

Les formations plutono-volcaniques dévoniennes de Rioupéroux-Livet (massifs cristallins externes des Alpes françaises) : nouvelles définitions lithostratigraphique et pétrographique

Autor(en): **Ménot, René-Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **66 (1986)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-50893>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Les formations plutono-volcaniques dévoniennes de Rioupéroux-Livet (Massifs cristallins externes des Alpes françaises): Nouvelles définitions lithostratigraphique et pétrographique

par *René-Pierre Ménot*¹

Abstract:

On the southern edge of the Belledonne massif, the Rioupéroux and Livet formations represent an interesting witness of the devono-dinantian, magmatic, metamorphic and tectonic history. Such variscan terrains are very scarce and badly defined in the Alpine crystalline external massifs (M.C.E.). Recent field and petrographic works lead to the following conclusions:

- The Rioupéroux and Livet formations consist of a tectonic superimposition of different units. The lithological content of these units differs either by their pre-metamorphic petrographic nature or by their tectonometamorphic evolution. The Rioupéroux formation includes essentially mono-metamorphic rocks of basic and acid pluto-volcanic origin, associated with related volcanoclastics. In the Livet formation, polymetamorphic amphibolites and leptynites (a pro-parte spilite-keratophyre suite: metamagmatites I) are intruded by trondhjemite sills and stocks (monometamorphic metamagmatites II).

- The metamagmatites II are sub-contemporaneous with the second metamorphic event (Sn + 1) and their intrusions induce a thermal effect which still persists after the last deformations (Sn + 2).

- The late thrust tectonics occur during this second metamorphic event (Sn + 1) but after its climax. This tectonics is responsible for the internal thrusting of the Rioupéroux and Livet formations and for the overlapping of the Séchilienne and Aveyna groups.

A such tectono-metamorphic evolution emphasizes the contribution of the Variscan ss. events to the structuration of the M.C.E.

Keywords: metamagmatites, volcanoclastics, tectono-metamorphic evolution, Variscan, external massifs, Belledonne.

Résumé:

Les formations de Rioupéroux et de Livet, dans la partie Sud du massif Belledonne, représente un des rares témoins de l'évolution dévono-dinantienne des Massifs cristallins externes alpins.

¹ UA. 10, C.N.R.S., Faculté des Sciences et Techniques, Université, 42023-Saint-Etienne, Cédex 2, France.

Des travaux de terrain récents et une étude pétrographique conduisent aux conclusions suivantes:

- Les formations de Rioupéroux et de Livet sont constituées d'un empilement d'unités tectoniques qui se caractérisent par des contenus lithologiques différant soit par leur nature pétrographique originelle, soit par leur évolution tectono-métamorphique. La formation de Rioupéroux comprend surtout des matériaux mono-métamorphiques d'origine ortho-dérivée acide et basique, en association avec des termes congénères à composante détritique. La formation de Livet montre la présence de roches polymétamorphiques, pour partie d'origine ignée (méta-magmatites I), dans lesquelles s'injectent des métamagmatites (II), acides et intermédiaires, mono-métamorphiques. Ces roches ont recristallisés dans des conditions épi- et mésozonales.

- La mise en place des métamagmatites II, essentiellement trondhjémittiques, est antérieure et contemporaine du second épisode métamorphique (D2, Sn + 1). Elle induit une influence thermique qui persiste au delà des dernières déformations (Sn + 2).

- La tectonique tangentielle, responsable de l'écaillage interne des formations et de leur chevauchement par les groupes de Séchilienne et de l'Aveyna, s'inscrit pendant ce même épisode tectono-métamorphique mais est postérieur au climax.

Cette évolution souligne l'importance de la structuration proprement varisque dans ce secteur des Massifs cristallins externes.

1. Introduction

1.1. CADRE GÉOLOGIQUE

Le massif de Belledonne appartient à la ceinture des massifs cristallins externes (M.C.E.), qui constitue le socle pré-triasique des Alpes occidentales. La basse vallée de la Romanche fournit une coupe particulièrement intéressante de ce massif, sur une vingtaine de kilomètres de long et 2000 m de dénivelé (fig. 1 et 2). Les diverses formations rencontrées figurent, avec leurs lithologies sommaires et leurs dénominations successives, dans le tableau 1.

