

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/257921314>

Les complexes Leptyno Amphiboliques : définitions et implication

Article in Bulletin de la Societe Geologique de France · January 1988

CITATION

1

READS

465

4 authors, including:



R.-P. Ménot

Université de Lyon @ Saint Etienne

158 PUBLICATIONS 2,742 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Michel Piboule

University of Grenoble

175 PUBLICATIONS 1,701 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



GEOLETA - Geology of the Terre Adélie Craton, East Antarctica [View project](#)



Variscan Evolution in the Alps [View project](#)

Les complexes leptyno-amphiboliques (C.L.A.) : revue critique et suggestions pour un meilleur emploi de ce terme

par DANIELLE SANTALLIER *, BERNARD BRIAND *,
RENÉ-PIERRE MÉNOT ** et MICHEL PIBOULE ***

Mots clés. — Chaîne paléozoïque, Lithologie, Géochimie, Evolution tectono-métamorphique.

Résumé. — La notion de complexe leptyno-amphibolique a beaucoup évolué depuis sa création en 1961. Suivant les auteurs, elle peut être purement descriptive et lithologique, ou bien prendre l'un des sens suivants : (1) association de roches acides (para- ou ortho-dérivées) et basiques avec reliques de haute pression ; (2) association magmatique bimodale ; (3) formation caractéristique des zones mobiles des orogènes comprenant des sédiments terrigènes immatures et les produits du magmatisme basique de distension associé ; (4) marqueur tectonique soulignant des accidents crustaux majeurs. Il apparaît donc extrêmement dangereux d'assimiler les uns aux autres les différents C.L.A. décrits par des auteurs différents comme le montre bien l'exemple de la série métamorphique du Limousin.

The so-called leptynitic-amphibolitic complexes (L.A.C.) : a critical review and some suggestions for a better use of such a concept

Key words. — Paleozoic orogen, Lithology, Geochemistry, Tectonometamorphic evolution.

Abstract. — The French concept of the so-called leptynitic-amphibolitic complexes was created by Forestier in 1961. Originally, it was purely descriptive and applied to bimodal acid-basic associations in high grade metamorphic series of the Massif central, commonly associated with minor amounts of carbonates and garnet peridotites. Since then, several aspects have been emphasized by successive authors : (1) the associated basic and ortho- or paraderived acid rocks must contain relict high-pressure assemblages such as eclogites and/or HP granulites ; (2) the L.A.C. are bimodal magmatic series affected by at least one metamorphic event of variable intensity. Initially, they were mostly tholeiites and are generally interpreted as indicators of extensional processes ; (3) the L.A.C. are typical of orogenic mobile zones. They comprize terrigenous detritals such as greywackes, associated with the basic magmatic products of the cognate extensional event ; (4) the L.A.C. are litho-tectonic formations emphasizing major ductile deep-seated shear-zones. Consequently, the L.A.C. are no longer precisely defined and any attempt to do using a single criterion can lead to erroneous geological interpretations. This is exemplified by the various L.A.C. already described in the western Massif central.

Il semble que la notion de complexe leptyno-amphibolique (C.L.A.) soit d'origine française et employée essentiellement pour des formations appartenant à la chaîne paléozoïque. Historiquement, l'inventeur en est Forestier qui, en 1961, donne la définition suivante de ce qu'il appelle le C.L.A. brivadois : formation complexe dans laquelle deux catégories de roches sont étroitement associées : basiques et ultrabasiques d'une part, acides d'autre part (leptynites). Les roches basiques ne sont pas toujours présentes. Sur le terrain l'ensemble du groupe apparaît intimement associé aux gneiss à biotite et sillimanite. L'ensemble des roches acides et basiques représente selon toute probabilité une série de roches éruptives volcaniques pour la plupart, qui ont subi le métamorphisme général dans la « zone des gneiss inférieurs » (terme employé par Forestier dans le sens que lui ont donné Jung et Roques en 1952). L'auteur parle également à ce sujet d'activité volcanique géosynclinale contemporaine du dépôt d'une puissante série argileuse.

Nous avons là une première définition purement lithologique d'un C.L.A. Des descriptions comparables ont été par la suite données pour diverses régions de France, bien que référence aux C.L.A. ne soit pas toujours explicitement faite. Citons par exemple les travaux de Collomb [1970] pour le Lévezou (roches acides, basiques et ultrabasiques y sont associées à des paragneiss et des cipolins), Forestier [1971] pour le Nord du Massif central (il met

alors l'accent sur la présence de granulites, écolites et péridotites dans les C.L.A.). Chenevoy [1975] et Tutusaus [1979] insistent sur le fait que si le C.L.A. du Vivarais comporte bien des roches acides, basiques et ultrabasiques, l'essentiel en est constitué par d'anciens sédiments détritiques. Par ailleurs, de nombreuses associations bimodales d'extension souvent très locale ont été décrites ici ou là, qui ont été parfois comparées à tort ou à raison aux C.L.A. Citons par exemple : Chenevoy [1958] et Piboule [1979] pour les formations litées acides et basiques de la vallée de la Gartempe en Haut-Limousin ; Santallier et Floc'h [1978] et Guillot [1981] pour des ensembles bimodaux mésozonaux et épizonaux en Bas-Limousin (massif du Suquet, formations de Vergonzac et de Puytinaud-Gengireau) ; Bodganoff [1980] pour le massif de l'Argentera-Mercantour ; Fluck [1980] pour le « groupe varié » de la série des gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines dans les Vosges moyennes ; Quenardel et Rolin [1984] pour l'unité d'Eguzon dans la série du plateau d'Aigurande. Les principaux

* UCBL, CST, 27-43 Bd 11 Novembre, 69622 Villeurbanne cedex.

** UER Sciences, Lab. Géologie, 23, rue Dr. Michelon, 42023 Saint-Etienne cedex.

*** Univ. Grenoble 1, Inst. Dolomieu, rue M. Gignoux, 38031 Grenoble cedex.

Note présentée à la séance des 27-28 octobre 1986, déposée le 8 décembre 1986 ; manuscrit définitif accepté le 28 avril 1987.

ensembles de type C.L.A. actuellement reconnus dans le domaine varisque de France ont été regroupés sur la carte de la figure 1. Leurs caractéristiques, telles qu'elles sont actuellement reconnues ou proposées dans l'orogène paléozoïque français, sont regroupées dans le tableau I.

A la suite des travaux de Forestier [1961, 1964 et 1971], certains auteurs mettent l'accent sur tel ou tel aspect des C.L.A. qui leur apparaît essentiel. On aboutit ainsi à un éventail de conceptions de ces formations qui s'éloignent de plus en plus de la définition originelle d'une part, et les unes des autres d'autre part.

Une première ligne de pensée a consisté à souligner la présence systématique de reliques de haute pression dans les C.L.A. Cet aspect est un héritage direct des travaux de Forestier et de l'école nantaise. Ce sont les études de Lasnier [1968] dans les monts du Lyonnais ; Lasnier *et al.* [1973] dans la région nantaise ; Marchand [1974] et Lasnier [1977] en Haut-Allier ; Burg [1977] en Haut-Allier et dans la vallée de la Truyère ; Nicollet [1978] dans le Lévezou ; Godard [1981] en Vendée ; Bard et Caruba [1981] dans les Maures ; Suire [1982] dans l'Artense ; Mathonnat

[1983] dans le Cézallier ; Dufour *et al.* [1985] dans les monts du Lyonnais ; Palagi *et al.* [1985] en Corse. Tous les auteurs précédents s'accordent à souligner la rétro-morphose plus ou moins importante subie par la plupart des reliques de haute pression. Cette rétro-morphose s'est effectuée dans les conditions mésozonales ou catazonales d'un métamorphisme de type intermédiaire. Elle s'accompagne généralement de déformations pénétratives importantes liées à ce que les différents auteurs appellent « chevauchements du C.L.A. » (cas du Haut-Allier : Burg [1977], Burg et Matte [1978] et de la série du Lot : Briand [1978], Briand and Gay [1978] et Pin [1979]) ou « écaillages crustaux profonds » (cas du complexe de Champtoceaux : Marchand [1981]). Rappelons que la plupart des travaux cités ont insisté sur la liaison systématique des séries de haute pression rétro-morphosées et des péridotites à grenat [Forestier, 1971]. En particulier, une telle liaison plus ou moins étroite se retrouve dans le Haut-Allier, les monts du Lyonnais et les Vosges. Elle a également été récemment signalée dans le complexe de Champtoceaux [Marchand, 1986].

