

ACADÉMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

THÈSE

présentée à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc
pour obtenir le grade de Docteur de Spécialité de SCIENCES DE LA TERRE
Mention GÉOLOGIE APPLIQUÉE

**ETUDE PETROLOGIQUE, GEOCHIMIQUE ET STRUCTURALE
DES TERRAINS CRISTALLINS ANTE - PERMIENS
DU VERSANT SUD DU LEVEZOU (MASSIF CENTRAL FRANÇAIS)
Formation des liquides acides par fusion partielle à haute pression
et contribution à l'origine des complexes leptyno-amphiboliques**

par

Christian NICOLLET

Soutenue le 18 Mai 1978 devant la Commission d'Examen.

JURY :	MM.	M.	MATTAUER	Président
		A.	LEYRELOUP	} Rapporteurs
		C.	DUPUY	
		P.	MATTE	
		D.F.	STRONG	} Invités
		J.P.	BARD	

AVANT - PROPOS

Les recherches présentées dans ce mémoire de thèse constituent une modeste contribution à un programme de recherches plus vaste sur la structure et la pétrologie du Massif Central français et sur la chaîne hercynienne d'Europe. C'est grâce à tous les chercheurs qui travaillent sur ces sujets que j'ai pu mener à bien ce travail ; qu'ils soient tous conscients de ma gratitude.

Qu'il me soit permis de remercier plus spécialement :

- M. le Professeur M. MATTAUER qui m'a accueilli dans son laboratoire,
- A. LEYRELOUP qui est à l'origine de ce travail, qui m'a initié à la pétrologie et avec qui les discussions furent passionnées,
- C. DUPUY et J. VERNIERES qui ont su me montrer l'intérêt de la géochimie quantitative,
- P. MATTE qui m'a fait partager son expérience en tectonique,
- MM. les professeurs W.R. CHURCH (London, Canada), F. BARKER (Denver, U.S.A.), P.H. THOMSON (Ottawa, Canada) et surtout D.F. STRONG (St John, Canada) dont les remarques eurent une importance décisive quant à l'orientation de ma thèse.
- M. le Professeur J.P. BARD qui a accepté de juger ce travail.

Je n'oublierai pas dans cette longue liste mes amis, B. LASNIER et J. MARCHAND (Université de Nantes) dont la compétence en pétrologie et la gentillesse me furent précieuses, M. le Professeur COLLOMB (Alger) qui m'a fait bénéficier de sa connaissance du Rouergue cristallin.

Que tous les techniciens qui ont participé à ce travail soient également remerciés :

- pour les dessins : MM. BOEUF et VIELA,
- pour les lames minces : MM. DERVAL, SANCHE, TEJEDO et VIELA.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I : Pétrologie et tectonique des terrains cristallins anté-permiens du versant Sud du dôme du Lézou (Rouergue, M.C.F.).

CHAPITRE II : Une nouvelle éclogite à disthène et corindon primaires dans les complexes leptyno-amphiboliques du Massif Central français (Lézou, Rouergue).

CHAPITRE III : Pétrologie des niveaux trondhjémiques de haute pression associés aux éclogites et amphibolites des complexes leptyno-amphiboliques du Massif Central français.

CHAPITRE IV : Petrogenesis of high pressure trondhjemitic layers in eclogites and amphibolites from Southern Massif Central, France.

INTRODUCTION

Les quatre articles suivants publiés ou soumis composent cette thèse de 3ème cycle de Pétrologie- Géochimie.

- Pétrologie et tectonique des terrains cristallins ante-permiens du versant Sud du dôme du Lévezou (Rouergue, Massif Central français) soumis au bulletin du BRGM.

- une nouvelle éclogite à disthène et corindon primaires dans les complexes leptyno-amphiboliques du Massif Central français (Lévezou, Rouergue) Bull. Soc. fr. Mineral. Cristallogr. (1977), 100, pp. 334-337.