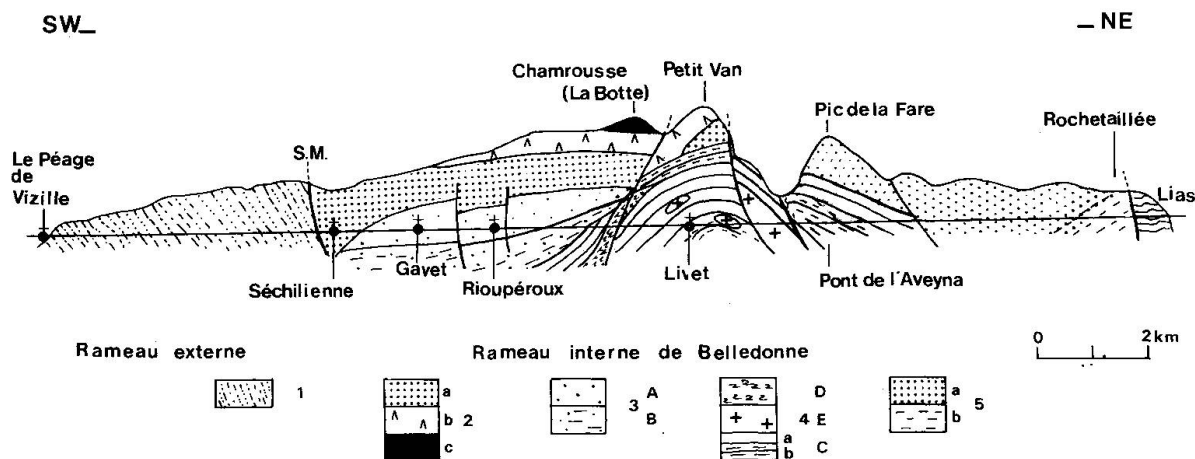


Fig. 1 Coupe de la basse vallée de la Romanche: Mise en place des différentes formations.

1: Série satinée, 2: Formations de Séchilienne et de Chamrousse-Tabor (a: amphibolites et leptynites, b: gabbros, c: serpentinites); 3: Formation de Rioupéroux (A: unité de Rioupéroux ss.; B: unité de la forêt de Rioupéroux); 4: Formation de Livet (Ca: unité leptyno-amphibolitique de la Balme, Cb: id. à intercalations gneissiques et schisteuses, D: unité micaschisteuse des Roberts, E: unité trondhjémittique de Livet); 5: Formation de l'Aveyna-Rochetaillée (a: à dominante amphibolique, b: à dominante gneissique); S.M.: synclinal médian.

