

## Existence d'un épisode métamorphique tardi-hercynien, granulitique de basses pressions, dans le Haut-Allier (Massif Central) : implications géodynamiques

Christian NICOLLET, Mohamed LAHLAFI et Bernard LASNIER

**Résumé** – L'évolution rétrograde des reliques granulitiques des complexes leptyno-amphibolitiques (CLA) du Massif Central: faciès granulite de hautes pressions → pressions intermédiaires → amphibolite, est bien connue. Pourtant, une étude détaillée montre l'existence d'un stade granulitique postérieur au métamorphisme régional dans le faciès amphibolite. Les implications géodynamiques sont discutées.

### Occurrence of a late Hercynian metamorphic event, of low pressure granulitic conditions, in the Haut-Allier (French Massif Central): geodynamic implications

**Abstract** – In the French Massif central, the retrograde evolution of the granulitic relics of the leptyno-amphibolitic complexes: granulite facies of high pressures → intermediate P → amphibolite facies, is well known. However, a detailed study gives evidence of a late granulitic event, after the regional metamorphism of amphibolite conditions. The geodynamic implications are discussed.

**Abridged English Version** – The French Massif Central, a portion of the European Variscan belt, results from the convergence of Baltica and Africa blocks, after closing of two oceanic domains separated by a "median block" (Matte, 1986). Studies conducted on the allochthonous so-called "complexes leptyno-amphibolitiques" (CLA) played a large role in the elaboration of this model. These formations have a contrasting lithology of continental and oceanic origins (e. g. Santallier *et al.*, 1988) and contain relics of HP granulites and eclogites enclosed in IP amphibolite facies rocks. In this paper, we focus our attention on the mafic granulites described by Lasnier (1977) in the Haut-Allier. These rocks show remarkable coronas indicating different stages of retrograde evolution. The aim of our work is to improve on the PT(t) path of this retrograde evolution.

**THE CLA OF THE HAUT-ALLIER AND THE GRANULITIC RELICS.** – In the Haut-Allier, the CLA, 1 to 2 km thick, with a retrograde and anatectic evolution, overthrusts a gneissic para-autochthonous formation which displays a prograde metamorphic evolution (Burg, 1977). Lenses of serpentinite mark the contact between the two units (Marchand, 1988). The regional foliation wraps around the HP granulites, demonstrating that the early megastructures of the HP stage are not preserved. Metabasites have either a tholeiitic or a calc-alkaline affinity (Giraud *et al.*, 1984). Cordierite bearing anatexites with relics occur on the top of the unit (Lasnier, 1977; Marchand, 1974).

**HP GRANULITES AND CORONITIC METAGABBROS.** – The early paragenesis of the HP granulites is: clinopyroxene (Cpx), garnet (Gt), quartz (Q) ± plagioclase (Pl), kyanite, rutile. However, remarkable coronas indicate different stages of the uplift. The main isograd, multivariant reactions between the HP (step A) and the IP (step B) granulite facies are:  $Cpx + Gt + Q \rightarrow Opx + Pl$  (reac. 1) and, when brown hornblende (Hb) is implied

Note présentée par Zdenek JOHAN.

$\text{Cpx} + \text{Gt} + \text{Q} + \text{V} \rightarrow \text{Hb} + \text{Pl}$  (reac. 2). The transition towards the amphibolite facies (step C) occurs by the reaction (3)  $\text{Opx} + \text{Cpx} + \text{Pl} + \text{V} \rightarrow \text{Hb}$  (path I; *fig.*). Coronitic Olivine (Ol) metagabbros are devoid of the HP assemblage and the polymineral coronas surrounding Ol imply the reaction (4)  $\text{Ol} + \text{Opx} + \text{Pl} + \text{V} \rightarrow \text{Hb} + \text{Gt}$  and/or Sp, suggesting a path from stage B to C (path II; *fig.*).

As opposed to these retrograde paths in the CLA, the gneisses of the lower unit followed a prograde history (path III; *fig.*) up to stage C. Then, the two units suffered the same retrograde evolution. These PT(t) paths allow the following geodynamic model to be proposed: the HP event records the end of oceanic subduction and the early stage of collision, whereas amphibolitic conditions occurred during final exhumation. However, this evolution is only roughly defined and should be improved.