- Pétrologie des niveaux trondhémiques de haute pression associés aux éclogites et amphibolites des complexes leptyno-amphiboliques du Massif Central français. Can. J. Earth Sci., (1978), 15, vol. 5 en collaboration avec A. LEYRELOUP.

- Petrogenesis of high pressure trondhemitic layers in eclogites and amphibolites from Southern Massif Central, France, in "Trondhemitic, Dacites and Related Rocks". F. Barker (ed.) Elsevier (1978), en collaboration avec A. LEYRELOUP et C. DUPUY.

La région étudiée est située dans la partie Sud du Massif Central : il s'agit du dôme du Lévezou, extrémité orientale du Rouergue cristallin.

L'étude géologique régionale du versant Sud de ce dôme est présentée dans le premier article : elle sert de support à une étude pétrologique plus thématique. Les différents événements tectono-métamorphiques et magmatiques ayant affecté cette région avant le Permien sont décrits et une interprétation géotectonique est proposée.

Les trois articles suivants, plus spécialisés, concernent la pétrologie et la géochimie des roches granulitiques rencontrées en sensa dans le secteur

étudié (éclogite à corindon, niveaux trondhjémiques de haute pression).

L'étude détaillée de ces trondhjémites interlitées dans les éclogites et les amphibolites est particulièrement intéressante pour la compréhension de la genèse, par fusion partielle, des magmas acides. Par ailleurs, elle apporte des contraintes importantes pour les interprétations concernant l'évolution géotectonique du Massif Central français.

Contexte géologique et lithologique : (NICOLLET, 1978).

Le massif du Lévezou forme un dôme de terrains cristallins anté-permiens qui affleurent dans la partie Sud du Massif Central sous la série des schistes et micaschistes de l'Albigeois. Une coupe lithologique faite sur le flanc Sud du dôme où la foliation plonge fortement vers le Sud montre du haut vers le bas les unités suivantes :

- une série de micaschistes et quartzites formant la base de la série de l'Albigeois comprenant des intercalations de porphyroïdes et de métadiabases et traversée par le massif orthogneissique du Pinet.

- une série dite groupe lentyno-amphibolique d'environ 3000 m d'épaisseur comprenant outre les roches basiques à ultrabasiques et les ortholentynites, des gneiss pélitiques et quartzites.

- au coeur du dôme, des gneiss pélitiques parfois migmatitiques.

Ces deux dernières séries sont également traversées par des orthogneiss comparables à celui du Pinet.

L'histoire métamorphique, magmatique et tectonique de cette région s'est faite en plusieurs étapes. Nous les résumerons par ordre chronologique en commençant par les évènements les plus anciens.

Le métamorphisme granulitique (NICOLLET, 1977, NICOLLET, 1978 ; NICOLLET et LEYRELOUP, 1978 ; NICOLLET et al., 1978).

Les roches témoins de ce premier épisode apparaissent en sents dans

dans le complexe leptyno-amphibolique. Il s'agit soit de roches basiques ou ultrabasiques (éclogites, amphibolites de haute pression, gabbros coronitiques, anorthosite à pyroxènes, pyroxénolites, néridotites coronitiques), soit de roches très acides (trondhémities) toujours intimement associées aux metabasites.

La formation des metabasites granulitiques a pu se faire au cours d'un métamorphisme prograde dans certains cas ou au cours d'un métamorphisme rétrograde dans d'autres cas (simple refroidissement à haute pression).

Les trondhémities de haute pression, quant à elles, représentent des liquides issus de la fusion partielle in situ, au cours d'un métamorphisme prograde, soit des amphibolites (faible degré de fusion partielle), soit d'un matériel acide de composition voisine de la leur. Les textures des minéraux des paragenèses initiales de ces roches suggèrent qu'elles ont cristallisé directement à haute pression et haute température ($P \approx 12 \text{ kb} - 20 \text{ kb}$; $T \approx 750^\circ\text{C} - 840^\circ\text{C}$). Les conditions P, T de formation des roches basiques granulitiques encaissantes sont sensiblement les mêmes.