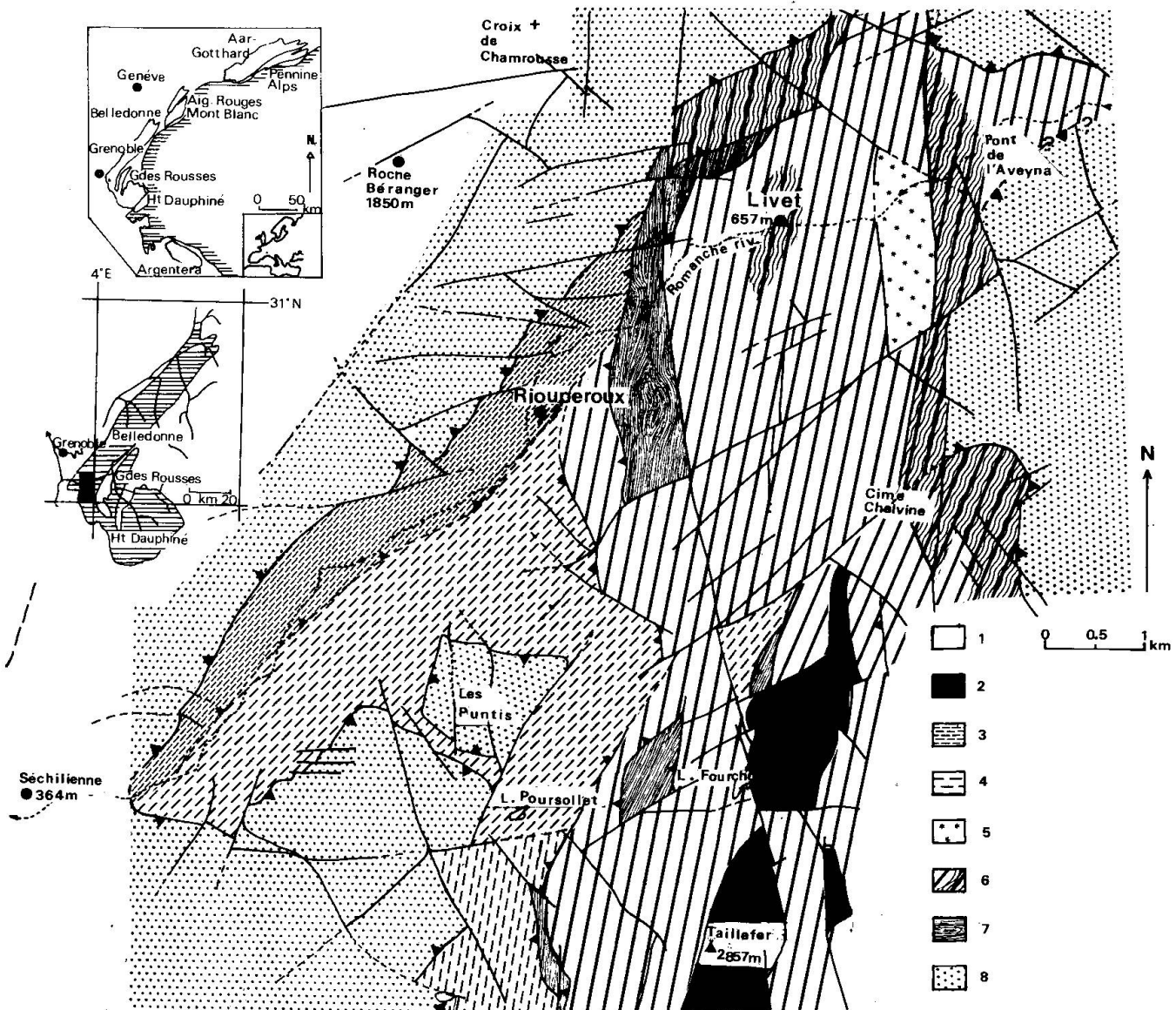


Fig. 2 Schéma géologique: d'après la carte géologique au 1/50000 de Vizille modifiée d'après observations personnelles et travaux de D. SCARENZI (1984) et H. P. RIEGEL (en cours).

1: terrains post-paléozoïques; 2: formation du Taillefer; 3: unité de Rioupéroux ss. (A); 4: unité de la forêt de Rioupéroux (B); 5: unité trondhjémitique de Livet (E); 6: unité leptyno-amphibolique de la Balme (C); 7: unité micaschisteuse des Roberts (D); 8: formations essentiellement amphiboliques, pré-dévonienne de Séchilienne-Chamrousse et de l'Aveyna-Rochetaillée (Belledonne Est).

La structure du massif de Belledonne peut être rapporté, dans ce secteur, à une voûte anticlinoriale centrée sur les formations de Rioupéroux et Livet.

Les relations entre les diverses formations, et leurs ages, ont donné lieu à deux interprétations majeures exposées dans la notice de la carte géologique de Vizille 1 / 50000 (1972). Les diverses formations correspondraient:

- soit à des unités stratigraphiques en position originelle;
- soit à des unités juxtaposées tectoniquement.

Dans le premier cas, d'après les travaux de P. BORDET (1961, 1972), la chaîne de Belledonne correspond à un domaine monocyclique anté-houiller où le métamorphisme majeur, éventuellement polyphasé et d'intensité épi- à mésozonal, est suivi de rétromorphoses jusqu'à l'époque alpine. Dans cette interprétation les âges attribués vont du paléozoïque moyen (série brune) au carbonifère inférieur (série satinée).

La seconde interprétation est proposée par CARME (1970 à 1973). Il montre que les diverses unités reconnues correspondent à des unités tectoniques qui appartiennent à deux ensembles (tab. 1):

- le complexe de Belledonne, polycyclique et d'âge briovérien moyen à supérieur, dont la structuration majeure est cadomienne (CARME, 1970, 1971a, 1972, 1973).
- la formation du Taillefer à faciès Culm, en discordance sur le complexe de Belledonne, qui représente seule le cycle hercynien.

