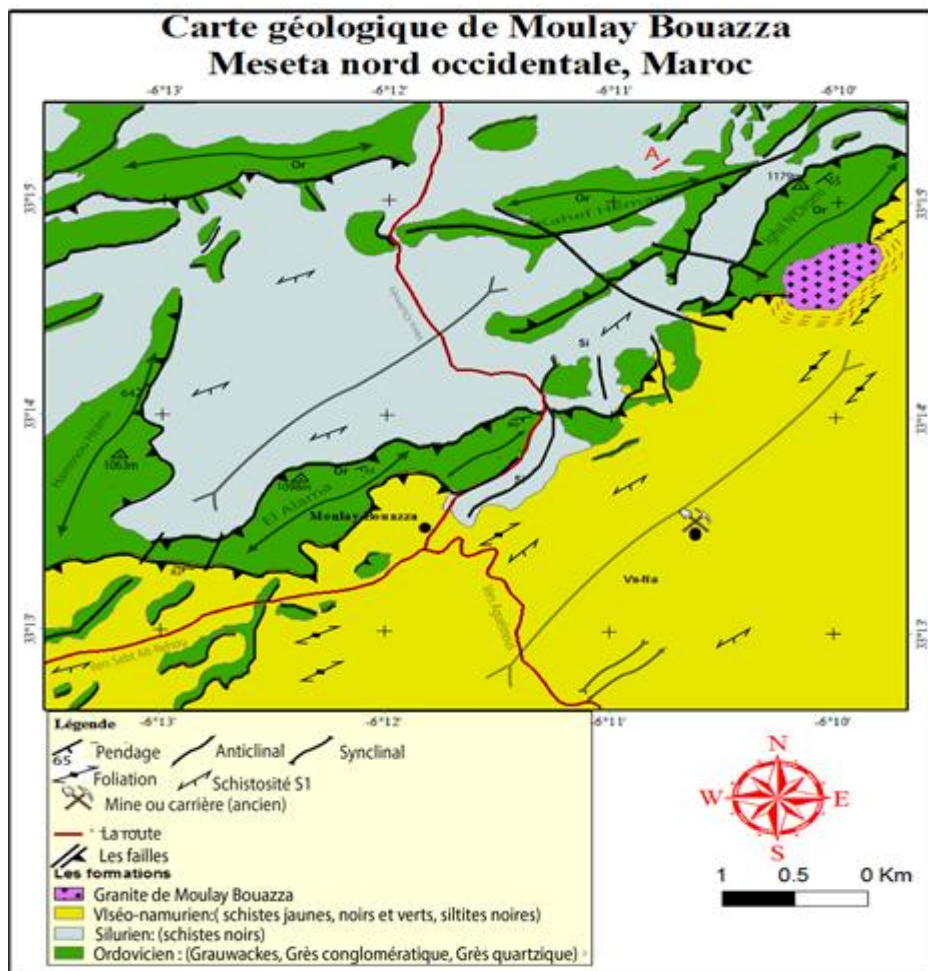


Figure1 : Carte géologique de la région de Moulay Bouazza

II. RÉSULTATS :

Les lames minces étudiées permettent de suggérer l'existence, d'au moins, deux phases de déformation successives. Une première phase (D1), matérialisée par le développement des porphyroblastes de l'andalousite et la variété fibrolitique de la sillimanite. L'andalousite contient des inclusions du chlorite, de la muscovite et des oxydes (minéraux opaques). Les minéraux de cette phase se disposent dans le plan de schistosité S1. Cette phase est marquée également par la croissance des minéraux anté-S2 tels que : l'andalousite, la sillimanite et probablement la staurotide. La deuxième phase de déformation D2 est caractérisée par le développement de la foliation principale S2 à andalousite-sillimanite-biotite-muscovite. Cette phase de déformation D2 est également marquée par le plissement de la foliation S1. A l'évidence, la schistosité S1 (foliation) est associée au métamorphisme régional.