Aucune paragenèse granulitique n'a pu être mise en évidence dans les métapélites du complexe basique, bien que leur présence ait été soupçonnée. De même si un épisode tectonique a vraisemblablement accompagné ces événements métamorphiques, il n'a pas pu être mis en évidence.

Les massifs granitiques orthogneissifiés et leur métamorphisme de contact :

(NICOLLET, 1978).

Les formations granulitiques précédentes sont recoupées (et en enclaves) par toute une génération de massifs granitiques (Pinet, Estalane, Pareloun, etc.), indemne de tout métamorphisme de haute pression.

Ces massifs actuellement orthogneissiques, ont été datés à 450 MA par CANTAGREL et PIBOULE (1972). Toutefois, l'existence d'un métamorphisme régional hercynien a pu modifier les rapports isotopiques de ces roches. Aussi, nous pensons qu'il ne faut considérer cet âge que comme un âge minimum. Le passage en continu, à l'Ouest de la région étudiée, entre porphyroïdes, supposés

Cambrien inférieur par COLLOMB (1964) et orthogneiss du Pinet, suggère fortement une origine comagmatique pour ces deux types de formation et donc un âge voisin, ce qui corrobore la remarque précédente.

La présence vraisemblable de cordiérite et de grenat dans les massifs ^{magmatiques} du versant Sud du dôme du Lévezou, suggère que ces granites se sont formés par fusion partielle de matériel crustal péritique à une pression voisine de 7 Kb.

Ces massifs ont développé une auréole de contact dans la série de l'Albigois dont on observe encore des reliques déformées et rétro-morphosées par les événements tectono-métamorphiques hercyniens.

L'orogène hercynien (NICOLLET, 1978)

Par opposition aux témoins métamorphiques plus anciens, les métamorphites hercyniennes ont une extension régionale.

Une étude microtectonique a permis de mettre en évidence trois phases de déformation :

- la première phase responsable de la foliation d'ensemble initialement sub-horizontale S1 s'accompagne de rares plis couchés de direction N-S.
- la phase 2 se traduit par une schistosité par plis fractures S2 replissant localement S1 et plan axial de plis sub-isoclinaux de direction moyenne NW-SE.
- la phase 3 donne des plis métriques à hectométriques de direction N 100° à plan axial vertical et localement une schistosité de crénulation verticale.

Le métamorphisme hercynien est plurifacial :

- le premier événement est de pression intermédiaire et atteint les conditions de l'anatexie. Il est syn à post tectonique de la phase 1 et est daté à 350 MA (CANTAGREL et PIBOULE, 1971). La succession minéralogique est : chlorite, muscovite, biotite, grenat, disthène, staurotide, sillimanite.

- le deuxième épisode de basse pression, postérieur à la phase 2 et antérieur à la phase 3 (290 MA : CANTAGREL et PIBOULE, 1971) montre la succession minéralogique : biotite, grenat, cordiérite et sillimanite.

La tectonique hercynienne est responsable de la formation du dôme et d'un cisaillement ductile qui affecte le flanc Sud du dôme au niveau de l'orthogneiss du Pinet. Ce cisaillement ductile peut être interprété soit comme résultant d'un chevauchement vers le Sud contemporain de la phase 1 et basculé par les phases tardives, soit plus probablement comme un décollement à composante Sud-Est sénestre entre la série pélitique et les roches plus compétentes du complexe leptyno-amphibolique lors de la phase 2.

Origine des complexes leptyno-amphiboliques et implication géotectonique :

(NICOLLET, 1978 ; NICOLLET et LEYRELOUP, 1978 ; NICOLLET et al., 1978).

La variété et la composition des roches rencontrées dans le complexe basique nous amène à nous poser la question de l'origine de cette formation :

- l'association bimodale acide-basique, la présence d'ultrabasites, de métapyroclastites, l'affinité tholéitique océanique des metabasites (PIBOULE, 1977, etc...) rappellent les ceintures vertes. Nous nous heurtons alors au problème de l'origine de ces ceintures vertes. Cependant, le faciès granulite rencontré dans ces formations est toujours de basse pression et les éclogites y sont jusque là absentes (LAMBERT, 1976).