Tab. 1 Coupe de la Romanche - subdivisions et dénominations diverses.

MICHEL et BERTHET 1958	P. BORDET 1961 - 1972	CARME 1970 a à 1973 b	MENOT	
Groupe de Vizille (arkoses + schistes (I) polymétamorphiques)	Série Satinée (I) (flysch métamorphique à passées graphiteuses)	Série Satinée (I)	Série Satinée (I)	Ouest Ramea Exter
----- S.M. -----				
Non décrite	Série verte supérieure (V) (R. volcaniques fines et pelites carbonées)	(non visible dans la coupe de la Romanche) Série du Taillefer (V) (série spilite-kéatophyre et sédim. grésopélitique)	Formation du Taillefer (V)	S.M.
Groupe de Séchillienne (polymétamorphique) - amphibolites (II) (volcanisme basique)	Séries vertes (II, III, IV) moyennes et inférieures (chloritoschistes, gneiss albitiques micaschistes amphibolites méta-gabbros serpentinites)	Formation de Chamrousse - Tabor (II) (amphibolites méta-gabbros serpentinites)	Formations de Séchillienne et de Chamrousse-Tabor. (Serpentinites métagabbros (II a et b) amphibolites leptynites)	Ramea Inter
- leptynites (III B) (tuffs remaniés et magmatisme acide)		Formation de Rioupéroux-Livet (gneiss leptiniques, leptynites amphibolites, micaschistes)	Formation de Rioupéroux (IIIa AEB) (méta-trondhjemites, Kéatophyres, micaschistes, amphibolites, leptynites)	
Groupe de l'Aveyna - migmatites amphiboliques (III. A et C IV) - septa de micaschistes (III-D) - granite de Livet (III-E)	Série brune IV (pp.) (micaschistes, amphibolites, cipolins)	(III) Formation de Belledonne (amphibolites, micaschistes, gneiss, cipolins) (IV)	Formation de Livet (III C, D et E) (méta trondhjemites, gneiss, amphibolites, leptynites, micaschistes)	
			Formation de l'Aveyna-Rochetaillée (gneiss, amphibolites, leptynites) (IV)	Est

S. M. "synclinal médian"

CARME : I à IV : Complexe de Belledonne polycyclique

V : Série du Taillefer monocyclique

A, B, C, D, E : Unités lithotectoniques (Rioupéroux - Livet).

L'empilement des unités tectoniques est associé à la tectonique varisque (tardi- à post-viséen, CARME, 1971b).

Des datations récentes (U/Pb sur zircon) ont permis de caler chronologiquement certaines de ces formations et de *privilégier l'hypothèse d'un cycle orogénique paléozoïque*. Le complexe ophiolitique de Chamrousse possède un âge cambro-ordovicien (MENOT et al., 1984a), alors que les formations de Rioupéroux et de Livet sont, au moins pour partie, dévono-dinantiennes (MENOT et al., 1984b). La juxtaposition tectonique de ces deux ensembles par les événements varisques est confirmée et considérée comme viséenne (K/Ar sur amphiboles: MENOT et al., 1985).

Malgré ces travaux synthétiques, les descriptions concernant les formations du Sud de Belledonne demeurent, à ce jour, rares et succinctes. En particulier, les formations de Rioupéroux et de Livet sont encore, lithologiquement et pétrographiquement, mal définies.

Il nous a donc semblé nécessaire de préciser ces caractères, en complément de l'étude géochimique que nous avons menée. D'autre part, les terrains rapportés au dévono-dinantien sont, dans les Massifs cristallins externes, peu représentés et mal connus (VON RAUMER, 1984).

1.2. LES FORMATIONS DE RIOUPÉROUX ET DE LIVET: ÉTAT DE LA QUESTION

1.2.1. Définition lithostratigraphique

En 1960, MICHEL et BERTHET (1958) ont établi une subdivision entre la partie Ouest, et sommitale, de ces formations (leptynites de la région de Gavet) qu'ils considèrent comme la base du groupe amphibolique de Séchilienne, et la partie Est, ou basale (secteur de Livet), qu'ils rapportent au groupe migmatitique de l'Aveyna. Si l'on excepte cette interprétation, les formations de Rioupéroux et de Livet ont toujours été considérées comme une *entité lithostratigraphique unique*. Cette entité est définie comme une succession de gneiss leptyniques, de leptynites albitiques, d'amphibolites et de prasinites, de micaschistes à grenat et, localement, staurotide et/ou disthène. Des intrusions méta-granophyriques, peu recristallisées, s'y intercalent également (BORDET, 1972; CARME 1965a, 1972): Elles sont abondantes vers la base de la série et relayées vers le haut par des méta-kératophyres riches en reliques texturales.