La phase de déformation D2 est responsable au développement de la schistosité principale S2. Le granite de Moulay Bou Azza se caractérise par une mise en place tardi-tectonique (Minéraux thermiques post-tectoniques) dans des terrains déformés par un plissement synschisteux associé à un métamorphisme régional de bas degré. Il ne présente aucune déformation interne corrélable avec celles de l'encaissant (Boushaba .1996)

Dans les schistes de Moulay Bouazza, on distingue trois zones métamorphiques associées à la foliation S1 : zone à andalousite-biotite, zone à sillimanite-biotite et zone à sillimanite. Ces schistes montrent également une zonation des paragenèses métamorphiques associées à la foliation S2. Il s'agit d'une zone à andalousite-biotite-muscovite-chlorite, une zone à sillimanite-andalousite-biotite-muscovite-chlorite et une autre à sillimanite-biotite-muscovite-chlorite-staurotide. Les paragenèses associées aux deux foliations (S1 et S2) montrent un gradient métamorphique croissant vers le centre de Fourehal-Telt.

2.1 Zone à andalousite-biotite-muscovite-chlorite

La première zone des schistes de Moulay Bouazza est caractérisée par la présence des porphyroblastes de l'andalousite de trois générations anté, syn et post-S2. Dans cette zone, l'assemblage minéral associé à la schistosité S2 est composé par la biotite, la muscovite et le chlorite (fig.2).

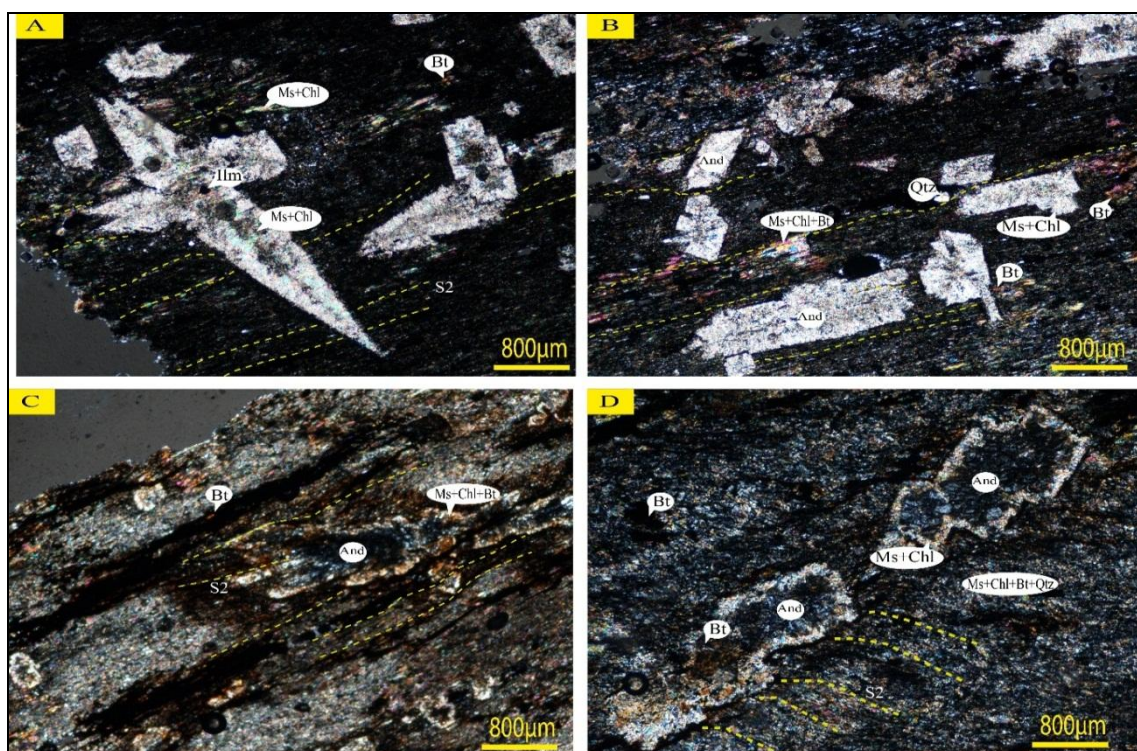


Figure 2: Schistes de la zone à andalousite-biotite-muscovite-chlorite ;A) les porphyroblastes de l'andalousite syn et post-S2;B) l'andalousite anté-S2 moulée par la schistosité S2 discontinue avec S1 ; C) la chlorite, muscovite et biotite syn-S2 moulant un porphyroblaste de l'andalousite ; D) l'andalousite orientée suivant S2 avec la transformation des bords en chlorite.