EXISTENCE OF A GRANULITIC EVENT (D) AFTER THE AMPHIBOLITE FACIES REGIONAL METAMORPHISM. – Backscattered electron images reveal that the amphibolitic paragenesis is replaced by very fine-scale symplectites involving the following reactions:  $\text{Hb} + \text{Gt} + \text{Q} \rightarrow \text{Opx} + \text{Pl} + \text{V}$  (reac. 5) and  $\text{Hb} \rightarrow \text{Opx} + \text{Cpx} + \text{Pl} + \text{V}$  (reac. 3) in the HP granulites and  $\text{Hb} + \text{Gt} \rightarrow \text{Opx} + \text{Pl} + \text{Sp} + \text{V}$  (reac. 6) in the Ol metagabbros. These symplectites are equilibrated under the LP-IP granulite facies (stage D). Whereas the transition B  $\rightarrow$  C suggests a near isobaric cooling, the transition C  $\rightarrow$  D implies, on the contrary, a decompression during cooling (i) or heating (ii) (*fig.*).

QUANTIFICATION OF THE PT(t) PATH. – PT estimates were carried out using the TWEQU program (Berman, 1991). The maximum pressure calculated from the HP relics of the CLA is 18 kb at 800–900°C (Sansen, 1981). Application of geothermobarometers on coronitic assemblages is difficult because not all the minerals stay in equilibrium. However, a careful study allows an evaluation of the different steps of the retrogression. PT conditions between 12 kb–800°C and 9 kb–750°C are obtained for stage B using the association Opx-Gt-Pl-Q of the metabasites. The conditions of stage C, from which the lower unit and the CLA have the same evolution, are calculated on the parageneses of the lower unit and on the coronitic Ol metagabbro of the CLA: they are around 6–7 kb, 650–700°C. The symplectitic assemblages of the stage D are little developed and the equilibrium between the neocrystals and the minerals of the previous paragenesis is not always reached. Aberrant values are often obtained. However, the assemblage Hb-Opx-Cpx-Pl-Q produced by the destabilization of the Hb, according to reaction 3, gives a coherent result near 4 kb–650°C.

DISCUSSION. – Thermal modelling have been used to establish the relationships between contrasted tectonic environments and thermal evolution (e. g. England and Richardson, 1977). The complex PT(t) path defined in the Haut-Allier could be compared with a model involving three thrusting units with time delay between each thrust (Gillet *et al.*, 1985): if cooling and decompression occurs simultaneously during the CD portion of the path, step D could result from the underthrust of the Africa block beneath the CLA, inducing an efficient screen effect. On the other hand, if T increases during decompression, step D should be contemporaneous of the LP regional metamorphism associated with the post-collisional thinning of the orogen, well known in other parts of the Variscan belt (e. g. Gardien, 1990).

The age of the Ol metagabbros, which are devoid of the HP imprint, is questionable. They could have been emplaced either at the margin of the ocean in the early stage of opening and not subducted, or at the end of the collision, during the LP-HT metamorphism associated with mafic magmatism.

La chaîne varisque dont le Massif Central français est un segment, est interprétée comme étant le résultat de la collision des blocs continentaux Africa et Baltica, après fermeture de deux domaines océaniques (e. g. Matte, 1986). Les études réalisées sur les complexes leptyno-amphibolitiques (CLA), ont largement contribué à l'élaboration de ce modèle. En effet, ces formations allochtones, ont une lithologie contrastée (e. g. Santallier *et al.*, 1988) avec des matériaux continentaux mais également océaniques; elles sont métamorphosées dans les conditions du faciès amphibolite, mais contiennent des reliques, sous la forme de boudins de taille diverse, de granulites de hautes pressions et écloïtes, qui sont des traceurs de l'évolution thermique précoce de la chaîne.

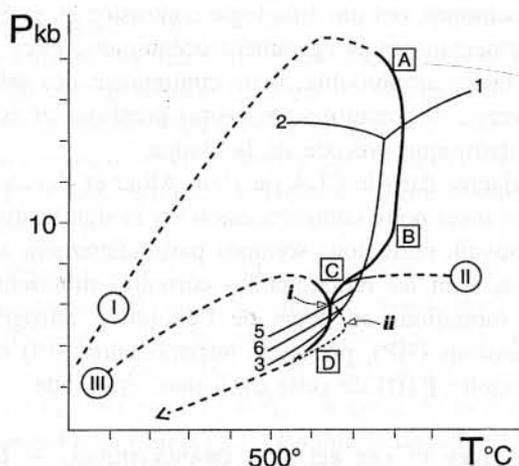
Ces roches sont abondantes dans le CLA du Haut-Allier et l'étude qu'en a fait Lasnier (1977) a largement fait avancer notre compréhension sur la signification géodynamique des CLA. Au cours de ce travail, nous nous sommes particulièrement attachés à l'étude des metabasites granulitiques, dont les remarquables coronites montrent bien les différentes étapes suivies par ces formations au cours de l'évolution rétrograde: faciès écloïte, granulites de hautes pressions (HP), pressions intermédiaires (PI) et amphibolite. Notre but est d'affiner la trajectoire PT(t) de cette évolution rétrograde.