1.2.2. Relations avec les formations voisines

Un contact anormal plissé met en contact les différents termes lithologiques des formations de Rioupéroux et de Livet avec les formations sus-jacentes de Séchilienne-Chamrousse et de l'Aveyna-Rochetaillée (CARME, 1970, 1972,

1973a). Le passage aux séries des lacs du Taillefer, ainsi qu'aux séries leptyno-amphiboliques de Belledonne est continu (BORDET 1972; CARME, 1972). Enfin, d'après CARME (1970), la série du Taillefer serait stratigraphiquement discordante sur l'ensemble de Rioupéroux-Livet, bien que le plus souvent une accordance tectonique soit observable.

1.2.3. Métamorphisme

Ces matériaux sont polycycliques et sont affectés par «au moins, deux métamorphismes indépendants» (CARME, 1973). Toutefois, les recristallisations montrent une extension très variable et certains faciès sont particulièrement riches en reliques ignées (CARME, 1965a, 1972, 1973).

La distinction entre les formations de Rioupéroux et de Livet est essentiellement basée sur la zonéographie métamorphique: elles ont respectivement été équilibrées dans les conditions suivantes (CARME, 1972, 1973):

- Rioupéroux: «faciès amphibolite à épidote, puis faciès schistes verts (ss. faciès épidote-almandin)»;
- Livet: «faciès amphibolite (zone à staurotide puis ss. faciès almandin)».

1.2.4. Interprétation

L'origine éruptive ou pyroclastique des gneiss albitiques, des leptynites et des amphibolites a été reconnue par tous les auteurs. L'interprétation la plus complète est fournie par CARME (1965a): «le granophyre constitue des intrusions interstratifiées au sein d'une série volcanique de type spilite-kératophyre contemporaine et consanguine».

La composition chimique de ces métamagmatites révèle des teneurs originellement élevées en sodium et leur confère un caractère calco-alcalin. Par leur faible teneur en potassium, ces roches se distingueraient des dacites et rhyodacites des séries calco-alcalines classiques (CARME, 1975).

2. Définition lithostratigraphique

Les formations de Rioupéroux et de Livet ne se distinguent pas par des lithologies radicalement différentes: Seules varient les proportions et le degré de recristallisation des divers matériaux constituants.

Toutefois, dans l'état actuel des travaux, il nous semble illusoire de prétendre reconstituer une lithostratigraphie originelle complète. En effet, une tectonique tangentielle précoce, déjà suggérée par les cartes de CARME (1972, 1981) et une fracturation tardive, sub-méridienne et NE-SW démembrant ces formations.