2.1.1. Andalousite

L'andalousite incolore à grisâtre (Fig. 2D) se présente sous forme de gros cristaux (pouvant atteindre 1cm) auto- à sub-automorphes avec un aspect prismatique (Fig. 2) ou sous forme de baguettes quand il s'agit de sections longitudinales et losangiques dans le cas de sections transversales. elle montre le plus souvent des bordures qui sont complètement ou partiellement déstabilisées. Ces bordures déstabilisées sont matérialisées par des réactions métamorphiques permettant la transformation de l'andalousite en muscovite et chlorite. Très riches en inclusions graphiteuses, elle renferme de plus des inclusions d'ilménite. Elle est moulée par la foliation principale S2 (Fig. 2B). Les porphyroblastes d'andalousite montrent une orientation préférentielle suivant la foliation S2 (Fig. 2B). La foliation S1 piégée dans le minéral, dessinant le plus souvent des alignements droits et parallèles (Tableau 1). Ces fabriques planaires dont la morphologie et les relations avec la foliation S2 sont assez variable, permettent de distinguer trois générations de l'andalousite : une génération anté-S2 caractérisée par des porphyroblastes moulés par la foliation S2 et leur schistosité interne est courbe et discontinue avec la schistosité externe. Une génération syn-S2 montre des porphyroblastes d'andalousite orientés et une génération post-S2 génération post-S2 qui n'est pas orientée et recoupe les deux autres générations. Les cristaux de l'andalousite post-S2 ont probablement une origine de métamorphisme du contact (Fig. 2A).

2.1.2. Biotite

La biotite se présente généralement sous forme des baguettes allongées parallèlement à la foliation S2 (Fig. 2D ; Fig.2C), parfois sous forme de paillettes (porphyroblastes) de taille moyenne de 1 à 2 cm, entourées par des niveaux clairs à quartz et plagioclase de taille micrométrique. Certaines de ces paillettes sont transformées complètement en muscovite et chlorite. Dans cette zone, la biotite est représentée par trois générations : une génération anté-S2, une génération syn-S2 et une autre post-S2. La génération syn-S2 est généralement la plus dominante (Tableau 1).

2.1.3. Muscovite

Elle a une couleur violée et parfois bleue (Fig. 2). Elle se présente sous forme de paillettes, ayant une taille micrométrique, allongées dans la matrice et soulignant la schistosité principale. On la rencontre également comme produit de la déstabilisation de l'andalousite. On la retrouve également comme inclusions dans les porphyroblastes de l'andalousite et de la biotite. Dans cette zone métamorphique, les observations texturales montrent l'existence de trois générations de la muscovite anté, syn et post-S2. La muscovite anté-S2 se présente sous forme d'inclusions dans les porphyroblastes d'andalousite et biotite. Elle renferme à son tour des inclusions de graphite et ilménite. Cette muscovite qui est très rare est synchrones au développement de la foliation principale S2. Elle garde toujours l'orientation préférentielle de la foliation S2.

La muscovite post-S2 semble correspondre au produit de la déstabilisation des porphyroblastes de l'andalousite post-S2. Cette muscovite ne montre aucune orientation préférentielle et parfois elle est sécante sur la schistosité principale S2 (Tableau 1).

| Foliation Minéral | Anté-S2 | Syn-S2 | Post-S2 |
|----------------------|---------|--------|---------|
| Quartz | | | |
| Biotite | | | |
| Andalousite | | | |
| Muscovite | | | |
| Chlorite | | | |
| Ilménite | | | |
| Rutile | | | |
| Graphite | | | |

Tableau 1: Relation métamorphisme-déformation de la zone à andalousite-biotite-muscovite des schistes de Moulay Bouazza

2.2. Zone à andalousite-biotite-muscovite-chlorite-sillimanite

La zone à andalousite-biotite-muscovite-sillimanite est caractérisée par la présence des tâches de l'andalousite dont la taille pouvant atteindre 5 cm et des filaments de la sillimanite (variété fibrolitique). Cette zone est composée également par des petites paillettes de biotite, chlorite muscovite. Dans cette zone, la schistosité principale est soulignée par andalousite, sillimanite, biotite, muscovite et chlorite (fig.3).

