



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr : ELABOUYI Mustapha

Soutiendra : **31/12/202 à 15H30**

lieu : **Département de Géologie - salle de réunion**

Une thèse intitulée :

Pétrogenèse des roches métamorphiques et anatectiques du complexe granitique de la Haute Moulouya : Implications sur l'orogène varisque du Maroc.

En vue d'obtenir le Doctorat

FD : Ressources Naturelles, Environnement et Développement Durable (RNE2D)

Spécialité : Géosciences et Ressources Naturelles

Devant le jury composé comme suit :

	NOM ET PRENOM	GRADE	ETABLISSEMENT
Président	Pr. NTARMOUCHANT Ahmed	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Directeur de thèse	Pr. DAHIRE Mohamed	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Co -Directeur de thèse	Pr. DRIOUCH Youssef	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Rapporteurs	Pr. TELMO BENTO Dos Santos	PES	Instituto Dom Luiz Universidade de Lisboa Lisbonne - Portugal
	Pr. EL MAZ Abdelkader	PES	Faculté des Sciences - Meknès
	Pr. TEKIOUT Brahim	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
Membres	Pr. HINAJE Said	PES	Faculté des Sciences et Techniques - Fès
	Pr. BELKASMI Mohammed	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès

Résumé :

La chaîne varisque du Maroc comprend de nombreux plutons granitiques composites qui affleurent dans les domaines mésétiens au Nord de l'accident sud atlasique. L'étude pétrogénétique des magmas de type S n'a pas fait l'objet de travaux spécifiques directs au niveau de la Meseta Marocaine compte tenu de leur rareté. Seules les études géochimiques isotopiques ont pu reconnaître l'importance relative de la participation crustale dans la pétrologie des granitoïdes au sens large. Le complexe granitique d'Ahouli-Mibladen, dans la Meseta orientale marocaine, offre une bonne opportunité pour étudier la pétrogenèse des différents types de granitoïdes comprenant des composantes mantelliques et crustales. Ces dernières y sont représentées par un cortège peralumineux bien exprimé comprenant des migmatites, aux leucogranites à deux micas en passant par des faciès intermédiaires de leucogranites à Crd et Grt.

L'analyse pétrologique montre que les réactions de fusion d'un matériel pélitique prennent place par des réactions déshydratation de la biotite qui produit un liquide anatectique peralumineux avec la cordiérite et le grenat comme phases péritectiques. Le grenat présente des profils de zonage complexes, avec un zonage de croissance prograde dans le cœur puis l'évidence d'une résorption suivie d'une recristallisation dans la bordure. La cordiérite péritectique ($X_{Fe} = 0,37$) est associée à la biotite restitue ($X_{Fe} = 0,65$), alors que la cordiérite cotectique abondante ($X_{Fe} = 0,65$) fait partie des paragenèses des granites à Crd (Bt + FK + Pl + Crd + Qtz).

La modélisation thermodynamique par la méthode des pseudosections montre que la fusion par déshydratation de la biotite a eu lieu dans des conditions de faciès granulite (830 à 870 ° C et 6 kbar) produisant une quantité importante du liquide paralumineux. Leur ascension, concomitante à leur évolution par cristallisation fractionnée, et leur mise en place ont conduit à la formation des différents faciès pétrographiques peralumineux de type S d'Ahouli-Mibladen. Nous envisageons un modèle pétrogénétique au cours de l'orogénèse varisque, dans lequel les magmas mafiques de type M dérivés du manteau forment des grands réservoirs à une profondeur de 18 à 20 km, provoquant une augmentation de température isobare et une fusion partielle du protolithe métapélitique environnant.

