



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

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

Mr **MALI Brahim**

Soutiendra : **le Mardi 23/09/2025 à 10H00**

Lieu : **FSDM – Centre Visioconférence**

Une thèse intitulée :

«Le volcanisme miocène du Causse d'Ain Leuh : Approche pétrogénétique et géophysique. Implications sur le système de plomberie magmatique sous le Moyen Atlas tabulaire.»

En vue d'obtenir le Doctorat

FD : Ressources Naturelles, Environnement et Développement Durable

Spécialité : Géosciences et Ressources Naturelles

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
BELKASMI Mohammed	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	PES	Président
OUALI Houssa	Faculté des sciences, Meknès	PES	Rapporteur
TEKIOUT Brahim	Faculté des sciences, Dhar El Mahraz, Fès	PES	Rapporteur
BELKACIM Said	Faculté des sciences, Agadir	MCH	Rapporteur
BENTO DOS SANTOS M. Telmo	Faculté des Sciences, Lisbonne	PES	Examineur
DRIOUCH Youssef	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	PES	Examineur
NTARMOUCHANT Ahmed	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse
DAHIRE Mohamed	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	PES	Expert



Résumé :

Les magmas alcalins pauvres en silice occupent une place particulière dans la compréhension de la dynamique mantellique. Ils caractérisent principalement les contextes intraplaques, où l'on découvre toujours des manifestations magmatiques singulières qui leur sont associées. Issus de la fusion partielle de réservoirs mantelliques enrichis en éléments incompatibles et en volatils, ils ont souvent une signature géochimique marquée par l'influence de fluides profonds. Cela reflète des processus d'interaction complexes fluides-roches et/ou magmas-roches, traduisant des échanges dynamiques entre l'asthénosphère et la lithosphère sus-jacente. Les magmas alcalins pauvres en silice sont aussi d'une diversité pétrographique remarquable, incluant les basanites, les leucitites, les phonolites, les mélilitites, les kimberlites et les néphélinites. Ces dernières, sont souvent associées à des volcans monogéniques ou à des petits massifs annulaires. Bien que de taille modeste, les néphélinites ont aussi des caractères pétrologiques remarquables. L'un des caractères singuliers réside dans la présence de faciès néphéliniques à grain grossier et même à texture pegmatitique. Ils sont localisés au cœur de certains édifices volcaniques dont les caractères pétrographiques et pétrologiques généraux contrastent avec les singularités de ces rares néphélinites. Ces roches atypiques ont été découvertes non loin du village de Ain Leuh dans le dôme de Talzast signalé par Termier (1948), ainsi que dans les édifices volcaniques de Si-Mguid et de Tabourite (ce travail). L'évolution et la mise en place de ces néphélinites et des roches associées étant en lien avec l'activité magmatique miocène de la Province Magmatique du Moyen Atlas.

La présente thèse tente de mener une étude multidisciplinaire sur les édifices volcaniques miocènes de Talzast, Si-Mguid et Tabourite dans le causse de Ain Leuh situé dans la partie SW de la Province Magmatique du Moyen Atlas. L'objectif de ce travail est de contraindre les processus pétrogénétiques responsables de la formation et de la mise en place de ces faciès pétrographiques néphéliniques inhabituels, produits de l'activité magmatique de ces trois édifices. Il s'agit de définir leur caractères pétrographiques, minéralogiques et géochimiques, de reconstituer le système de plomberie magmatique sous le causse et de caractériser les sources mantelliques ainsi que les modalités de la fusion partielle des matériaux sources.

Les édifices volcaniques miocènes étudiés présentent une structure concentrique caractéristique, avec un zonage pétrographique de la périphérie vers le centre. La zone externe est constituée d'ankaratrite, variété mélanocrate de néphélinite à olivine présentant une texture microlitique porphyrique. La zone intermédiaire est composée de fasinite, variété de melteigite à grain moyen sans feldspath. La zone centrale est constituée d'ijolite à grain grossier à pegmatitique, appelée talzastite en référence à la région de Talzast. Ces ijolites pegmatitiques sont rares dans la province magmatique du Moyen Atlas. Seulement citées et sommairement décrites par Termier (1948), elles font l'objet dans ce travail d'une étude pétrogénétique exhaustive combinée à l'interprétation des données géophysiques. Ainsi est proposé un schéma d'évolution depuis les régions mantelliques sources jusqu'à la mise en place finale lors de l'épisode volcanique mio-plio-quadernaire majeur du Moyen-Atlas.

L'étude pétrologique a révélé une similitude remarquable des types pétrographiques et de leurs paragenèses minérales dans les trois édifices miocènes étudiés. L'étude aéromagnétique a démontré que ces similitudes pétrographiques sont associées à une connexion en subsurface de l'activité magmatique miocène, qui a conduit à la formation des édifices volcaniques affleurant. L'analyse minéralogique a permis de déterminer les conditions physico-chimiques, thermobarométriques et d'oxydo-réduction de cristallisation des minéraux, révélant un système de plomberie magmatique complexe impliquant des processus de recharge magmatique, de mélange et de la cristallisation fractionnée, qui s'étant déroulé à trois niveaux



structuraux sous le dôme de Talzast (≈ 27 km, ≈ 10 km et ≈ 2 km de profondeur) et quatre niveaux sous l'édifice de Si-Mguid (11,0 km, 8,3 km, 5,7 km et 1,7 km de profondeur).