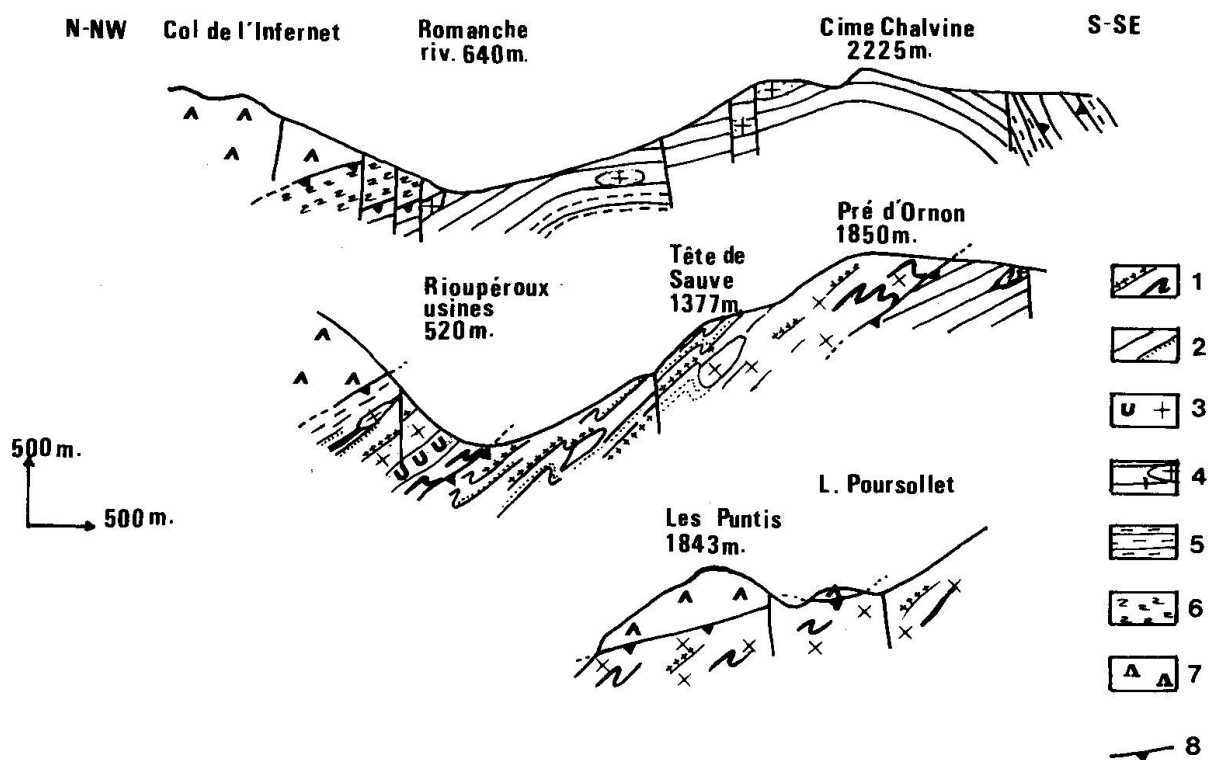


Fig. 3 Coupes d'orientation N-NW—S-SE et relations entre les diverses unités lithotectoniques des formations de Rioupéroux et de Livet. Formation de Rioupéroux: 1: kératophyres et niveau basiques; 2: micaschistes et leptynites; 3: gabbros et trondhjémites. Formation de Livet: 4: alternance leptyno-amphibolique à sills de trondhjémites; 5: alternance leptyno-amphibolique à niveaux gneissiques et schisteux; 6: micaschistes des Roberts. Formation de Séchillienne-Chamrousse: 7: essentiellement amphibolites, leptynites et métagabbros. 8: surfaces de chevauchement et d'écaillage.

Les différentes unités sont définies sur la base de quelques coupes significatives (fig. 3). Une description des divers types pétrographiques met en évidence la nature des matériaux éruptifs originels et leur évolution tectono-métamorphique. Les principales données sont résumées dans le tableau 2.

2.1. LA FORMATION DE RIOUPÉROUX

Dans la formation de Rioupéroux, sont distinguées les unités suivantes (fig. 2 et 3):

2.1.1. Unité de Rioupéroux ss.

Elle est composée essentiellement de méta-trondhjémites, -kératophyres et -microdiorites, ainsi que de quelques amphibolites et de leptynites subordonnées. Ces matériaux constituent une succession grossièrement rubanée de bancs métriques à décamétriques. Ce rubanement, pour partie primaire, résulte également d'une tectonique intense comme le montre la présence: (i) de plis isocli-

naux d'échelle métrique, (ii) de figures de boudinage et (iii) de très nombreux niveaux schisteux mylonitiques riches en muscovite. Ces niveaux schisteux, d'épaisseur très variable (cm à dm), sont concordants avec la foliation générale et plus grossièrement avec le rubanement. De telles successions sont visibles sur la rive droite de la Romanche, entre le Ponant et les Clavaux. En période d'étiage, des cumulats gabbroïques sont visibles dans le lit de la Romanche, au niveau des usines de Rioupéroux (BERTHET, 1957; SCARENZI, 1984). Ils sont recoupés par des métakératophyres, -trondhjémites, possédant parfois des bordures plus finement grenues, et appartiennent donc bien à la formation de Rioupéroux.