LE CLA DU HAUT-ALLIER ET LES RELIQUES GRANULITIQUES. – La région du Haut-Allier montre le chevauchement du CLA, à évolution rétrograde et anatectique, sur un para-autochtone, à métamorphisme prograde (Burg, 1977), composé essentiellement d'orthogneiss et de gneiss à biotite, feldspath potassique (Fk), sillimanite et rares grenats. Le contact entre les deux unités est jalonné de boules, déca- à hectométriques, de serpentinite (Marchand, 1988). Au-dessus, le CLA, de 1 à 2 km d'épaisseur, a une lithologie variée. Amphibolites, leptynites, orthogneiss, roches carbonatées, gneiss fins alternent en niveaux décimétriques à décamétriques. Au sein de ces niveaux, des reliques pétrologiques de HP: écloïtes, métagabbros coronitiques, granulites basiques de HP, méta-péridotites, parfois à grenat, gneiss à disthène (Ky) et Fk, gneiss à silicates calciques, forment des boudins enveloppés par la foliation régionale, témoignant ainsi de l'absence de mégastuctures précoces préservées, associées au gradient de HP. Amphibolites et reliques basiques granulitiques ont une affinité, soit tholéïtite, soit calcoalcaline (Giraud *et al.*, 1984). La partie sommitale de l'unité est occupée par des anatexites à cordiérite contenant des reliques de HP et péridotites (Lasnier, 1977; Marchand, 1974).

Les metabasites granulitiques présentent des structures coronitiques très bien développées qui permettent de tracer une partie de la trajectoire PT(t) qu'ont suivie ces roches. Nous nous attacherons à décrire deux catégories de ces metabasites: il s'agit des granulites de HP (encore appelées « pyrigarnites ») et des métagabbros coronitiques, qui n'ont enregistré qu'un épisode granulitique de BP-HT.

LES GRANULITES DE HP ET MÉTAGABBROS CORONITIQUES. – Initialement, les granulites de HP sont à clinopyroxène (non jadéitique), grenat (Gt), quartz (Q) auxquels s'ajoutent accessoirement du plagioclase (Pl), du disthène, et du rutile. Cependant, cette paragenèse de HP (stade A) n'est jamais rencontrée et ces minéraux primaires sont systématiquement isolés par des couronnes et symplectites d'orthopyroxène (Opx) et plagioclase. Cette texture implique la réaction multivariante isograde (1) séparant les faciès granulite de HP et de PI:  $Cpx + Gt + Q \rightarrow Opx + Pl$ ; parfois, l'amphibole brune (Hb) peut apparaître dans la symplectite, si cette évolution s'accompagne d'une hydratation  $Cpx + Gt + Q + V \rightarrow Hb + Pl$  (réac. 2) (stade B). Au stade suivant (C), la hornblende envahit la roche au cours d'une évolution dans les conditions du faciès amphibolite,

qui sont celles du métamorphisme régional, conformément à la réaction isograde (3)  $\text{Opx} + \text{Cpx} + \text{Pl} + \text{V} \rightarrow \text{Hb}$  (trajet I; *fig.*).



Trajectoires P-T-t dans le CLA (I: reliques granu-litiques de HP et II: gabbros coronitiques) et dans les gneiss sous-jacents (III); le début des trajectoires (tirets) est hypothétique; réactions 1, 2, 3 (délimitant les faciès granulites de HP, PI et amphibolite), 5 et 6 (calculées à partir de Berman, 1991), stades A, B, C, D: voir texte. Tracés continu et pointillé entre les stades C et D: hypothèses (i) et (ii) discutées dans le texte.