Les magmas différenciés de types M-I et de type S ont été mis en place simultanément dans une série grésopélitique d'âge attribué au Cambro-Ordovicien. Cette mise en place est plus ou moins synchrone d'une déformation cisailante (phase D2) pendant le Viséen Supérieur. L'encaissant, affecté par un métamorphisme régional de faciès schistes verts (association minéralogique composée de Chl+Mus+Qtz+Pl+FK). La mise en place se traduit au niveau de l'encaissant, préalablement équilibré dans le faciès schistes verts, par un déséquilibre thermique qui est à l'origine du développement d'un métamorphisme de contact de type HT-BP se surimposant au métamorphisme régional. Quatre zones métamorphiques ont été mises en évidence définissant ainsi quatre isogrades qui correspondent aux quatre réactions métamorphiques principales suivantes :

- ❖ la zone à biotite est formée par l'association : Bt+Mus+Chl+FK+Qtz (\pm Pl \pm Grt). La biotite fait son apparition et définit l'isograde correspondant à la réaction monovariante discontinue : $Chl+Qtz+FK+H_2O=Bt+Mus$ (1) ;
- ❖ la zone à Cordiérite est composée de Bt+Mus+Crd+Chl+FK+Qtz (\pm Pl). La réaction formant la Crd s'écrit : $Chl+Bt+Mus+Qtz = Crd+FK+H_2O$ (2)
- ❖ les réactions de la formation des silicates d'alumine définissant successivement les zones à andalousite et à sillimanite et les isogrades des mêmes noms s'écrivent : $Mus+Crd=Bt+And$ (Sill)+Qtz+H₂O (3) et/ou $Mus+Qtz=FK+And$ (Sill)+H₂O (4) et/ou $And=Sill$ (5).

Les résultats obtenus à partir de la construction des pseudosections et de la grille pétrogénétique permettent de mieux préciser les conditions PT de ce métamorphisme de contact. La biotite apparaît à une température de 400°C, la cordiérite entre 500 et 520°C et l'andalousite entre 580 et 600°C. Le champ de stabilité de la paragenèse de la zone à andalousite-sillimanite permet de contraindre la pression entre 2.6 et 2.9 Kb, pression considérée constante pour toute l'aurole de métamorphisme. Ainsi les granitoïdes du complexe d'Aouli Mibladen se sont mis en place à une profondeur de 8.5 à 9.5Km développant une auréole de contact pour des températures variant entre 400 et 625°C.

Ces résultats couplés aux données gravimétriques traitées dans ce travail permettent de proposer un modèle d'évolution du complexe d'Aouli-Mibladen dans le contexte tectonique de l'orogénèse hercynienne. Cette étude permet aussi de soulever des questions relatives à l'âge des protolithes, à l'existence possible d'épisodes métamorphiques prévarisques à la lumière des propositions sur les schémas géodynamiques hérités de l'orogénèse hercynienne.

Mots clés : Varisque, Métapélites, Fusion partielle, Granits Peralumineux, Xénolithes, Grenat, Pseudosections.

PETROGENESIS OF METAMORPHIC AND ANATECTIC ROCKS IN THE HIGH MOULOUYA GRANITIC COMPLEX: IMPLICATIONS FOR MOROCCAN VARISCAN OROGENY.

Abstract :

The Moroccan Variscan belt comprises numerous composite granitic bodies exposed in Moroccan Mesetas north of the South High Atlas fault. Direct petrogenetic studies of S-type magmas, thought to have played a major role in granite petrogenesis, have not been the subject of specific studies in the Moroccan Mesetas due to their scarcity yet. Only Isotope-geochemical studies have recognized the relative importance of crustal involvement in the petrogenesis of granitoids. The Variscan Aouli-Mibladen granitic complex in the Moroccan Eastern Meseta provides an excellent opportunity for studying the petrogenesis and the connexion between M-I-S type granites and their relationships with their Cambro- Ordovician metasediments hosts. This region exposes mainly M-to I-type metaluminous mafic to granitic bodies intimately associated with migmatites and peraluminous S-type anatectic granites. An exceptional xenoliths and garnets cumulate of S-type granite deposit covers an area of ~2 km² located NE of the complex. The S-type suite includes cordierite bearing microgranite dykes and two small two-mica leucogranitic stocks, crosscutting the eastern part of the metamorphic aureole of the complex.