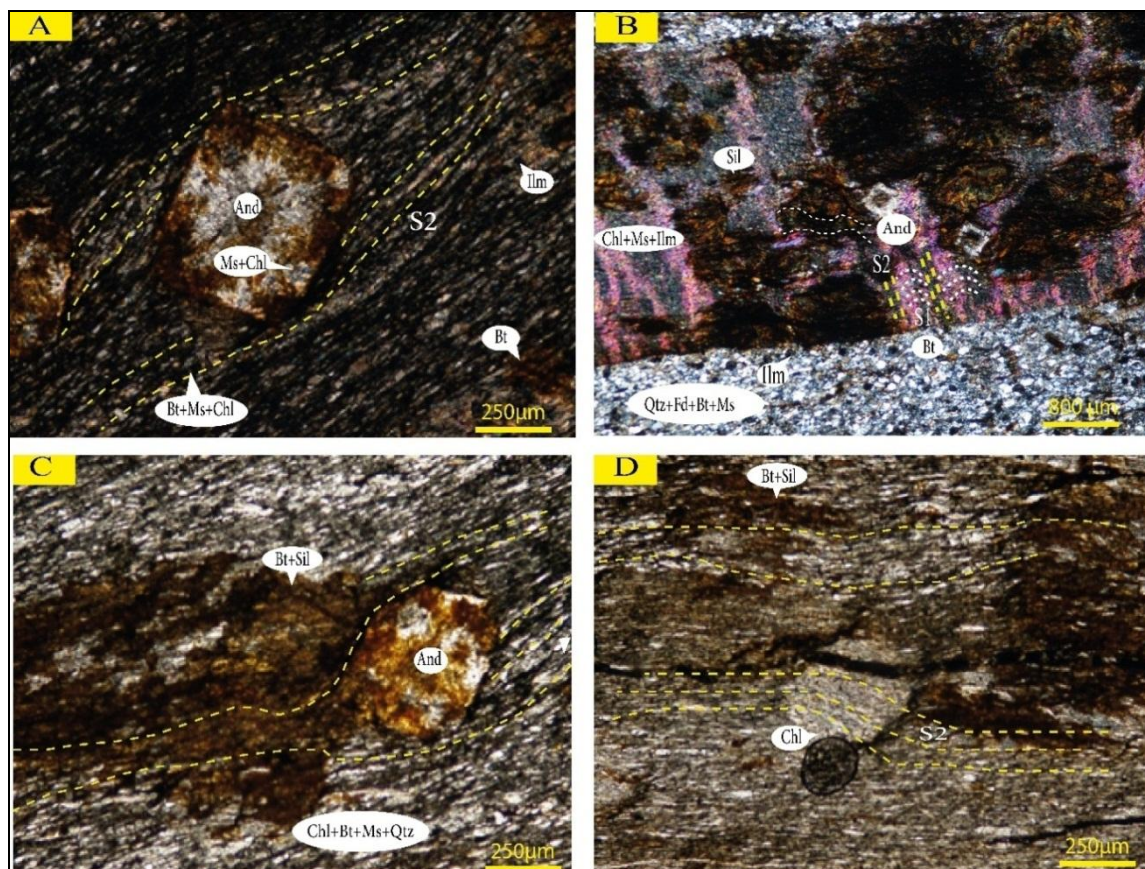


Figure 3: schistes de la zone à andalousite-biotite-muscovite-chlorite-sillimanite ; A) porphyroblaste de l'andalousite anté-S2 ; B) alternance de niveaux clairs et sombres, le porphyroblaste de l'andalousite post-S2 sur la schistosité S2 moulée la sillimanite et la biotite ; C) matrice phylliteuse **riche en** sillimanite et biotite syn-S2 moulant le porphyroblaste de l'andalousite anté-S2 ; D) porphyroblaste de la chlorite syn-S2 avec une schistosité interne continue avec S1

2.2.1.Sillimanite

La zone à andalousite-biotite-muscovite-sillimanite des schistes est relativement riche en sillimanite dont la taille pouvant atteindre 5 mm. Les agrégats de la sillimanite sont de couleur brune (Fig.3A, B et C) ; ils se présentent sous forme des gros cristaux sigmoïdaux (Fig. 3B) et renferment de nombreuses inclusions de natures variées. La sillimanite englobe, avec la biotite et la muscovite, pratiquement toutes les phases de la matrice (ilménite, rutile, graphite, chlorite et andalousite). La variété fibrolitique de la sillimanite souligne avec la biotite et la muscovite la schistosité principale S2. Cette schistosité principale S2 moule les porphyroblastes de l'andalousite. Il faut signaler l'existence, dans cette zone métamorphique, de deux générations de la sillimanitesyn et post-S2 (Tableau 2).La génération synschisteuse montre des plissements de la foliation principale S2, donc elle fait une allure sigmoïdale qui prolonge la foliation de la matrice à l'intérieur des agrégats de la sillimanite (Tableau 2). Certains cristaux de sillimanite sont déstabilisés totalement en muscovite et chlorite. La sillimanite post-S2 est représentée par des agrégats qui pénètrent les cristaux du quartz de la matrice.