Une autre voie d'approche consiste à insister sur le caractère de magmatisme bimodal que l'on rencontre dans presque toutes les descriptions de C.L.A., en négligeant alors leur composante paradérivée. C'est l'époque « Géochemie » qui correspond plutôt aux années 1980. D'abord à partir des éléments majeurs, puis à l'aide des éléments traces, enfin par le biais de la géochimie des isotopes, chacun s'efforce de définir le contexte géotectonique originel des associations bimodales. Nous retiendrons par exemple : Montigny et Allègre [1974] : les écolites de Vendée représentent une ancienne croûte océanique ; Nicollet [1978] et Nicollet et Leyreloup [1978] : le C.L.A. du Rouergue correspond à une ancienne séquence ophiolitique et peut même être comparée aux ceintures vertes archéennes. Toujours à propos du Rouergue, Piboule [1979] : le C.L.A. s'est formé dans un site de bassin marginal à un stade précoce ou de proto-rift en domaine continental ; Briand et Piboule [1979] et Piboule et Briand [1985] : les metabasites de la série de Marvejols correspondent à un magmatisme tholéitique de type arrière-arc ; Tutusaev *et al.* [1980] : le C.L.A. du Vivarais s'est aussi formé dans un site de bassin marginal ; Bernard-Griffiths et Jahn [1981] : le massif écolitique de Sauviat en Haut-Limousin présente tous les caractères d'un magmatisme intra-plaque ; Suire [1982] : les amphibolites de l'Artense appartenaient à une série essentiellement volcanique et s'apparentaient les unes à des MORB, les autres à des komatiites basaltiques ; Giraud *et al.* [1984] : les amphibolites du Haut-Allier sont d'anciens basaltes de type arrière-arc ; Lancelot *et al.* [1984] : mise en place d'un magmatisme intraplaque (granites alcalins et magmatisme bimodal des C.L.A.) lors d'un épisode majeur de distension crustale au Paléozoïque inférieur ; Bernard-Griffiths et Cornichet [1985] : les écolites de Bretagne méridionale représentent bien une ancienne croûte océanique. Il apparaît cependant une certaine incertitude sur la nature exacte (volcanisme ou plutonisme ?) des protolites [Cabanis, 1983 ; Stussi *et al.*, 1987]. On y trouve en effet des matériaux fort variés :

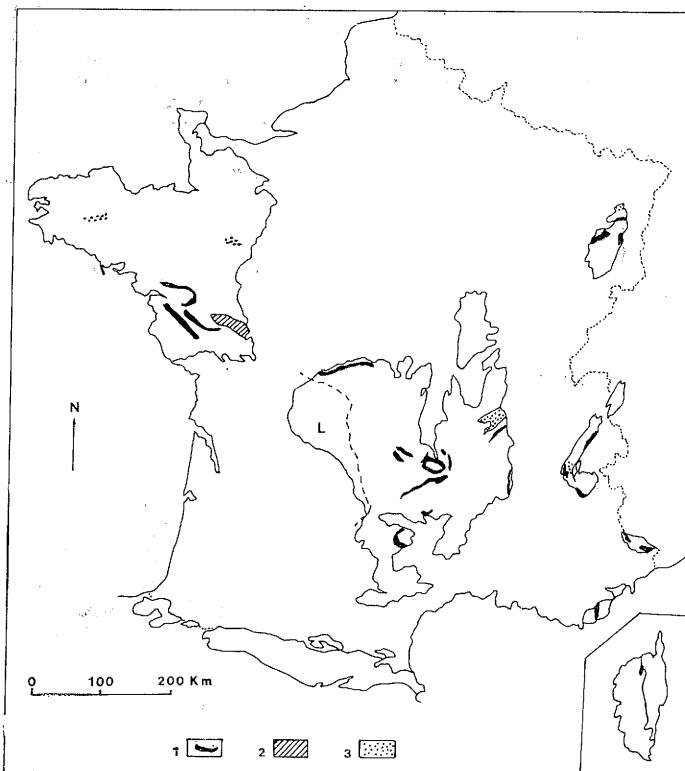


FIG. 1. — Les principaux C.L.A. actuellement reconnus ou proposés dans la chaîne paléozoïque française, exception faite du Limousin (L) qui est considéré en détail dans les figures 2, 3 et 4. — 1 : protolites cambro-ordoviciens ; 2 : protolites siluriens ; 3 : protolites dévono-dinantien.

FIG. 1. — The main L.A.C. described or suspected till now in the French Paleozoic orogen. The western Massif central area (L) has not been taken into account (cf. fig. 2, 3 and 4). — 1 : Cambro-Ordovician protoliths ; 2 : Silurian protoliths ; 3 : Devono-Dinantian protoliths.

Localisation	Magmatisme	Age protolite	Degré métamorphisme	Age(s) métamorphisme	Composante sédimentaire	Ultrabasites associées
Haut-Allier + Cézallier	A (CA) B (Th) UB	464 M.A.	Catazonal puis Mésozonal	Silurien (432 M.A.) puis Dévonien	Pélites, Gneiss, Feldspaths et Marbres	Péridotites à grenat
Rouergue	A+B+UB Océan.+ rift et/ou arr. arc + CA	Ordovicien ?	Catazonal et Mésozonal	Silurien (450 M.A.) puis Carbonifère inf.	Greywackes + Cipolins + Quartzites + Volc. séd.	Cumulats
Vivarais	A (Alc) B (Th) UB back-arc		Catazonal puis Mésozonal		Détritique	Cumulats ?
Monts du Lyonnais	A + B (Th) affinités continentales	500 M.A.	Catazonal puis Mésozonal	Silurien puis Dévonien	Paraagneiss	Péridotites à grenat
Vosges	A + B (dont Sp-Ker) (CA)	Pal. inf.	Catazonal	Silurien ? puis Dévonien ?	Gneiss KK + Cipolins	Péridotites à grenat
Vendée	A + B (Th océan.) + UB	485 M.A.	Catazonal puis Mésozonal	436 M.A.		
Maures	A + B (Alc = rift contin. et/ou Th océan. et arc) + UB	516-495 M.A.	Mésozonal (+ reliques catazonales à l'Est ?)	Dévonien ou Dévoniens	Sed. matures (W) et Greywackes (E)	Cumulats
Artense	A (CA+Alc) + B (Th _{Mg})	587 M.A. ? (ou 503 M.A.)	Mésozonal/Catazonal	503 M.A. ?	Volc. séd.	
Corse	A + B	Pal. inf. ?	Catazonal puis Mésozonal puis Epizonal	Pal. inf. ?	Gneiss fins + Quartzites	
Marvejols	A (back-arc) + B (Th océan.) + UB (ou "Int.Pl."s.l.)	480 M.A.	Catazonal puis Mésozonal	415 M.A.	Pélites + Greywackes	Cumulats
Choletais	A + B (Int. Pl.)	435 M.A.	Epi/Mésozonal	Dév. et/ou Carbonifère inf.		

Localisation	Magmatisme	Age protolite	Degré métamorphisme	Age(s) métamorphisme	Composante sédimentaire	Ultrabasites associées
Beaujolais	A+B (dont Sp-Ker) Int. Pl. Th océan. + UB	350/360 M.A.	Epi- + Mésozonal	340 M.A.	Silts + Volc. séd.	
Belledonne SW Chamrousse	A Plagiogranite B E-N MORB	486 M.A.	Mésozonal	360(?) - 330 M.A.	Volc. séd.	Cumulats ophiolitiques
Rioupérourx Livet	A Granite sodique B E-N MORB	365 M.A.	Epi-/Mésozonal	360(?) - 330 M.A.	Pélites et Greywackes	
Belledonne E	A ? B Thol	Paléozoïque inf. à Précambrien sup.	Catazonal puis Mésozonal	360(?) - 330 M.A.	Greywackes	Cumulats
Argentex-Mercantour	A+B		Catazonal puis Mésozonal	Silurien puis Dév. ? ou Carb. inf. ?	Gneiss + Marbres + Quartzites	
Limousin Gartempe Vergonzac Le Suquet	A+B (CA)		Mésozonal	Dévonien	Volc. séd.	
Puytinaud-Gengireau	A+B (Ca)		Epizonal	Dévonien	Volc. séd.	
Thaurion-Sauviat	A+B (CA+Int.Pl.)	520 M.A.	Catazonal	Silurien puis Dévonien		Cumulats
Un. Sup. Gneiss	B (Th) A+UB (cont.+océan.)	Ord. ?	Catazonal puis Mésozonal Catazonal puis Mésozonal	Silurien puis Dévonien Silurien puis Dévonien	Greywackes	Ophiolites ?

TABLE I. — Caractéristiques des différents C.L.A. actuellement reconnus en France.

TABLE I. — Characteristics of the various L.A.C. described in France till now.

anciennes roches laviques, filoniennes ou plutoniques, aussi bien acides que basiques, ainsi que des termes volcano-sédimentaires très fréquents. Le caractère hétérogène est bien évidemment renforcé par le fait que tous ces matériaux ne sont pas de même âge (fig. 1).