- on peut supposer aussi que le complexe basique représente une séquence ophiolitique, disloquée et métamorphisée dans une zone de subduction : l'évolution prograde des conditions P, T à laquelle les trondhjémites et les roches basiques associées ont été soumises, est semblable à celle à laquelle on peut s'attendre au cours de l'enfoncement d'une croûte océanique dans une zone de subduction. Ce schéma suppose l'existence d'une croûte océanique dans le Massif Central. Mais la présence du matériel gneissique et migmatitique,

typiquement continental, situé sous le complexe basique pose un problème. Aussi, on pourrait invoquer un mécanisme de subduction continentale comme le propose KROGH (1977) en Norvège : lorsque la croûte océanique a totalement disparu dans la zone de subduction, la marge continentale est entraînée à son tour. PRINCE et KULM (1975) montrent que la croûte océanique peut s'écailler en avant de la zone de subduction. Il n'est donc pas impossible que l'on assiste à l'obduction de telles écailles, mélangées aux sédiments, sur la "croûte continentale subductée" comme l'envisagent MATTAUER et al. (1978).

Les massifs granitiques (orthogneiss du Pinet et du dôme du Lévezou) pourraient provenir de la fusion partielle de cette croûte continentale subductée au cours de la remontée isostatique et dateraient alors la fin du mécanisme de subduction.

Compte tenu de l'âge de ces orthogneiss, ce mécanisme peut être calédonien, si l'âge de 450 MA représente effectivement l'âge de mise en place des granites. Toutefois, nous avons suggéré que cette mise en place pourrait être plus ancienne et la possibilité d'un âge cambrien inférieur supposerait que ce mécanisme soit panafricain. Par ailleurs, il ne peut être antérieur à 1000 MA, si on admet avec BAER (1977) que la formation d'éclogites était impossible avant cette époque, compte tenu du gradient géothermique trop élevé.

Conclusions et perspectives.

La conclusion essentielle de ce travail réside dans la découverte de niveaux trondhjémiques générés par fusion partielle à haute pression et ayant cristallisé in situ sous les mêmes conditions de pression. Cette fusion a pu se faire soit à partir d'amphibolites d'affinité tholéiitique, soit, plus probablement, en deux étapes - (i) fusion des amphibolites produisant une première génération de trondhjémites, - (ii) refusion à haute pression de ce matériel acide. Les roches que l'on observe seraient donc partie de produits de fusion et partie de restites.

Par ailleurs, le métamorphisme de haute pression (M1), localisé dans le complexe leptyno-amphibolique pourrait être généré au cours d'un mécanisme de subduction. Il s'agit là d'une hypothèse de travail. Pour la préciser et pour mieux comprendre la formation de la chaîne hercynienne il serait souhaitable d'étudier en détail ce complexe basique que l'on peut suivre à travers toute l'Europe : cette formation représente-t-elle une seule et même unité lithologique d'âge comparable ? Sa signification, son origine et son évolution sont-elles identiques dans toutes les portions de la chaîne hercynienne ? Ce sont autant de questions qui restent aujourd'hui sans réponses et sans lesquelles il sera difficile de proposer un modèle cohérent pour la chaîne hercynienne.

D'un point de vue général, nous avons vu que les formations géologiques qui se rapprochent le plus des complexes leptyno-amphiboliques sont les ceintures vertes Archéennes et Protérozoïques et les croûtes océaniques (ophiolites). Si les ceintures vertes représentent une croûte océanique précambrienne, le complexe basique pourrait constituer le chaînon évolutif manquant entre cette ancienne croûte et la croûte océanique actuelle.

Bibliographie non citée dans les articles

- BAER, A.J. (1977).- Speculations on the evolution of the lithosphere . Precambrian Res., 5, pp. 249-260.
- PRINCE, R.A. and KULM, L.D. (1975).- Crustal rupture and the initiation of imbricate thrusting in the Peru-Chile Trench. Geol. Soc. Amer. Bull., 86, pp. 1639-1653.