2.2.2 .Andalousite

L'andalousite se présente sous forme de gros cristaux losangiques automorphes de taille moyenne de 2-5mm (Fig. 3A et C). Dans cette zone, l'andalousite est caractérisée par l'absence de la déstabilisation de ses bordures. Les porphyroblastes d'andalousite contiennent une grande quantité des oxydes qui occupent la majorité du minéral. Comme dans la zone précédente, la schistosité interne S1 piégée dans le minéral, dessine le plus souvent des alignements droits et parallèles. La morphologie et les relations de ces fabriques planaires avec la schistosité principale S2 sont assez variables. On retrouve dans la zone à andalousite-biotite-muscovite-sillimanite les trois générations anté, syn et post-S2 avec la prédominance de l'andalousite anté-cinématique (Tableau 2).

2.2.3 .Muscovite et chlorite

Ce sont des minéraux qui se concentrent localement dans la matrice. Ils soulignent la schistosité principale S2. On les retrouve également dans les plans de la schistosité interne S1 au sein des porphyroblastes de l'andalousite (Fig. 3).

| Foliation Minéral | Anté-S2 | Syn-S2 | Post-S2 |
|----------------------|---------|--------|---------|
| Sillimanite | ————— | | |
| Biotite | ————— | | |
| Andalousite | ————— | | |
| Muscovite | ————— | | |
| Chlorite | ————— | | |
| Ilménite | ————— | | |
| Rutile | ————— | | |
| Graphite | ————— | | |

Tableau 2: Relation métamorphisme-déformation de la zone 2 des schistes de Moulay Bouazza.

2.3 .Zone à sillimanite-biotite-muscovite-chlorite-staurotide

La zone à sillimanite-biotite-muscovite-chlorite-staurotide se situe à peu près 3 km au Sud-Est de l'ASO. Elle est caractérisée par des tâches macroscopiques de la sillimanite (la taille pouvant atteindre 5cm). L'assemblage minéral principal de cette zone est composé par biotite, muscovite, chlorite et staurotide. On note dans cette zone métamorphique, la croissance de la staurotide au cours de la phase de déformation D2, ce minéral souligne la schistosité principale S2. On remarque également dans cette zone la disparition de l'andalousite (Fig.4).

2.3.1. Sillimanite

Elle est représentée par deux générations, la première génération syn-S2 est matérialisée par la variété prismatique (Fig. 4A). Ses bordures sont transformées en muscovite, biotite et chlorite. Les prismes de cette génération sont allongés dans la matrice soulignant la schistosité principale avec la biotite et la muscovite. Ces prismes contiennent comme inclusions de l'ilménite et du graphite. La fibrolite forme souvent des agglomérats synschisteux (Fig. 4B et D), ceux-ci montrent parfois sur leurs bords quelques fibres de sillimanite qui les recourent et qui pénètrent dans les grains de quartz adjacents. Il s'agit d'une génération de fibrolite post-schisteuse.