In the peraluminous suite, petrographical and mineralogical analysis shows that biotite dehydration melting reaction produces anatectic melt with cordierite and garnet as the main peritectic phases. Elemental transects and chemical mapping on garnets show a complex zoning profiles. Peritectic garnet exhibits a bell-shaped profile for Mn, Ca and X_{Fe} and reverse bell-shaped profile for Mg and Fe typical of prograde growth zoning. This latter was followed by a dissolution-resorption and reprecipitation episode, with an increase in Mn and Ca, and a decrease in Mg and Fe leading to retrograde garnet rim growth. Three generations of cordierite coexist. Peritectic (X_{Fe}=0.4), cotectic (X_{Fe}=0.6) and retrograde cordierites respectively associated to relict biotite (X_{Fe}=0.65), participating to the coarse grained texture of the granitic matrix (Bt+FK+Pl+Crd+Qtz) and rimming garnet as coronas.

Thermodynamic modelling shows that biotite dehydration melting took place under granulitic facies conditions (830–870 °C and 6 kbar), producing a significant amount of peraluminous melts. Their ascent and emplacement led to the S-type suite of the Aouli-Mibladen complex, including the local xenolith-cumulate deposit. We envisage a petrogenetic model during the Variscan orogeny, in which mantle derived mafic magmas stored in large reservoirs at 20–22–20 km depth, causing isobaric heating and partial melting of the surrounding metapelitic protolith.

Differentiated M-I-type and S-type magmas were emplaced concomitantly with evidences of limited mixing and mingling features that took place during their final crystallization. This emplacement was nearly synchronous with a compressional shearing-deformation (D₂) during the upper Viséan. The hosting rocks previously affected by a greenschist facies regional metamorphism (Chl+Mus+Qtz+Pl+ Kfs) are affected by HT-BP superimposed contact metamorphism. Four metamorphic zones were evidenced defining four isograds corresponding to four main metamorphic reactions:

- The biotite zone is characterized by an overall mineral association: Bt+Mus+Chl+FK+Qtz (\pm Pl \pm Grt) corresponding to the appearance of biotite corresponding to the discontinuous monovariant reaction: Chl+Qtz+FK+H₂O=Bt+Mus;
- The cordierite zone is composed of Bt+Mus+Crd+Chl+FK+Qtz (\pm Pl). The reaction forming Crd is: Chl+Bt+Mus+Qtz = Crd+FK+H₂O;
- The formation of aluminium silicates defining successively the andalusite and sillimanite zones and their isograds corresponding to following reactions: Mus+Crd=Bt+And (Sill)+Qtz+H₂O and/or Mus+Qtz=FK+And (Sill)+H₂O (4) and/or And=Sill (5).

The obtained results, using pseudosections modeling as well as petrogenetic grid calculations, allow to precise better the complex emplacement PT conditions. Biotite appears at a temperature of 400°C, cordierite at 500 to 520°C and andalusite at 580 to 600°C. The stability field of the andalusite-sillimanite paragenesis allows to constrain the pressure at 2.6 to 2.9 Kb, which is considered constant for the entire metamorphic aureole. Therefore, the granitoids of the Aouli Mibladen complex were emplaced at a depth of 8.5 to 9.5 km developing a contact aureole for temperatures ranging from 400 to 625°C after more than 10 km ascent

These results coupled with the gravimetric data provided and interpreted in this work allow to propose a petrogenetic and structural model of the Aouli-Mibladen complex evolution and emplacement in the tectonic context of the Hercynian orogeny that could be extrapolated to the whole mesetas. In addition, This study allows us to bring up major questions concerning the age of the S-type granitic magmas protoliths and the possible existence of pre-variscan metamorphic episode discussed here in the framework of the proposed geodynamic models.

Key Words : Variscan, Metapelites, Partial Melting, Peraluminous granites, Xenoliths, Garnet, Pseudosections.