Une certaine dérive à partir de la définition originelle des C.L.A. se fait bientôt jour à travers les études géochimiques. Les travaux cités ci-dessus s'appliquaient encore à des associations bimodales à reliques de haute pression. Certains auteurs, allant encore plus loin et de façon peut-être abusive, se sont également intéressés à des associations bimodales dépourvues de telles reliques. Quelques-unes de ces formations sont encore mésozonales, par exemple celles des Maures centrales où Seyler et Boucarut [1979] et Seyler [1983, 1986] décrivent un magmatisme bimodal alcalin symptomatique d'un site distensif mis en place dans une croûte continentale. Les auteurs n'y signalent pas de reliques d'éclogites. Il semble donc que la série des Maures centrales s'oppose en cela à celle des Maures orientales dans laquelle Bard et Caruba [1981] décrivent effectivement de telles reliques. Dans ces conditions, il apparaît hasardeux d'étendre aux protolites des éclogites les résultats acquis par Seyler et Boucarut [1979] et Seyler [1983, 1986] sur les C.L.A. des Maures centrales. Une association bimodale d'âge silurien inférieur existe dans le Choletais (fig. 1). Cette série, qui est affectée par une déformation et un métamorphisme associés croissants d'Est en Ouest [Santallier, 1973], a été décrite par Le Métour et Bernard-Griffiths [1979] comme constituée par des produits magmatiques acides à tendance alcaline associés à des tholéiites continentales. L'attribution de ce magmatisme à un épisode de distension continentale est confirmée par l'étude des éléments traces réalisée par Thiéblemont et Cabanis [1987]. D'autre part, dans les massifs cristallins externes alpins, le complexe ophiolitique de Chamrousse d'âge cambro-ordovicien [Ménot *et al.*, 1984] et métamorphisé dans la mésozone [Carme, 1965 et 1975b ; Bodinier *et al.*, 1981 ; Ménot, 1979 et 1981] a également été apparenté aux C.L.A. [Matte, 1986]. Dans le Beaujolais, les formations acides, basiques et ultrabasiques à composition tholéiitique évoluent depuis un caractère intra-plaque jusqu'à des termes franchement océaniques [Piboule, *et al.* 1982 ; Piboule *et al.*, 1983]. Il semble que leur attribution à des séries de type compressif [Pin *et al.*, 1982] ne soit pas fondée. Cette série est caractérisée par une association métamorphique de type spilites-kératophyres que l'on ne trouve que très rarement dans les zones plus métamorphiques de la chaîne, à l'exception peut-être des Vosges [Fluck, 1980]. Mais dans le cas de la série variée de Sainte-Marie-aux-Mines, les données géochimiques fines paraissent encore insuffisantes pour motiver une conclusion définitive. Une association de même type est celle constituée par les formations de Rioupéroux et de Livet, dans le massif de Belledonne. Celles-ci possèdent une lithologie et un âge comparables et marquent un domaine ensialique distensif [Scarenzi, 1984 ; Ménot, 1986]. D'autres associations bimodales, d'âge dévono-dinantien celles-là, existent également dans les synclinaux de Bretagne centrale [Bébian *et al.*, 1980]. Est-on alors toujours en droit de faire référence aux C.L.A. ? Bref, comme le soulignent Bodinier *et al.*

[1986], on trouve de multiples tendances dans ce qu'ils appellent la « suture méridionale hercynienne » : ils signalent ainsi des séries à caractère calco-alcalin (type arcs insulaires) associées aux C.L.A. *s.s.* et des tholéiites à affinités médio-océaniques pour les autres metabasites ; mais ils ne tiennent pas compte des metabasites de type intra-plaque, transitionnel ou arrière-arc.

Une première ambiguïté apparaît donc dès maintenant. Une définition satisfaisante des C.L.A. doit-elle être basée sur la situation paléogéodynamique précoce des C.L.A. ou bien sur leur position structurale actuelle, faisant ainsi référence à leur histoire tectono-métamorphique ultérieure ? Il n'apparaît pas que l'un ou l'autre critère soit actuellement déterminant.

Une fois mis en évidence le caractère essentiellement magmatique des C.L.A., on en est très vite venu à se poser le problème de leurs âges : âge du protolite et âge(s) du(des) métamorphisme(s) les ayant affectés ultérieurement. Si un accord est rapidement apparu en ce qui concerne le Massif central et les régions plus orientales, il n'en est pas de même en ce qui concerne le Massif armoricain. De façon générale, les auteurs admettent le plus souvent un âge cambro-ordovicien (ou Précambrien supérieur à environ 600 Ma pour les Vosges : Fluck [1980]) pour la mise en place des protolites basiques [Pin et Lancelot, 1978 ; Pin, 1979 ; Bernard-Griffiths *et al.*, 1980 ; Duthou *et al.*, 1981] ou acides [Paquette *et al.*, 1984]. Ils admettent également un âge silurien pour le métamorphisme de haute pression [par exemple Bernard-Griffiths *et al.*, 1980 ; Suire et Duthou, 1982 ; Ducrot *et al.*, 1983 ; Pin et Peucat, 1986]. Un âge similaire est également admis pour le métamorphisme de haute pression en Massif armoricain [Peucat et Cogné, 1977 ; Vidal *et al.*, 1980 ; Ducrot *et al.*, 1983 ; Postaire, 1983 ; Paquette et Peucat, 1984 ; Paquette et Peucat, 1986 ; Pin et Peucat, 1986]. Mais l'unanimité n'est pas faite sur l'âge de mise en place des protolites en Massif armoricain du fait de la découverte de zircons plus anciens dans certaines roches : 1 300 et 2 000 Ma pour certaines éclogites de Vendée [Peucat *et al.*, 1982 ; Bernard-Griffiths et Cornichet, 1985], 1 880 Ma pour l'orthogneiss de la Picheraie [Vidal *et al.*, 1980], 1 250 Ma pour les péridotites serpentinisées en baie d'Audierne [Paquette *et al.*, 1985]. Plusieurs explications ont été et sont encore proposées : croûte océanique ancienne [Peucat *et al.*, 1982] ou bien zircons hérités et contamination crustale d'un magma basique mis en place au Paléozoïque inférieur [Paquette *et al.*, 1986 ; Paquette et Peucat, 1986]. La question reste encore ouverte.

Une troisième direction a parfois été prise. Burg *et al.* [1983] par exemple ont assimilé les C.L.A. à des **formations caractéristiques des zones internes des orogènes**. Ceux-ci comprennent alors les anciens sédiments terrigènes immatures de type greywackes et les magmatites basiques qui les accompagnent. Cette interprétation a été reprise par Dubuisson *et al.* [1986]. Carme [1975a] a même considéré les corps ultrabasiques comme des olistolites dispersés dans une sédimentation de fosse. L'assimilation des sédiments terrigènes et des formations acides orthodérivées nous apparaît comme un facteur de confusion supplémentaire. Il ne nous paraît pas que l'existence de sédiments

terrigènes dans des zones mobiles, instables par définition, soit tellement inhabituel qu'il soit nécessaire de lui accorder une importance particulière. Par contre, la présence ou l'absence, et surtout la nature de termes acides orthodérivés associés au magmatisme basique présentent à notre avis le plus grand intérêt. Nous considérons en effet que nous tenons là un argument de poids pour conclure à l'environnement océanique ou continental dans lequel s'est effectuée la mise en place du magmatisme bimodal. De ce point de vue, nous approuvons la proposition de Burg *et al.* [1984] qui distinguent les deux types de C.L.A. « ortho » et « para-dérivés » en Massif central. Mais nous ne les suivrons pas dans leurs propositions stratigraphiques. Le C.L.A. « méta-greywackeux » ne nous apparaît pas toujours situé sous le C.L.A. « orthodérivé » comme le suggèrent les auteurs en question. Ce n'est en particulier pas le cas en Limousin. En effet, si l'on considère l'ensemble orthogneiss du Thaurion/éclogites de Sauviat comme un exemple représentatif de C.L.A. « orthodérivé », nous constatons qu'il se situe (fig. 4) au-dessous et non pas au-dessus de l'ensemble métagreywackes/éclogites. L'utilisation du terme de « leptynite » nous paraît donc contestable. Il est facteur de confusion car il décrit mal la composante quartzofeldspathique des complexes et il est de surcroît purement français.

Enfin, les C.L.A. ont été considérés comme des **marqueurs tectoniques soulignant de grands chevauchements crustaux** : Burg et Matte [1978] ; Autran et Peterlongo [1980] ; Marchand [1981] ; Bouchez et Jover [1986]. Il nous apparaît que nous avons là une nouvelle dérive dangereuse. Si l'on peut estimer raisonnablement que toute zone de distension se transformera en zone de « suture » lors des mouvements tectoniques ultérieurs, l'inverse n'est pas vrai. Toutes les « sutures » tectoniques n'ont pas valeur d'anciennes zones de distension et il ne faudrait pas assimiler cisaillement crustal et suture océanique. D'autre part, si la dénomination de « C.L.A. » n'est pas toujours explicitement formulée pour certaines formations tectoniques, pour peu que le contenu lithologique les évoque, certains auteurs font alors rapidement l'amalgame. C'est ce qui est arrivé récemment à propos du chevauchement central du Limousin. Bouchez et Jover [1986] assimilent « au » C.L.A. le marqueur du chevauchement précédemment décrit : (1) comme un ensemble d'ultrabasites et de leptynites mylonitiques situé à la base de l'unité supérieure des gneiss [Ledru et Hottin, 1984] ; (2) comme une unité allochtone intermédiaire située entre les deux unités gneissiques et constituée par des fragments ophiolitiques associés à des niveaux blastomylonitiques [Girardeau *et al.*, 1986]. C'est la présence des ultrabasites et leur assimilation à un complexe ophiolitique qui ont conduit Girardeau *et al.* [1986] et Matte [1986] à assimiler le chevauchement à une ancienne suture océanique.