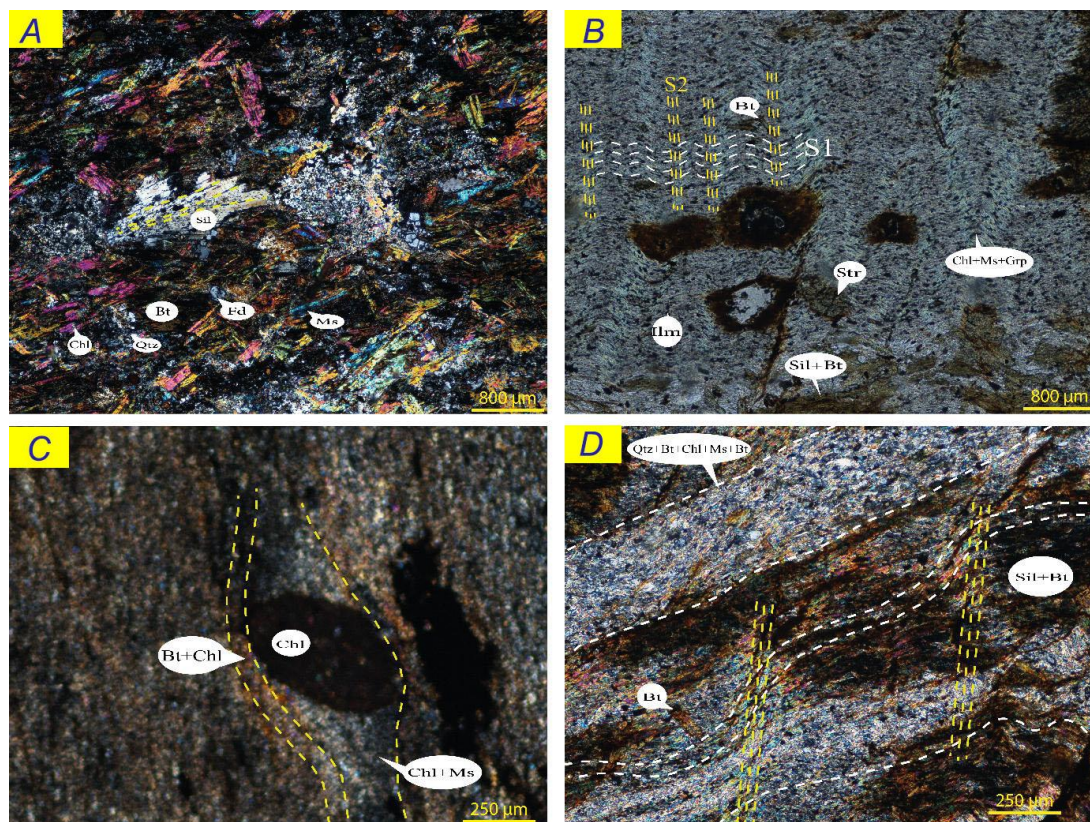


Figure 4 : Schistes de la zone à sillimanite-biotite-muscovite-staurotite ; A) porphyroblaste de la sillimanite syn-S2 au sein de la matrice micacée syn et post-S2 ; B) Staurotite post-S2 ; C) porphyroblaste de chlorite anté-S2 ; D) Biotite et sillimanite anté-S2 et biotite syn-S2.

2.3.2. Staurotite

La staurotite apparaît sous forme des baguettes millimétriques (taille moyenne 2-7mm) de couleur jaune-pâle (Fig. 4D). Ces baguettes sont allongées dans la matrice qui est constituée par les micas et la sillimanite (génération syn-S2). Parfois, les cristaux de la staurotite ne sont pas orientés et recoupent la schistosité principale S2 (sillimanite+biotite+muscovite), ce qui montre qu'il s'agit d'une génération post-cinématique.

2.3.3. Biotite, muscovite et chlorite

Ces minéraux sont syn à post-cinématique. On les retrouve aussi bien dans la matrice (le plus souvent) que comme des inclusions orientées au sein des porphyroblastes (Fig. 4C). Le chlorite se présente sous forme de boudins et contient comme inclusions du graphite et de l'ilménite.

| Foliation | Anté-S2 | Syn-S2 | Post-S2 |
|-------------|---------|--------|---------|
| Minéral | | | |
| Sillimanite | ————— | | |
| Staurotide | ————— | | |
| Biotite | ————— | | |
| Muscovite | ————— | | |
| Chlorite | ————— | | |
| Ilménite | ————— | | |
| Rutile | ————— | | |
| Graphite | ————— | | |

Tableau 3: Relation métamorphisme-déformation de la zone 3 des schistes de Moulay Bouazza.

2.4 Etudes pétrographique et microstructurale de quelques phases minérales communes aux trois zones métamorphiques

Cette partie est réservée à la description de certaines phases minérales dont les caractéristiques pétrographiques sont peu variables à travers les trois zones métamorphiques, et qui sont regroupées dans ce paragraphe afin d'éviter les descriptions itératives. Il s'agit du graphite, de l'ilménite et du rutile.

2.4.1. Rutile

Le rutile se présente généralement sous forme de petits grains xénomorphes de couleur brune-rouge. Il est le plus souvent présent sous forme d'inclusions dans les porphyroblastes de biotite et andalousite anté-S2. Son occurrence dans la matrice est relativement rare.