Les néphélinites du dôme de Talzast dérivent de la fusion partielle à faible degré (0,1–2 %) d'une source mantellique enrichie par des fluides carbonatitiques à l'interface lithosphère-asthénosphère. Cette source a évolué par différenciation magmatique s'étendant des ankaratrites les plus mafiques ($Mg\# = 70,15$) aux talzastites pegmatitiques les plus évoluées ($Mg\# = 47,49$). Ces dernières sont considérées comme les néphélinites les plus différenciées parmi celles issues de l'activité magmatique alcaline de la Province Magmatique du Moyen Atlas et du Jbel Saghro, apportant des éléments nouveaux sur la compréhension des processus magmatiques alcalins intracontinentaux et sur l'évolution des systèmes magmatiques dans le contexte géodynamique du Moyen Atlas marocain.

Mots clés :

Magmas Alcalins, Néphélinites, Texture pegmatitique, Plomberie Magmatique, Géomagnétisme, Géothermobarométrie, fluides carbonatitiques.



MIOCENE VOLCANISM OF THE AIN LEUH PLATEAU: PETROGENETIC AND GEOPHYSICAL APPROACH. IMPLICATIONS FOR THE MAGMATIC PLUMBING SYSTEM BENEATH THE TABULAR MIDDLE ATLAS.

Abstract:

Silica-undersaturated alkaline magmas hold a particular place in understanding mantle dynamics. They are mainly characteristic of intraplate settings, where they are often associated with singular magmatic manifestations. Derived from the partial melting of mantle reservoirs enriched in incompatible elements and volatiles, they often exhibit geochemical signatures marked by the influence of deep fluids. This reflects complex fluid-rock and/or magma-rock interaction processes, indicating dynamic exchanges between the asthenosphere and the overlying lithosphere. Silica-undersaturated alkaline magmas also display remarkable petrographic diversity, including basanites, leucitites, phonolites, melilitites, kimberlites, and nephelinites. The latter are often associated with monogenetic volcanoes or small ring complexes. Despite their modest size, nephelinites possess noteworthy petrological characteristics. One of their singular features lies in the presence of coarse-grained nephelinitic facies, and even pegmatitic textures. These occur in the central zones of certain volcanic edifices, whose general petrographic and petrological traits contrast with the peculiarities of these rare nephelinites.

These atypical rocks were discovered near the village of Ain Leuh, within the Talzast dome first reported by Termier (1948), and also in the volcanic edifices of Si-Mguid and Tabourite (this study). The evolution and emplacement of these nephelinites and associated rocks are linked to Miocene magmatic activity within the Middle Atlas Magmatic Province.

The present thesis aims to conduct a multidisciplinary study on the Miocene volcanic edifices of Talzast, Si-Mguid, and Tabourite, located in the Ain Leuh Causse in the southwestern part of the Middle Atlas Magmatic Province. The objective of this work is to constrain the petrogenetic processes responsible for the formation and emplacement of these unusual nephelinitic petrographic facies, which are products of the magmatic activity of these three volcanoes. This involves defining their petrographic, mineralogical, and geochemical features, reconstructing the magmatic plumbing system beneath the cause, and characterizing the mantle sources and partial melting conditions of the source materials.

The studied Miocene volcanic edifices exhibit a characteristic concentric structure with a petrographic zoning from the periphery toward the center. The outer zone consists of ankaratrite, a melanocratic variety of olivine-nephelinite with a microlitic-porphyritic texture. The intermediate zone is made up of fasinite, a medium-grained feldspar-free variety of melteigite. The central zone consists of coarse-grained to pegmatitic ijolite, referred to as talzastite, named in honor of the Talzast region. These pegmatitic ijolites are rare within the Middle Atlas Magmatic Province. Mentioned and briefly described only by Termier (1948), they are the subject here of a comprehensive petrogenetic study combined with the interpretation of geophysical data. Thus, model is proposed that traces the evolution from the



source mantle regions to final emplacement during the major Mio-Pliocene to Quaternary volcanic episode of the Middle Atlas.

The petrological study revealed a remarkable similarity in petrographic types and their mineral parageneses across the three Miocene volcanic edifices. Aeromagnetic data further demonstrated that these petrographic similarities are associated with a subsurface connection between the Miocene magmatic activities that gave rise to the exposed volcanic features. Mineralogical analyses made it possible to determine the physicochemical, thermobarometric, and redox conditions of mineral crystallization, revealing a complex magmatic plumbing system. This system involved magma recharge, mixing, and fractional crystallization processes that occurred at three structural levels beneath the Talzast dome (≈ 27 km, ≈ 10 km, and ≈ 2 km depth) and four levels beneath the Si-Mguid edifice (11.0 km, 8.3 km, 5.7 km, and 1.7 km depth).

The nephelinites of the Talzast dome derive from low-degree partial melting (0.1–2%) of a mantle source enriched by carbonatitic fluids at the lithosphere-asthenosphere boundary. This source evolved through magmatic differentiation ranging from the most mafic ankaratrites ($Mg\# = 70.15$) to the most evolved pegmatitic talzastites ($Mg\# = 47.49$). These latter are considered the most evolved nephelinites among those resulting from the alkaline magmatism of the Middle Atlas Magmatic Province and the Jbel Saghro. They contribute new insights into the understanding of intracontinental alkaline magmatic processes and the evolution of magmatic systems within the geodynamic context of the Moroccan Middle Atlas.

Key Words:

Alkaline magmas, Nephelinites, Pegmatitic texture, Magmatic plumbing system, Geomagnetism, Geothermobarometry, Carbonatitic fluids.