De cette revue rapide, on retire l'impression que le terme de C.L.A. apparaît de moins en moins clairement défini au fil des années. Son contenu est devenu très flou. De nombreuses incertitudes apparaissent qui portent tant sur

la nature magmatique ou sédimentaire des matériaux que sur leur âge. En poussant le raisonnement jusqu'à l'absurde, on saisit le danger de voir « le » C.L.A. faire bientôt figure de niveau stratigraphique repère. Cet abus nous paraît déjà plus qu'ébauché dans le travail récent de Bouchez et Jover [1986]. Les divergences constatées traduisent manifestement le fait que des écoles différentes se sont intéressées à des aspects différents des C.L.A. originaux. Le problème est que les lignes de pensée ont divergé au point que l'on trouve maintenant sous le même vocable des contenus qui n'ont plus rien de commun. Les risques de confusion deviennent de plus en plus grands, comme le montre bien l'exemple du Limousin. Suivant les auteurs, et exprimé de façon plus ou moins claire, plusieurs formations (fig. 3 et 4) ont été successivement assimilées à des C.L.A. :

— la quasi-totalité des formations cata- et mésozonales suivant Burg et Matte [1978] qui adoptent là une solution « maximaliste » puisqu'ils englobent ainsi dans le C.L.A. (fig. 2) :

- les deux unités inférieure et supérieure des gneiss [Floc'h, 1983 ; Floc'h *et al.*, 1984] ;

- la série du Confolentais, dont le rattachement à l'une ou l'autre des unités lithotectoniques actuellement reconnues est encore prématuré ;

- les micaschistes de Saint-Goussaud que Floc'h [1983] considère comme appartenant à l'autochtone relatif de la série limousine ;

— le groupe mésozonal calco-alcalin de Saint-Bonnet-de-Bellac [Chenevoy, 1958 ; Piboule, 1979] dont les relations avec le reste de la série limousine sont en cours d'étude (Floc'h et Santallier, levers en cours de la feuille de Bellac à 1/50 000). Il s'agit d'une formation bimodale dépourvue de toute relique de haute pression ;

— le groupe mésozonal de Vergonzac [Guillot, 1981], considéré comme appartenant à l'unité inférieure des gneiss [Floc'h, 1983 ; Floc'h *et al.*, 1984]. Il s'agit encore d'une association bimodale calco-alcaline dépourvue de toute relique de haute pression ;

— le groupe du Suquet [Santallier et Floc'h, 1978]. Encore une association bimodale calco-alcaline dont la position paraît voisine de celle du groupe précédent, mais où il est possible que l'on retrouve des reliques de haute pression ;

— les deux séries épizonales (et donc évidemment dépourvues d'éclogites) de la Gartempe [Chenevoy, 1958 ; Piboule, 1979] et de Puytinaud-Gengireau [Guillot, 1981] qui sont également calco-alcalines. La première est à rapprocher du groupe de Saint-Bonnet-de-Bellac. La seconde est située dans la partie supérieure de l'unité de Thiviers-Payzac ;

— au sens d'association bimodale à reliques de haute pression, l'ensemble originellement plutonique constitué par l'arc du Thaurion et le massif éclogitique de Sauviat a également été proposé [Floc'h *et al.*, 1986]. Les éclogites ont été interprétées comme résultant d'un magmatisme de type intraplaque [Bernard-Griffiths et Jahn, 1981]. Cet ensemble appartient à l'unité inférieure des gneiss ;

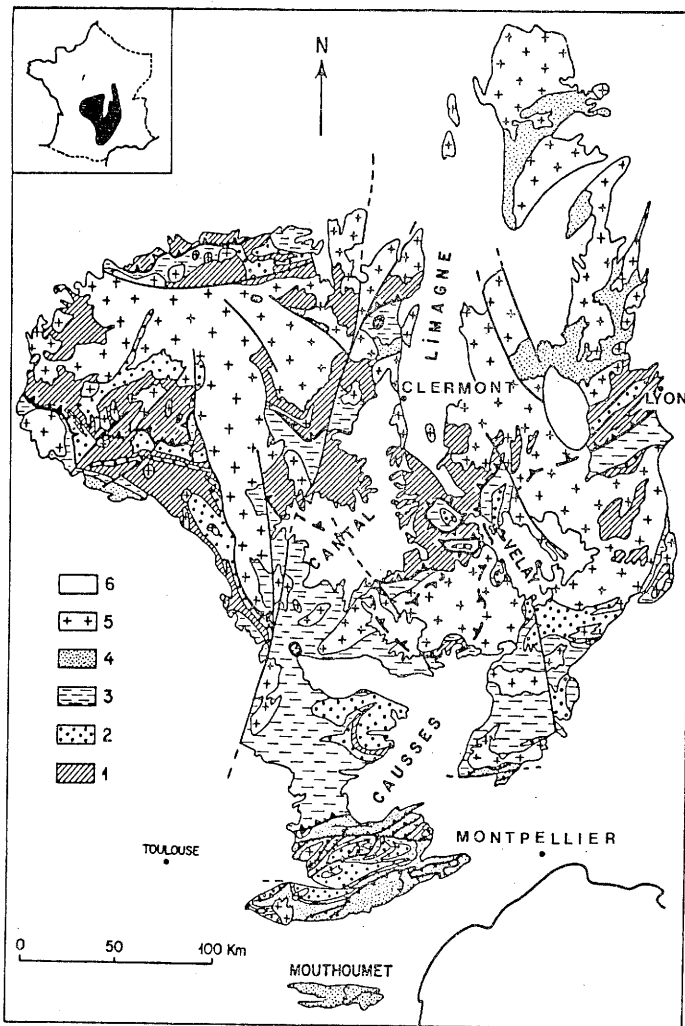


FIG. 2. — Le groupe leptyno-amphibolique en Limousin.
Repris de Burg et Matte [1978].

1 : groupe leptyno-amphibolique et anatexites ; 2 : orthogneiss ceillés ; 3 : séquence quartz-feldspathique ; 4 : séquence fossilifère paléozoïque ; 5 : granitoïdes varisques.

FIG. 2. — The leptynitic-amphibolitic group in western Massif central, following Burg and Matte [1978].

1 : leptynitic-amphibolitic group and anatexites ; 2 : augen orthogneisses ; 3 : quartzo-feldspathic sequence ; 3 : fossiliferous Paleozoic sequence ; 5 : variscan granitoids.

— au sens de formations de zone mobile, l'ensemble gneiss greywackeux et élogites a été proposé par Burg *et al.* [1984] et Dubuisson *et al.* [1986]. Cette formation équivaut à l'unité supérieure des gneiss toute entière [Floc'h, 1983 ; Floc'h *et al.*, 1984] ;

— enfin, au sens de marqueur lithotectonique, on trouve l'ensemble des leptynites mylonitiques et ultrabasites [Bouchez et Jover, 1986] situé soit à la base de l'unité supérieure des gneiss [Ledru et Hottin, 1984], soit entre les deux unités gneissiques [Girardeau *et al.*, 1986] dans la région de Saint-Germain-les-Belles.

Bull. Soc. géol. Fr., 1988, n° 1

Les différentes solutions proposées sont résumées sur les figures 3 et 4. Il n'est pas sûr qu'elles aient contribué à clarifier la géologie limousine, mais on a là un bon exemple des dérives successives du concept de C.L.A. et des abus auxquels elles peuvent conduire. La prudence nous apparaît d'autant plus nécessaire que si un schéma général d'empilement d'unités lithotectoniques est maintenant généralement admis, le nombre d'unités, leur contenu lithologique et les modalités de leurs relations mutuelles varient suivant les auteurs. A titre d'exemple, la figure 4 montre les logs schématiques que l'on peut actuellement établir sur la base du découpage adopté par Floc'h [1983] et Floc'h *et al.* [1984 et 1986]. Nous avons dénombré ci-dessus quatre critères différents pour l'identification des C.L.A. Les diverses formations proposées en Limousin y répondent-elles ?

— *Le caractère bimodal des formations* : c'est effectivement le cas pour toutes les formations retenues si l'on admet l'ambiguïté des formations acides para- ou orthodérivées. Mais cette définition est trop générale pour être vraiment utile.

— *Les caractères chimiques* : ils apparaissent variables bien que toutes les formations n'aient pas été étudiées avec la même précision. Les séries calco-alcalines ont été identifiées soit sur les seuls éléments majeurs (la Gartempe, Saint-Bonnet-de-Bellac, Vergonzac et le Suquet : Guillot *et al.* [1977]), soit sur les majeurs et les terres rares (Puytinaud-Gengireau : Cabanis *et al.* [1983]). Les tholéïtes intraplaques de Sauviat ont été identifiées par leur cortège de terres rares [Bernard-Griffiths et Jahn, 1981]. Il en va de même pour les tholéïtes transitionnelles et océaniques à l'origine des élogites [Cabanis *et al.*, 1983]. L'étude des massifs basiques et ultrabasiques de la région de Saint-Germain-les-Belles est actuellement en cours (résultats préliminaires dans Maillet *et al.* [1984] et Mercier *et al.* [1985]). Il n'y a encore aucune étude portant sur leur encaissement acide.