*P-T-t paths in the so-called leptyno-amphibolitic complex (I: HP granulitic relics and II: coronitic metagabbros) and in the underlying gneisses (III) (dashed lines: hypothetical portions); reactions 1, 2, 3 (bounding the HP, IP granulite facies and amphibolite facies), 5 and 6 (calculated according to Berman, 1991), stages A, B, C, D: see text. Solid and dashed lines between the C and D stages: hypotheses (i) and (ii) discussed in the text.*

Dans les métagabbros à olivine coronitique, le péridot persiste rarement au cœur d'un agrégat polycristallin d'Opx, lui-même entouré d'une couronne d'amphibole généralement verte à laquelle s'associe(nt) du spinelle et/ou du grenat. Ces roches ne présentent pas d'évolution précoce dans le faciès granulite de HP, mais montrent une évolution à travers les faciès granulite de BP-PI (stade B) et amphibolite (stade C: trajet II; *fig.*), comme le suggèrent les réactions (4)  $\text{Ol} + \text{Opx} + \text{An} + \text{V} \rightarrow \text{Hb} + \text{Sp}$  et/ou  $\text{Gt}$ .

Ces associations coronitiques complexes ont été interprétées par Lasnier (1977) en terme d'évolution rétrograde, par décompression plus ou moins isotherme, depuis les conditions de HP-HT du stade (A) vers le stade (B), suivi d'une baisse significative de la température entre les stades (B) et (C). Par opposition à cette évolution rétrograde dans le CLA, les gneiss sous-jacents ont suivi une histoire prograde (trajet III; *fig.*) jusqu'aux conditions du stade (C), à partir duquel les deux formations ont une histoire commune.

Les trajectoires PT(t) ainsi définies ont permis de proposer le modèle géodynamique désormais classique suivant: l'épisode de HP, affectant, entre autres, un matériel d'affinité tholéiitique océanique, témoigne du passage de la subduction océanique à la collision; les hautes températures de cet épisode ne sont, en effet, pas compatibles avec celles prévalant au cours d'une subduction océanique, mais elles témoignent du réchauffement lié à la relaxation thermique en début de collision. L'étape dans le faciès amphibolite atteste, elle, la collision et l'exhumation de la chaîne. Cependant, cette trajectoire n'est que grossièrement définie et des études pétrologiques sont nécessaires pour l'affiner, d'autant que l'absence de mégastuctures associées au métamorphisme de HP rend difficile la compréhension de la cinématique de cette collision.

EXISTENCE D'UN STADE (D) GRANULITIQUE POSTÉRIEUR AU MÉTAMORPHISME RÉGIONAL DANS LE FACIÈS AMPHIBOLITE. – Une observation détaillée des coronites montrent la présence de symplectites très fines dont les constituants ne peuvent être reconnus en microscopie optique. Dans les deux types de roches, ces symplectites se localisent au contact grenat-amphibole et dans l'amphibole. L'observation au microscope électronique à balayage montre que, dans les granulites de HP, les symplectites sont constituées d'orthopyroxène et d'anorthite au contact Gt-Hb, impliquant la réaction (5)  $Gt + Hb + Q \rightarrow Opx + An + V$ . La Hb est remplacée par un assemblage à  $Opx + Cpx + An$ , impliquant la réaction (3), mais en sens inverse. Dans les métatroctolites, les symplectites sont à  $Opx, Sp$  et  $An$  (réac. 6:  $Hb + Gt \rightarrow Opx + Sp + An + V$ ). Ces symplectites témoignent des conditions du faciès granulite de BP-PI (stade D), qui sont donc postérieures aux conditions du faciès amphibolite régional (stade C). Alors que la transition  $B \rightarrow C$  suppose un refroidissement significatif, la transition  $C \rightarrow D$  suggère, au contraire, compte tenu des pentes positives de ces réactions, une diminution de la pression. Il n'est, cependant, pas possible de préciser si la température a continué à diminuer (i), ou au contraire, si elle a augmenté durant cette décompression (ii) (*fig.*).