2.4.2 .Ilménite

L'ilménite est la phase titano-ferrière la plus abondante. On la retrouve aussi bien dans la matrice que comme inclusions dans toutes les générations des différentes espèces porphyroblastiques décrites précédemment. Elle souligne la schistosité S1 et la foliation régionale S2.

2.4.3. Graphite

Le graphite est très abondant dans les schistes ardoisiers du Moulay Bouazza où il est disséminé en fins cristaux xénomorphes soulignant les plans S1 et plus généralement la foliation S2

III. DISCUSSION

Le massif de Moulay Bouazza se caractérise par l'existence de trois zones métamorphiques associées à la schistosité S1 : zone à andalousite, zone à sillimanite-andalousite et autre à sillimanite-staurotide. Les assemblages métamorphiques de chaque zone correspondent à des assemblages syn-pic thermique. Comme les minéraux index andalousite, sillimanite et staurotide montrent une croissance temporellement différentielle en fonction du grade métamorphique, leurs zones métamorphiques correspondantes définissent un gradient métamorphique de terrain. Ce gradient est croissant en allant de la bordure du bassin de Fourehal-Telt vers le centre. Cette séquence paragénetique est associée à un stade de déformation D1 et à une évolution métamorphique prograde déduite de la succession paragénetiques à l'échelle des échantillons individuels.

Le premier stade de déformation D1 est à l'origine du développement de la schistosité S1 et responsable de la genèse des porphyroblastes syn-S1 et leurs inclusions sous des conditions approximatives allant de 3-4 Kbar, 500 °C à 5-6 Kbar et 650 °C avec un gradient géothermique de 20-30°C/Km.

Le deuxième stade de déformation D2 est responsable au développement de la schistosité principale S2. Cette schistosité principale contient des assemblages syncinématiques à andalousite+biotite+muscovite+chlorite à l'Ouest et à sillimanite+biotite+ muscovite+chlorite à l'Est. Ces assemblages minéralogiques sont développés dans des conditions de BP-HT allant de 2-3 Kbar, 550°C à 4-5 Kbar, 700°C.

L'analyse pétrographique fine des lames minces montre que les schistes de Moulay Bouazzas ont été métamorphisés dans le faciès amphibolite pour les deux schistosités S1 et S2. Les paragenèses associées à la schistosité S1 de trois zones métamorphiques appartiennent à un régime barrique de moyenne pression représenté par une évolution métamorphique d'affinité barroviennne.

IV. CONCLUSION

L'étude pétro-structurale et métamorphique du massif de Moulaybouazza nous a permis d'utiliser différentes approches de géologie de terrain et du laboratoire. Il nous a donc été nécessaire de comprendre les relations entre le magmatisme, le métamorphisme et la tectonique.

L'étude du métamorphisme régional nous a permis de déterminer trois zones métamorphiques associées à la schistosité S1 :

- Une zone à andalousite, une zone à sillimanite et à andalousite et une autre à sillimanite et à staurotide. On a là donc un premier stade de déformation D1 qui est responsable du développement de la schistosité S1 et de la genèse des porphyroblastes syn-S1. Nos calculs des conditions approximatives des pressions et des températures ont estimé des valeurs qui varient entre 3-4 Kbar et 5-6 Kbar pour les pressions et de 500 °C à 650 °C pour les températures avec un gradient géothermique de 20-30°C/Km.

- Les assemblages syn-cinématiques à andalousite, biotite, muscovite et à chlorite dans la zone ouest et les assemblages à sillimanite, biotite, muscovite et à chlorite à l'Est du massif. Il s'agit là d'un deuxième stade de déformation D2 qui était responsable au développement de la schistosité S2 qui contient Ces assemblages minéralogiques sont développés dans des conditions de BP-HT allant de 2-3 Kbar et 550°C jusqu'à 4-5 Kbar et 700°C.

L'étude pétrographique nous a donc laissé penser que les schistes de Moulay Bouazza ont été métamorphisés dans le faciès amphibolite pour les deux schistosités S1 et S2 et les paragenèses des trois zones métamorphiques associées à la schistosité S1. Il s'agit d'une évolution métamorphique à affinité barroviennne.

A partir des différentes mesures dans les microstructures tectoniques et leurs traitements par le programme T-Tecto v.3, une analyse des paléochamps des contraintes tectoniques nous a permis de reconnaître trois principales phases de déformation.