— *Les âges de dépôt et/ou de mise en place* : il n'y a aucune certitude dans ce domaine, mais selon toute probabilité, les âges vont du Précambrien supérieur au Paléozoïque inférieur [Floc'h *et al.*, 1986].

— *Le rôle de marqueur tectonique* : il est inexistant pour les formations bimodales calco-alcalines. Il est évident dans le cas des ultrabasites et leptynites mylonitiques associées. Il est vraisemblable dans le cas de l'association Thaurion/Sauviat : l'alignement sur une vingtaine de kilomètres de lentilles élogitiques parfois associées à des orthogneiss granulitiques [Arène et Autran, 1972] suggère l'existence d'un cisaillement crustal profond.

En conclusion, si l'on retient comme importants pour la définition des C.L.A. le bimodalisme, la présence de reliques de haute pression et le rôle de marqueur tectonique, on arrive à la proposition de mélanges tectoniques profonds, symmétamorphes, impliquant des séries à dominante continentale mais ayant enregistré un ou plusieurs épisode(s) de distension de dimensions restreintes permettant la mise en place de magmas basiques et allant ou non jusqu'à la

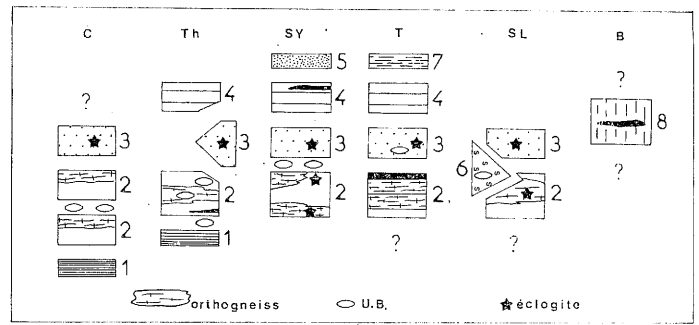
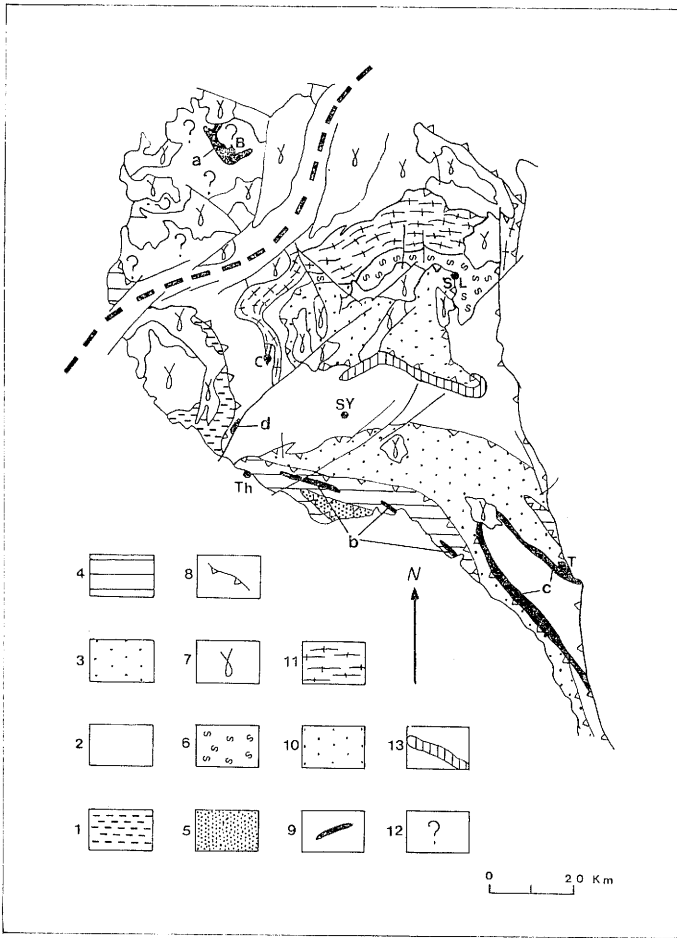


FIG. 4. — Logs litho-tectoniques schématiques dans quelques secteurs du Limousin.

C : Chalus ; Th : Thiviers ; SY : Saint-Yrieix / Saint-Germain-les-Belles ; T : Tulle ; SL : Saint-Léonard ; B : Bellac.

1 : unité de la Dronne ; 2 : unité inférieure des gneiss ; 3 : unité supérieure des gneiss ; 4 : unité de Thiviers-Payzac ; 5 : unité de Génis ; 6 : anatexites à cordiérite ; 7 : unité de Malle-Charrière ; 8 : séries de Confolens et de Bellac. Formations bimodales de la Gartempe et Saint-Bonnet-de-Bellac (a), de Puytinaud-Gengireau (b), de Vergonzac (c) et du Suquet (d).

FIG. 4. — Schematic litho-tectonic sections in various areas in western Massif central.

C : Chalus ; Th : Thiviers ; SY : Saint-Yrieix / Saint-Germain-les-Belles ; T : Tulle ; SL : Saint-Léonard ; B : Bellac.

1 : Dronne tectonic unit ; 2 : lower gneissic tectonic unit ; 3 : upper gneissic tectonic unit ; 4 : Thiviers-Payzac tectonic unit ; 5 : Génis tectonic unit ; 6 : cordierite-bearing migmatites ; 7 : Malle-Charrière unit ; 8 : Confolens and Bellac series. Bimodal formations of La Gartempe and Saint-Bonnet-de-Bellac (a), Puytinaud-Gengireau (b), Vergonzac (c) and Le Suquet (d).

FIG. 3. — Les différents C.L.A. proposés jusqu'ici en Limousin. Le fond géologique schématique est adapté de Floc'h [1983] et de Floc'h *et al.* [1986].

C : Chalus ; Th : Thiviers ; SY : Saint-Yrieix ; T : Tulle ; SL : Saint-Léonard ; B : Bellac.

1 : unité de la Dronne ; 2 : unité inférieure des gneiss ; 3 : unité supérieure des gneiss ; 4 : unité de Thiviers-Payzac ; 5 : unité de Génis ; 6 : anatexites à cordiérite ; 7 : granitoïdes post-tectoniques d'âges divers ; 8 : contacts anormaux.

C.L.A. divers : 9 : formations bimodales de Saint-Bonnet-de-Bellac et de la Gartempe (a), de Puytinaud-Gengireau (b), de Vergonzac (c) et du Suquet (d) ; 10 : formation de zone mobile (= unité 3) ; 11 : association bimodale à reliques de haute pression (= ensemble Thaurion/Sauviat) ; 12 : marqueur tectonique : leptynites mylonitiques et ultrabasites à la base de l'unité 3.

13 : séries de Confolens et de Bellac en position indéterminée.

FIG. 3. — The various L.A.C. proposed till now in western Massif central. The schematic geological background is from Floc'h [1983] and Floc'h *et al.* [1986].

C : Chalus ; Th : Thiviers ; SY : Saint-Yrieix ; T : Tulle ; SL : Saint-Léonard ; B : Bellac.

1 : Dronne tectonic unit ; 2 : lower gneissic tectonic unit ; 3 : upper gneissic tectonic unit ; 4 : Thiviers-Payzac tectonic unit ; 5 : Génis tectonic unit ; 6 : cordierite-bearing migmatites ; 7 : post-tectonic granitoids of various ages ; 8 : main thrusts.

Various L.A.C. : 9 : bimodal formations of Saint-Bonnet-de-Bellac and La Gartempe (a), of Puytinaud-Gengireau (b), of Vergonzac (c) and Le Suquet (d) ; 10 : mobile zone formation (= unité 3) ; 11 : bimodal association with high pressure relicts (= Thaurion orthogneiss and Sauviat eclogite) ; 12 : tectonic level : quartzo-feldspathic mylonites and ultrabasites at the bottom of unit 3.

13 : Confolens and Bellac series in undetermined position.

création d'une véritable croûte océanique. Il semble que la notion de C.L.A. ait été jusqu'ici réservée aux séries métamorphiques de la chaîne paléozoïque française, que les formations concernées présentent un lien étroit avec l'histoire tectono-métamorphique de la chaîne et plus particulièrement avec ses stades précoces. Il semble qu'une part importante du matériel concerné soit d'origine continentale, que ce soit les orthogneiss ou les sédiments greywackeux, ou sous-continentale (les péridotites à grenat mantéliques), bien que de nombreux auteurs tels Matte [1986] en fassent au contraire des exemples ophiolitiques démembrés et les considèrent donc comme d'anciennes sutures océaniques. Les deux notions ne seraient pas contradictoires si l'on envisage une (des) zone(s) de distension d'importance limitée.