QUANTIFICATION DE LA TRAJECTOIRE P-T(t). – La quantification de la trajectoire est obtenue en utilisant le logiciel TWEEQU, qui permet de calculer tous les équilibres possibles impliqués par un assemblage de minéraux (Berman, 1991). La pression maximale atteinte dans le CLA est estimée, grâce aux granulites de HP (gneiss à Ky, péridotites à grenat, éclogites), à 18 kb pour une température de 800-900°C (Sansen, 1981). L'application des géothermobaromètres sur des roches coronitiques est délicate, car celles-ci ont retenu différentes étapes de leur évolution rétrograde et l'ensemble des minéraux ne sont plus à l'équilibre. Cependant, une étude soignée permet d'évaluer les différents stades de cette rétrogenèse. L'association Opx-Gt-Pl-Q des coronites permet une estimation de P et T du stade B. Cependant, l'équilibre n'est que localement atteint entre les minéraux impliqués au cours de la réaction (1); c'est tout particulièrement le cas du grenat qui est consommé au cours de la décompression entre les stades B et C. Une étude soignée permet, cependant, de situer le stade B aux alentours de 12 kb-800° et 9 kb-750°C. Les conditions de l'épisode C, à partir duquel les deux formations (CLA et para-autochtone) ont une histoire commune, ont été calculées dans les gneiss à Sill-Fk du para-autochtone: elles se situent aux alentours de 6-7 kb et 650-700°C. Le logiciel TWEEQU a été appliqué à l'assemblage coronitique Opx-Hb-Gt-Sp et Pl de la métatroctolite. Cette méthode montre que cet assemblage, qui se situe à la transition  $B \rightarrow C$ , est à l'équilibre et une bonne intersection des différentes réactions est obtenue vers 700°C et 6 kb (avec  $X_{H_2O} = 0,1$ ). Les conditions d'équilibre de l'épisode granulitique tardif (D) sont difficiles à évaluer. Les assemblages tardifs sont trop peu développés, lors de la déstabilisation du Gt au contact de la Hb, pour que les néocristaux soient en équilibre avec le grenat relictuel: les différents thermomètres utilisant ce minéral donnent des évaluations aberrantes ( $T=1000^\circ C$ ). Par contre, la déstabilisation de la Hb au cours de la réaction (3) produit une nouvelle génération de Opx et Cpx qui nous permet d'estimer la température aux alentours de 650°C. Utilisant le logiciel TWEEQU par l'assemblage Hb-Opx-Cpx-Pl-Q, nous obtenons une bonne intersection à 4 kb-650°C (avec  $X_{H_2O} = 0,15$ ), valeurs que l'on considérera comme une estimation moyenne de ce stade (D).

DISCUSSION. – L'étude détaillée des granulites coronitiques du Haut-Allier nous permet donc de dessiner un trajet rétrograde [avec deux variantes (i) et (ii): *fig.*] qui est bien différent des trajectoires régulières, concaves par rapport à l'axe des pressions,

classiquement proposées dans le Massif Central. Depuis les travaux de England et Richardson (1977), de nombreux auteurs ont élaboré des modèles mathématiques afin d'éprouver le contrôle de la tectonique sur l'histoire métamorphique et les effets thermiques au cours de chevauchements successifs. En particulier, Gillet *et al.* (1985) ont modélisé un mécanisme de sous-charriages successifs, avec diachronisme de la mise en place des nappes. Dans le cas d'un modèle de trois unités tectoniques superposées, avec délai de mise en place de l'unité inférieure, les trajectoires P-T calculées pour l'unité intermédiaire ressemblent à la course rétrograde (i) du Haut-Allier (*voir* trajets 1 et 2 de la figure 5 de Gillet *et al.*, 1985). De ce fait, nous pouvons proposer l'interprétation géodynamique suivante : à la fin de la subduction océanique, le début de la collision se caractérise dans le CLA (témoin, au moins pour partie, de la croûte océanique et/ou de la marge passive) par une augmentation de la température, due à l'effet de couverture de l'unité septentrionale chevauchante chaude. Ultérieurement, le sous-charriage du bloc sud sous le CLA, aurait provoqué un effet d'écran thermique, induisant un refroidissement, responsable, dans le CLA, de la trajectoire rétrograde  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ .

Une autre hypothèse peut être proposée pour interpréter la fin de la trajectoire rétrograde si le stade granulitique tardif (D) s'accompagne d'une augmentation de la température [hypothèse (ii), *fig.* : trajet C-D en pointillé]. Cet épisode D pourrait être contemporain de l'épisode métamorphique généralisé de hautes températures et basses pressions, qui caractérise la fin de l'histoire tectono-métamorphique hercynienne. Celui-ci est connu dans les parties profondes (Pyrénées, Zone d'Ivrée) et médianes (e. g. Pilat-Velay) de la croûte hercynienne. L'anomalie thermique qui en est la cause, serait associée à l'extension crustale post-collisionnelle (e. g. Gardien, 1990), accompagnée d'un magmatisme basique intracrustal (à l'origine des abondantes metabasites granulitiques de la croûte inférieure).