- La première phase de déformation D1 est qualifiée de phase Eovarisque, matérialisée par un champ de déformation compatible avec une contrainte compressive principale et maximale orientée ENE-WSW.

- La deuxième phase de déformation D2 est Mésoovarisque. Elle est caractérisée par une direction de raccourcissement entre N150 et N160, sous un régime transpressif.

- la troisième phase de déformation D3 est rattachée à la phase Néovarisque avec une contrainte principale maximale de direction NW-SE contrôlée par un régime transpressif. C'est cette dernière phase namuro-westphalienne qui est probablement marquée les principales évolutions tectométamorphiques du massif de Moulay Bouazza et la mise à l'affleurement du pluton granitique.

REFERENCES:

- [1]. **Boushaba A., (1996).** : Le massif granitique du Ment (Maroc central hercynien) dans son contexte tectono-magmatique régional, et les manifestations hydrothermales associées. Thèse d'état, Lorraine, p 96.
- [2]. **Boushaba A. & Cailleux Y. (1992).**- Les relations métamorphisme-déformation au voisinage des granitoïdes hercyniens du Maroc central. Bull. Inst. Sei., Rabat, no16, p. 15-22
- [3]. **Cailleux Y., Delouche C., Gonord H. & Rolin P. (1983).**- Les zones de cisaillement encisaillement basse Meseta marocaine. P.I.C.G., chaîne calédonno-hercynienne. Symposium, Rabat.
- [4]. **Cailleux Y., Delouche C., Gonord H. & Rolin P. (1984).**- Mise en évidence de deux couloirs de cisaillement dans la zone paléozoïque de Rabat-Tiflet (Maroc septentrional). C. R. Acad. Sei., Paris, 299, II, p. 569-572.
- [5]. **Belfoul A., Oubbih J., Cailleux Y., Bennani A. (1988).** – Les écaillages hercyniens de la région de Moulay Bou Azza (Meseta marocaine septentrionale). Journées géologiques. Ministère de l'Energie et des Mines. Rabat. Maroc.
- [6]. **Oubbih J., (1991)** : Le Maroc central méridional (région de Moulay Bouazza) : Stratigraphie du paléozoïque et tectonique hercynienne. Thèse 3ème cycle, Univ. Mohammed V, Rabat, 158p.
- [7]. https://www.researchgate.net/publication/241050688_L'evolution_tectono-metamorphique_de_la_zone_hercynienne_des_Rehamna_centraux_Maroc
- [8]. **Piqué A. & Michard A. (1989).**-Moroccan hercynides. A synopsis. The paleozoic sedimentary and tectonic evolution at the northern margin of west Africa. Amer. Journ. Sei., vol.289, p. 286-330.
- [9]. **Tahiri A., (1991)** : Le Maroc central septentrional : stratigraphie, sédimentologie ; un exemple de passage des zones internes aux zones externes de la chaîne hercynienne du Maroc. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. De Bretagne occidentale, 215p.
- [10]. **Tahiri A., Simancas J.F., Azor A., Galindo-Zaldivar J., Gonzalez-Lodeiro F., El Hadi H., Martinez Poyatos D.J., Ruiz-Constan A. (2007).** – Emplacement of ellipsoid-shaped (diapiric?) granite: structural and gravimetric analysis of the Oulmes granite (Variscan Meseta, Morocco). J. Afr. EarthSci. 48, pp. 301- 313.
- [11]. **Tahiri A. & Hoepffner Ch. (1987).**- La faille d'Oulmès: cisaillement ductile et tectonique tangentielle, Maroc central hercynien. Bull. Inst. Sei., Rabat, noll, p. 59-68.
- [12]. **Diot H., Bouchez J.L., Boutaleb M. & Macaudiere J. (1987).**- Le granite d'Oulmès (Maroc Central): structure de l'état magmatique à l'état solide et modèle de mise en place. Bull. Soc. Géol. Fr., Paris III, p. 157-168.

- [13]. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01015832/file/Hoeffner_1974_Ph.D._Thesis.pdf
[14]. **Termier H., (1936).** Etudes géologiques sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional. Notes et Mém. Serv. Min. et Carte géol. Maroc, 33, 1566p.
[15]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00770757/document>

Ammar Oudy, et. al. "Etude pétrographique et microstructurale des schistes du massif hercynienne de Moulay Bouazza (meseta occidentale, Maroc)." *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, Vol. 09(05), 2020, PP 07-16.