Il semble que l'on ne connaisse pas d'équivalent des C.L.A. dans la chaîne calédonienne résultant de la fermeture du Iapetus, mais que ceux-ci existent dans toute la zone moldanubienne. Et ceci qu'il s'agisse de la Forêt-Noire [Wimmenauer et Adam, 1985 ; Wimmenauer, 1986], du massif du Münchberg [Gebauer et Grünfelder, 1979], des séries bohémiennes [Matejovska, 1967 ; Fediukova, 1985], ou des zones internes des Sudètes polonaises [Morawski, 1973 ; Smulikowski, 1979 ; Smulikowski et Smulikowski, 1985]. En effet, tous les auteurs y décrivent des associations bimodales à reliques de haute pression (granulites et écolites) reposant en contact anormal sur des

formations moins métamorphiques et même souvent épi-zonales [Behr *et al.*, 1984]. Un tel dispositif est effectivement reconnaissable dans les C.L.A. à reliques de haute pression décrits en France. Il n'en va évidemment pas de même pour les séries faiblement métamorphiques de type Brévenne et autres.

En définitive, il nous semble que les C.L.A. doivent plutôt être considérés comme des mélanges tectoniques profonds, symmétamorphes, marqueurs des cisaillements crustaux précoces de l'orogène paléozoïque (c'est en quoi la présence de reliques de haute pression nous paraît importante), dans un environnement essentiellement continental.

Références

- ARENE J. & AUTRAN A. (1972). — Notice de la feuille de Bourgneuf à 1/50 000. — BRGM, Orléans.
- AUTRAN A. & PETERLONGO J. M. (1980). — Introduction à la géologie du Massif central. In : C. LORENZ Ed., Géologie des pays européens. — 26^e CGI Paris, pp. 9-121. — Dunod, Paris.
- BARD J. P. & CARUBA C. (1981). — Les séries leptyno-amphiboliques à éclogites relictuelles et serpentinites des Maures, marqueurs d'une paléosuture varisque affectant une croûte amincie. — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 292, II, pp. 611-614.
- BÉBIEN J., GAGNY C. *et al.* (1980). — Volcanites du Précambrien au Crétacé et leur signification géostructurale. — 26^e CGI. — *Mém. BRGM*, Orléans, 107, pp. 99-135.
- BEHR H. G., ENGEL W., FRANKE W., GIESE P. & WEBER K. (1984). — The variscan belt of central Europe : main structures, geodynamic implications, open questions. — *Tectonophysics*, Amsterdam, 109, 1/2, pp. 15-40.
- BERNARD-GRIFFITHS J. & CORNICHE J. (1985). — Origin of eclogites from south Brittany, France : A Sm-Nd isotopic and REE study. — *Chem. Geol.*, Amsterdam, 52, 2, pp. 185-201.
- BERNARD-GRIFFITHS J. & JAHN B. M. (1981). — REE geochemistry of eclogites and associated rocks from Sauviat-sur-Vige, Massif central français. — *Lithos*, Amsterdam, 14, pp. 263-274.
- BERNARD-GRIFFITHS J., LASNIER B., MARCHAND J. & VIDAL P. (1980). — Approche par la méthode Rb/Sr de l'étude de granulites acides en Haut-Allier (Massif central français). — 8^e Réunion. Ann. Sci. Terre, Marseille. — Livre en dépôt à la Soc. géol. France, p. 41.
- BODINIER J. L., DUPUY C., DOSTAL J. & CARME F. (1981). — Chemistry of ophiolites from the Chamrousse complex (Belledonne Massif, Alpes). — *Contrib. Mineral. Petrol.*, Berlin, 78, pp. 339-388.
- BODINIER J. L., GIRAUD A., DUPUY C., LEYRELOUP A. & DOSTAL J. (1986). — Caractérisation géochimique des metabasites associées à la suture méridionale hercynienne : Massif central français et Chamrousse (Alpes). — *Bull. Soc. géol. France*, Paris, (8), II, 1, pp. 115-123.
- BOGDANOFF S. (1980). — Analyse structurale dans la partie occidentale de l'Argentera-Mercantour (Alpes Maritimes). — Thèse d'Etat, Orsay, 316 p.
- BOUCHEZ J. L. & JOVER O. (1986). — Le Massif central : un chevauchement de type himalayen vers l'Ouest-Nord-Ouest. — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 302, II, 9, pp. 675-680.
- BRIAND B. (1978). — Métamorphisme inverse et chevauchement de « type himalayen » dans la vallée du Lot. — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 286, D, pp. 729-731.
- BRIAND B. & GAY M. (1978). — La série inverse de Saint-Geniez-d'Olt : évolution métamorphique et structurale. — *Bull. BRGM*, Orléans, I, 3, pp. 167-186.
- BRIAND B. & PIBOULE M. (1979). — Les metabasites de la série de Marvejols (Massif central) : témoins d'un magmatisme tholéiitique d'arrière-arc cambro-ordovicien ? — *Bull. BRGM*, Orléans, 2, I, 2, pp. 131-171.
- BURG J. P. (1977). — Tectonique et microtectonique des séries cristallophylliennes du Haut-Allier et de la vallée de la Truyère. — Thèse 3^e cycle, Montpellier, 106 p.
- BURG J. P., LEYRELOUP A., MARCHAND J. & MATTE P. (1984). — Inverted metamorphic zonation and large scale thrusting in the variscan belt : an example in the French Massif central. In : HUTTON and SANDERSON Eds, Variscan tectonics of the North Atlantic region. — *Geol. Soc. London*, sp. publ., 14, pp. 47-61.
- BURG J. P. & MATTE P. (1978). — A cross-section through the French Massif central and the scope of its variscan geodynamic evolution. — *Z. dt. Geol. Ges.*, Hanovre, 129, pp. 429-460.
- CABANIS B. (1983). — Main features of volcanism and plutonism in late Proterozoic and Dinantian times in France. In : SCHENK Ed., The geology of the appalachian-caledonian-hercynian mauritanide orogen. — Reidel Publ. Comp., Berlin, pp. 187-192.
- CABANIS B., GUILLOT P. L., SANTALLIER D., JAFFREZIC H., MEYER G. & TREUIL M. (1983). — Apport des éléments traces à l'étude géochimique des metabasites du Bas-Limousin. — *Bull. Soc. géol. France*, Paris, (7), XXV, 4, pp. 563-575.
- CARME F. (1965). — Sur deux formations d'origine volcanique des schistes cristallins anté-houillers de la chaîne de Belledonne (Alpes françaises). — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 260, 25, pp. 656-659.
- CARME F. (1975a). — Essai d'interprétation unitaire des corps de roches basiques et ultrabasiques et de leur contexte gneissique dans la partie moyenne du Massif central et dans les massifs cristallins externes alpins. — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 281, D, pp. 351-354.
- CARME F. (1975b). — Caractères chimiques de deux ensembles magmatiques pré-orogéniques du socle anté-houiller des massifs cristallins externes alpins et des monts du Lyonnais. — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 281, D, pp. 89-92.
- CHENEVOY M. (1958). — Contribution à l'étude des schistes cristallins de la partie nord-ouest du Massif central français. — *Mém. Explic. Carte Géol. dét. France*, Paris, Imprimerie Nationale, 428 p.
- CHENEVOY M. (1975). — Les terrains cristallins du Vivarais : quelques problèmes et résultats. — *C. R. 98^e Congr. Nat. Soc. Sav. Saint-Etienne* (1973), I, pp. 425-434.
- COLLOMB J. (1970). — Etude géologique du Rouergue cristallin. — *Mém. Serv. Expl. Carte géol. dét. France*, Imprimerie Nationale Paris, 419 p.
- DUBUISSON G., GALDEANO A., GIRARDEAU J. & MERCIER J.-C. C. (1986). — La synforme de Saint-Germain-les-Belles en Limousin central. Etude magmatique et relations ophiolites - « groupe leptyno-amphibolique ». — *Séance spéc. Soc. géol. France* : Les complexes leptyno-amphiboliques, Rennes.
- DUCROT J., LANCELOT J. R. & MARCHAND J. (1983). — Datation U-Pb sur zircons de l'éclogite de la Borie (Haut-Allier, France) et conséquences sur l'évolution anté-hercynienne de l'Europe occidentale. — *Earth Planet. Sci. Lett.*, Amsterdam, 62, pp. 385-394.