Il est intéressant de discuter l'âge de mise en place des métagabbros coronitiques à la lueur des scénarios géodynamiques présentés ci-dessus. En effet, ces roches n'ont pas subi l'épisode de hautes pressions. Ainsi que le notait Lasnier (1977), le CLA est une unité d'origine tectonique qui rassemble des roches aux histoires thermiques contrastées. Il est possible que les métagabbros se soient mis en place sur la marge passive de l'océan ultérieurement subductée, dans un stade précoce de l'ouverture de ce dernier. Ces gabbros et la marge à laquelle ils appartenaient, n'auraient pas été entraînés dans la subduction, mais auraient été ensuite incorporés dans le CLA, durant la collision, avec des roches de HP. Par contre, si le stade granulitique D est un témoin du métamorphisme de BP-HT post-collisionnel, qui s'accompagne d'un magmatisme basique abondant, au moins dans la croûte inférieure, les métagabbros du Haut-Allier pourraient représenter de tels magmas mis en place dans une zone plus superficielle. Pourtant, il n'y a pas de raison particulière pour que ces roches se localisent exclusivement dans le CLA. Aussi, cette hypothèse ne sera pas convaincante tant que l'on n'aura pas trouvé de telles roches en dehors du CLA ou qu'on ne les ait datées.

Contribution CNRS-INSU DBT thème « Dynamique globale » n° 656.

Note remise le 21 juillet 1993, acceptée après révision le 8 octobre 1993.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- R. G. BERMAN, Thermobarometry using multiequilibrium calculations: a new technique with petrologic applications, *Can. Mineral.*, 29, 1991, p. 833-855.
- J. P. BURG, Tectonique et microtectonique des séries cristallophylliennes du Haut-Allier et de la vallée de la Truyère, *Thèse de 3<sup>e</sup> cycle*, Montpellier, 1977, 79 p.
- P. ENGLAND et S. RICHARDSON, The influence of erosion upon the mineral facies of rocks from different metamorphic environments, *J. Geol. Soc. Lond.*, 134, 1977, p. 201-213.

V. GARDIEN, Évolutions P-T et structures associées dans l'Est du Massif Central Français : un exemple de l'évolution thermo-mécanique de la chaîne paléozoïque, *Thèse Univ.*, Lyon, 1990, 168 p.

P. GILLET, P. DAVY, M. BALLEVRE et P. CHOUCROUNE, Thermomechanical evolution of a collision zone: the example of the western Alps, *Terra Cogn.*, 5, 1985, p. 399-404.

A. GIRAUD, J. MARCHAND, C. DUPUY et J. DOSTAL, Geochemistry of leptyno-amphibolite complex from Haut-Allier (French Massif Central), *Lithos*, 17, 1984, p. 203-214.

B. LASNIER, Persistance d'une série granulitique au cœur du Massif Central Français, Haut-Allier : les termes basiques, ultrabasiques et carbonatées, *Thèse d'État*, Nantes, 1977, 352 p.

J. MARCHAND, Persistance d'une série granulitique au cœur du Massif Central Français, Haut-Allier : les termes acides, *Thèse Univ.*, Nantes, 1974, 207 p.

J. MARCHAND, Granulites ou péridotites : marqueurs d'accidents tangentiels distincts dans la chaîne varisque (Massif Central Français et Bretagne méridionale), *Terra Cogn.*, 8, 1988, p. 250.

P. MATTE, La chaîne varisque parmi les chaînes paléozoïques péri-atlantiques, modèle d'évolution et position des grands blocs continentaux au Permo-carbonifère, *Bull. Soc. géol. France*, 1, 1986, p. 9-24.

C. SANSEN, Les pyrigarnites du Haut-Allier ; pétrographie et thermobarométrie, *DEA*, Rennes, 1981, 64 p.

D. SANTALLIER, B. BRIAND, R. P. MENOT et M. PIBOULE, Les complexes leptyno-amphibolitiques (CLA) : revue critique et suggestions pour un meilleur emploi de ce terme, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4, 1988, p. 3-12.

---

C. N. et M. L. : URA n° 10, Département de Géologie, 5, rue Kessler, 6300 Clermont-Ferrand, France ;

B. L. : Laboratoire de Gemmologie, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes, France ;

M. L. : adresse actuelle : CRSCM, 1a, rue de la Ferrollerie, 45071 Orléans Cedex 02, France.