- DUFOUR E. (1985). — Granulite facies metamorphism and retrogressive evolution of the « Monts du Lyonnais » metabasites (Massif central, France). — *Lithos*, Amsterdam, 18, pp. 97-113.
- DUFOUR E., LARDEAUX J. M. & COFFRANT D. (1985). — Eclogites et granulites dans les monts du Lyonnais : une évolution métamorphique plurifaciale éohercynienne. — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 300, II, 4, pp. 141-144.
- DUTHOU J. L., PIBOULE M., GAY M. & DUFOUR E. (1981). — Datations radiométriques Rb-Sr sur les orthogranulites des monts du Lyonnais (Massif central français). — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 292, II, pp. 749-752.
- FEDIUKOVA E. (1985). — Eclogites in Czechoslovakia. — S.I.E.C. Vienne. — *Terra cognita*, Paris, 5, 4, p. 420.
- FLOC'H J. P. (1983). — La série métamorphique du Limousin central : une traverse de la branche ligérienne de l'orogène varisque de l'Aquitaine à la zone broyée d'Argentat (Massif central français). — Thèse d'état, Limoges, 2 vol., 590 p.
- FLOC'H J. P., QUENARDEL J. M., ROLIN P. & SANTALLIER D. (1986). — Une « géotrasverse » dans le Massif central occidental (France). Première partie : les unités lithostructurales. — *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, Rabat, 335. — Sous presse.
- FLOC'H J. P., SANTALLIER D. & HENRY B. (1984). — La série limousine : réflexion axée sur une synthèse géologique régionale et son utilisation pour la prospection de l'or. — *Chron. Rech. Min.*, Orléans, 474, pp. 5-10.
- FLUCK P. (1980). — Métamorphisme et magmatisme dans les Vosges moyennes d'Alsace. Contribution à l'histoire de la chaîne varisque. — Thèse d'Etat, *Mém. Sci. Géol.*, Strasbourg, 22, 248 p.
- FORESTIER F. H. (1961). — Métamorphisme hercynien et anté-hercynien dans le bassin du Haut-Allier (Massif central français). — Thèse d'Etat Clermont-Ferrand, 2 vol., 300 p.
- FORESTIER F. H. (1964). — Les péridotites serpentinisées en France. Groupe I : Péridotites intracrystallines. Fasc. 4 : Massif central médian, Bassin du Haut-Allier. — BRGM, Paris.
- FORESTIER F. H. (1971). — Les schistes cristallins de la moitié nord du Massif central. In : Symposium J. Jung « Géologie, géomorphologie et structure profonde du Massif central français ». — Plein Air Service, Clermont-Ferrand, pp. 89-108.
- GEBAUER D. & GRUNENFELDER M. (1979). — U-Pb zircon and Rb-Sr mineral dating of eclogites and their country rocks. Example : Münchberg Gneiss Massif, north-east Bavaria. — *Earth Planet. Sci. Lett.*, Amsterdam, 42, 1, pp. 35-44.
- GIRARDEAU J., DUBUISSON G. & MERCIER J.-C. C. (1986). — Cinématique de mise en place des ophiolites et nappes cristallophylliennes du Limousin, Ouest du Massif central français. — *Bull. Soc. géol. France*, (8), Paris, II, 5, pp. 849-860.
- GIRAUD A., MARCHAND J., DUPUY C. & DOSTAL J. (1984). — Geochemistry of leptyno-amphibolite complex from Haut-Allier (French Massif central). — *Lithos*, Amsterdam, 17, pp. 203-214.
- GODARD G. (1981). — Lambeaux probables d'une croûte océanique subductée : les éclogites de Vendée (Massif armoricain, France). — Thèse 3^e cycle, Nantes, 153 p.
- GUILLOT P. L. (1981). — La série métamorphique du Bas-Limousin : de la vallée de l'Isle à la vallée de la Corrèze, le socle en bordure du Bassin aquitain. — Thèse d'Etat, Orléans, 391 p.
- GUILLOT P. L., TEGYEV M., ALSAC C., FLOC'H J. P., GROLIER J. & SANTALLIER D. (1977). — Apport de la géochimie (éléments majeurs) à la reconstitution anté-métamorphe de la série du Bas-Limousin (Massif central, France). — AHRENS Ed., Actes 2^e symposium sur l'origine et la distribution des éléments, Pergamon Press, Londres, sect. 6, pp. 493-504.
- JUNG J. & ROQUES M. (1952). — Introduction à la zonéographie des formations cristallophylliennes. — *Bull. Serv. Carte Géol. France*, Paris, 235, 62 p.
- LANCELOT J. R., ALLEGRET A., DUCROT J., GALLIBERT F., LAFON J. M., LÉVEQUE M. H. & RESPAUT J. P. (1984). — Datation des événements anté-hercyniens en Europe méridionale à partir de la géochronologie U-Pb sur zircons. — Séance spéc. Soc. géol. France : Structure profonde de la croûte hercynienne d'Europe, Montpellier.
- LASNIER B. (1968). — Découverte de roches éclogitiques dans le groupe leptyno-amphibolite des monts du Lyonnais (Massif central français). — *Bull. Soc. géol. France*, Paris, (7), X, pp. 179-185.
- LASNIER B. (1977). — Découverte d'une série granulitique au cœur du Massif central français (Haut-Allier). Les termes basiques, ultrabasiques et carbonatés. — Thèse d'Etat, Nantes, 333 p.
- LASNIER B., LEYRELOUP A. & MARCHAND J. (1973). — Découverte d'un granite « charnockitique » au sein de « gneiss ocellés ». Perspectives nouvelles sur l'origine de certaines leptynites du Massif armoricain méridional, France. — *Contrib. Mineral. Petrol.*, Berlin, 41, pp. 131-144.
- LEDRU P. & HOTTIN A. M. (1984). — Le chevauchement du Haut-Limousin : coupe de Saint-Germain-les-Belles. — Rapport GPF 1, thème 3 « Chevauchements varisques en Limousin ». — *Doc. BRGM*, Orléans, 83-3, pp. 97-106.
- LE MÉTOUR J. & BERNARD-GRIFFITHS J. (1979). — Age (limite Ordovicien-Silurien) de mise en place du massif hypovolcanique de Thouars (Massif vendéen) ; implications géologiques. — *Géologie de la France*, Orléans, 1, 4, pp. 365-371.
- MAILLET N., PIBOULE M. & SANTALLIER D. (1984). — Diversité d'origine des ultrabasites dans la série métamorphique du Limousin. — Rapport GPF1, thème 3. — *Doc. BRGM*, Orléans, 81-3, pp. 1-24.
- MARCHAND J. (1974). — Persistance d'une série granulitique au cœur du Massif central français, Haut-Allier. Les termes acides. — Thèse 3^e cycle, Nantes, 207 p.
- MARCHAND J. (1981). — Ecaillage d'un « mélange tectonique » profond : le complexe cristallophyllien de Champtoceaux (Bretagne méridionale). — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 293, II, pp. 223-226.
- MARCHAND J. (1986). — Présentation orale de la feuille de Savenay à 1/50 000 (vallée de la Loire). — Séance Soc. géol. France : La géodynamique du Massif armoricain, Paris.
- MATEJOVSKA O. (1967). — Petrogenesis of the Moldanubian granulites near Namest nad Oslavou. — *Krystalinikum*, Prague, 5, pp. 85-101.
- MATHONNAT M. (1983). — La série métamorphique du Cézallier (Massif central français). — Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand.
- MATTE P. (1986). — 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*, Paris, (8), II, 1, pp. 9-24.
- MÉNOT R. P. (1979). — Lithostratigraphie et pétrographie du groupe amphibolique de Séchillienne et du massif ultrabasique et basique de Chamrousse (Massif de Belledonne, Alpes occidentales françaises). — *Géologie alpine*, Grenoble, 55, pp. 93-110.
- MÉNOT R. P. (1981). — Présence d'ortholeptynites à caractères de plagiogranites au sein du complexe ultrabasique-basique de Chamrousse-Tabor (Massif de Belledonne, France). — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 293, II, pp. 1073-1078.
- MÉNOT R. P. (1986). — Les formations pluto-volcaniques dévoniennes de Rioupéroux-Livet (massifs cristallins externes des Alpes françaises) : nouvelles définitions lithostratigraphiques et pétrographiques. — *Bull. Suisse Minéral. Pétrogr.*, Zurich, 66, pp. 227-256.
- MÉNOT R. P., PEUCAT J. J., PIBOULE M. & SCARENZI D. (1984). — Cambro-Ordovician age for the ophiolitic complex of Chamrousse-Tabor-Belledonne Massif, French external Alpine domain. — Conférence « Ophiolites through time ». — *Ophioliti*, (1985), Firenze, 10, p. 527.
- MERCIER J.-C. C., GIRARDEAU J., PRINZHOFER A. & DUBUISSON G. (1985). — Les complexes ophiolitiques du Limousin : structure, pétrologie et géochimie. — Rapport GPF2, thème 3. — *Doc. BRGM*, Orléans, 95-3, pp. 35-48.
- MONTIGNY R. & ALLÈGRE C. J. (1974). — A la recherche des océans perdus : les éclogites de Vendée, témoins métamorphisés d'une ancienne croûte océanique. — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 279, D, pp. 543-545.
- MORAWSKI T. (1973). — The Sowie Gory area and its petrological problems. — AZOPRO session XV, Inst. Sci. Géol. — Acad. Pol. Sci. Ed., Warszawa, pp. 44-58.
- NICOLLET C. (1978). — Etude pétrologique, géochimique et structurale des terrains cristallins anté-permiens du versant sud du Lézou (Massif central français). — Thèse 3^e cycle, Montpellier.

- NICOLLET C. & LEYRELOUP A. (1978). — Pétrologie des niveaux trondhémiques de haute pression associés aux éclogites et amphibolites des complexes leptyno-amphiboliques du Massif central français. — *Can. J. Earth Sci.*, Ottawa, 15, 5, pp. 696-707.
- PALAGI P., LAPORTE D., LARDEAUX J. M., MÉNOT R. P. & ORSINI J. B. (1985). — Identification d'un complexe leptyno-amphibolique au sein des « gneiss de Belgodère » (Corse occidentale). — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 301, II, 14, pp. 1047-1052.
- PAQUETTE J. L., MARCHAND J. & PEUCAT J. J. (1984). — Absence de tectonique cadomienne dans le complexe de Champtoceaux (Bretagne méridionale) ? Comparaison des systèmes Rb-Sr et U-Pb d'un métagranite. — *Bull. Soc. géol. France*, Paris, (7), XXVI, 5, pp. 907-912.
- PAQUETTE J. L. & PEUCAT J. J. (1984). — Nouvelles données U-Pb sur zircons dans le complexe de Champtoceaux. — 10^e Réunion. Ann. Sci. Terre, Bordeaux. — Livre en dépôt à la Soc. géol. France, p. 428.
- PAQUETTE J. L. & PEUCAT J. J. (1986). — Géochimie (Nd-Pb) des éclogites du complexe de Champtoceaux et des massifs cristallins externes alpins. — 11^e Réunion. Ann. Sci. Terre, Clermont-Ferrand. — Livre en dépôt à la Soc. géol. France, p. 144.
- PAQUETTE J. L., PEUCAT J. J., BERNARD-GRIFFITHS J. & MARCHAND J. (1985). — Evidence for old Precambrian relics shown by U-Pb zircon dating of eclogites and associated rocks in the Hercynian belt of south Brittany, France. — *Chem. Geol.*, Amsterdam, 52, 2, pp. 203-216.
- PAQUETTE J. L., PEUCAT J. J. & MÉNOT R. P. (1986). — Are zircons in eclogites of crustal origin ? — 6^e Conf. Intern. Géochron., Cosmochron. et Géol. Isotop. Cambridge. — *Terra Cognita*, Paris, 6, 2, p. 245.
- PEUCAT J. J. & COGNÉ J. (1977). — Geochronology of some blueschists from île de Groix (France). — *Nature*, Londres, 268, pp. 131-132.
- PEUCAT J. J., VIDAL P., GODARD G. & POSTAIRE B. (1982). — Precambrian U-Pb zircon ages in eclogites and pyroxenites from south Brittany (France) : an old oceanic crust in the west European hercynian belt. — *Earth Planet. Sci. Lett.*, Amsterdam, 60, pp. 70-78.
- PIBOULE M. (1979). — L'origine des amphibolites : approche géochimique et mathématique. Application aux amphibolites du Massif central français. — Thèse d'Etat, Lyon, 2 vol., 1003 p.
- PIBOULE M., BEURRIER M., BRIAND B. & LACROIX P. (1983). — Les trondhémiques de Chindo et de Saint-Vérand et le magmatisme kérotophyrique associé. Pétrologie et cadre géostructural de ce magmatisme dévono-dinantien. — *Géologie de la France*, Orléans, (2), 1, 1-2, pp. 55-72.
- PIBOULE M. & BRIAND B. (1985). — Geochemistry of eclogites and associated rocks of the southeastern area of the French Massif Central : origin of the protoliths. — *Chem. Geol.*, Amsterdam, 50, 1-3, pp. 189-199.
- PIBOULE M., BRIAND B. & BEURRIER M. (1982). — Géochimie de quelques granites albitiques dévoniens de l'Est du Massif central (France). — *N. Jb. Miner. Abh.*, Stuttgart, 143, 3, pp. 279-308.
- PIN C. (1979). — Géochronologie U-Pb et microtectonique des séries métamorphiques anté-stéphaniennes de l'Aubrac et de la région de Marvejols (Massif central). — Thèse 3^e cycle, Montpellier, 204 p.
- PIN C., DUPUY C. & PETERLONGO J. P. (1982). — Répartition des terres rares dans les roches volcaniques basiques dévono-dinantien du NE du Massif central. — *Bull. Soc. géol. France*, Paris, 7, XXIV, 4, pp. 669-676.
- PIN C. & LANCELOT J. R. (1978). — U-Pb evidences of bimodal magmatism of early Paleozoic age in the Massif central (France) ; the leptyno-amphibolitic group. — *US geol. Surv., open file report 78/701*, p. 337.
- PIN C. & PEUCAT J. J. (1986). — Ages des épisodes de métamorphisme paléozoïques dans le Massif armoricain. — *Bull. Soc. géol. France*, Paris, (8), II, 3, pp. 461-469.
- POSTAIRE B. (1983). — Systématique Pb commun et U-Pb sur zircons. Applications aux roches de haut grade métamorphique impliquées dans la chaîne hercynienne (Europe de l'Ouest) et aux granulites de Laponie (Finlande). — *Bull. Soc. Géol. Minéral. Bretagne*, Rennes, C, XV, 1, pp. 29-73.
- QUENARDEL J. M. & ROLIN P. (1984). — Palaeozoic evolution of the plateau d'Aigurande (north-west Massif central, France). In : HUTTON and SANDERSON Eds, Variscan tectonics of the North Atlantic region. — Blackwell Scient. Publ., Londres, pp. 63-70.
- SANTALLIER D. (1973). — Le métamorphisme général dans les rhyolites de Cholet (Maine-et-Loire). — 1^{re} Réunion. Ann. Sci. Terre, Paris, p. 376. — Livre en dépôt à la Soc. géol. France.
- SANTALLIER D. & FLOC'H J. P. (1978). — Les roches métamorphiques basiques et ultrabasiques de la feuille de Thiviers à 1/50 000. — *Bull. BRGM*, Orléans, 1, 2, pp. 125-147.
- SCARENZI D. (1984). — Les granites sodiques et les roches associées de l'ophiolite de Chamrousse-Tabor et du groupe Riouperoux-Livet (Isère, France). Pétrographie et géochimie. — Thèse 3^e cycle, Grenoble, 258 p.
- SEYLER M. (1983). — Géologie de la partie centrale des Maures. Conséquences sur l'évolution géodynamique du massif. — *Géologie de la France*, Orléans, (2), I, 1-2, pp. 81-96.
- SEYLER M. (1986). — Magmatologie des séries volcaniques métamorphiques ; l'exemple des méta-volcanites cambro-ordoviciennes, en particulier alcalines, du socle provençal, France. — *Doc. lab. géol. Lyon*, 96, 371 p.
- SEYLER M. & BOUCARUT M. (1979). — Existence d'un paléo-volcanisme alcalin et transitionnel dans le massif hercynien des Maures (Var). Etude géochimique des amphibolites et résultats préliminaires concernant la chimie des leptynites. — *Bull. Soc. géol. France*, Paris, (7), XXI, 1, pp. 11-20.
- SMULIKOWSKI K. (1979). — Polymetamorphic evolution of the crystalline complex of Snieznik and Gory Zlote Mts in the Sudetes. — *Geologia Sudetica*, Wroclaw, XIV, 1, pp. 7-76.
- SMULIKOWSKI K. & SMULIKOWSKI W. (1985). — On the porphyroblastic eclogites of the Snieznik Mountains in the Polish Sudetes. — *Chem. Geol.*, Amsterdam, 50, 1/3, pp. 201-222.
- STUSSI J. M., PLOQUIN A. *et al.* (1987). — Chronology and typology of the caledonon-hercynian plutonism in France. — *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, Rabat, 335. — Sous presse.
- SUIRE J. (1982). — Signification du groupe leptyno-amphibolique de l'Artense (Massif central français) : pétrographie, relations structurales, géochimie, géochronologie et origine. — Thèse 3^e cycle, Univ. Clermont-Ferrand, II, 167 p.
- SUIRE J. & DUTHOU J. L. (1982). — Age Rb/Sr à 503 Ma (Ordovicien inférieur) d'une anatexis « ancienne » dans le groupe leptyno-amphibolique de l'Artense (Massif central français). — *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 303, II, 10, pp. 963-968.
- THIEBLEMONT D. & CABANIS B. (1987). — Nature du processus de contamination des gabbros et des dolérites de la série bimodale ordovico-silurienne du Choletais (Massif vendéen, France). — Séance spéc., Soc. géol. France : Paléovolcanisme, Paris.
- TUTUSAUS J. P. (1979). — L'horizon leptyno-amphibolique de la série métamorphique du Vivarais oriental. Etude stratigraphique, pétrographique et géochimique. — Thèse 3^e cycle, Lyon, 273 p.
- TUTUSAUS J. P., PIBOULE M. & BRIAND B. (1980). — Origine des metabasites, des leptynites et des matériaux méta-sédimentaires associés du complexe leptyno-amphibolique du Vivarais oriental. — 8^e Réunion. Ann. Sci. Terre, Marseille. — Livre en dépôt à la Soc. géol. France, p. 354.
- VIDAL P., PEUCAT J. J. & LASNIER B. (1980). — Dating of granulites involved in the hercynian fold-belt of Europe : an example taken from the granulite-facies orthogneisses at La Picheraie, southern Armorican Massif, France. — *Contrib. Mineral. Petrol.*, Berlin, 72, pp. 283-289.
- WIMMENAUER W. (1986). — Les complexes leptyno-amphibolitiques en Forêt-Noire (R.F.A.). — Séance spéc. Soc. géol. France : Les complexes leptyno-amphibolitiques, Rennes.
- WIMMENAUER W. & ADAM A. (1985). — High-pressure phenomena in acid rocks accompanying eclogites in the Schwarzwald, SW Germany. — S.I.E.C. Vienne. — *Terra Cognita*, Paris, 5, 4, p. 426.