Le caractère peu pénétratif des déformations et des recristallisations, surtout localisées dans les zones de cisaillement étroites, a préservé les relations originales entre les matériaux (photos n° 2 et 3). On observe en particulier:

- des fragments anguleux de leptynites dans les méta-trondhjémites; ce qui traduit le caractère polyphasé et composite de l'association;
- des intrusions réciproques de méta-kératophyres, -trondhjémites et -microdiorites;
- des relations complexes entre les termes trondhjémitiques et les termes subvolcaniques basiques (microdiorites et dolérites): (i) contacts lobés et crénelés, «en chou-fleur», avec parfois différenciation de bordure dans les faciès sombres, (ii) bouffées à contours diffus de trondhjémites dans les masses basiques ou au contraire, (iii) nodules sombres ovoïdes, à bords nets, dans les plutonites acides.

Ces caractères de gisements des roches acides et basiques traduisent la coexistence de deux magmas au sein d'un complexe à caractère subvolcanique. Sur le terrain les termes intermédiaires semblent absents et le «mélange» de magmas, sous forme d'association composite, résulte essentiellement d'un brassage mécanique.

Cette unité de Rioupéroux ss. supporte tectoniquement le complexe de Séchilienne-Chamrousse.

A l'Est, l'unité de Rioupéroux semble reposer sur les micaschistes des Roberts. L'abondance des accidents tardifs (alpins?) parallèles à la vallée de la Romanche qui hachent le secteur, rend difficile l'observation des contacts.

2.1.2. Unité de la forêt de Rioupéroux

Cette unité est lithologiquement diversifiée et en dépit d'un probable écaillage interne, elle montre une lithostratigraphie cohérente (fig. 3): La *base observable* (*Ba*) est constituée de méta-trondhjémites, en grandes masses (sills?) décimétriques à hectométriques, nettement foliées et parcourues de shear-zones d'épaisseur centrimétrique à décimétrique. Dans ces granitoïdes la muscovite

est fréquente contrairement à ce que l'on observe dans les roches comparables de la formation de Livet. Les faciès subvolcaniques sont rares. Quelques niveaux amphiboliques peu épais, microplissés et largement chloritisés, montrent des relations chronologiques ambiguës avec les granitoïdes (enclaves ou filons disloqués?).

La zone Ba affleure au sommet de la route de la forêt domaniale de Rioupéroux (1400 m), et sur la piste menant du lac du Poursollet aux chalets de la Barrière.

Vers le haut, se développe une *zone de transition (Bb)* où les masses trondhjémiques sont associées à des niveaux amphiboliques, leptyniques et gneissiques riches en muscovite. L'épaisseur de ces niveaux varie de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres, ils sont dépourvus de reliques éruptives. Parallèlement les kératophyres deviennent plus abondants et montrent un gisement nettement sécant sur le litage leptyno-amphibolique et sur la foliation générale. Cette zone de transition affleure à proximité du chalet forestier des Balmettes.

Les affleurements bordant les lacets inférieurs de la route forestière ainsi que la R.N.91, entre le Clavaux et Gavet, permettent l'observation de la *partie supérieure (Bc)* de l'unité lithologique de la forêt de Rioupéroux. La formation devient plus hétérogène et montre une alternance de leptynites à muscovite, de micaschistes alumineux, de méta-grauwackes, et de rares amphibolites. Les matériaux ignés encore déterminables sont représentés par des faciès sub-volcaniques porphyriques, concordants ou discordants sur le litage, et des trondhjémites en sills métriques souvent très schistosés. Dans le détail, les relations entre ces divers composants sont complexes, la continuité latérale des bancs est faible (décamétrique le plus souvent), et les faciès mylonitiques, à foliation muscovitique, sont abondants.

En résumé, cette unité de la forêt de Rioupéroux se présente comme une unité lithologiquement cohérente, malgré une tectonisation intense. On observe de la base structurale au sommet:

- une diminution progressive du volume des termes plutoniques (méta-trondhjémites) et une représentation croissante des termes subvolcaniques (méta-kératophyres porphyriques);
- une proportion également croissante des matériaux volcano-sédimentaires à tendance pélitique et clastique. Les faciès basiques demeurent rares et se distribuent préférentiellement dans les parties profondes de l'unité de la forêt de Rioupéroux.

Les relations avec les unités voisines sont encore pour partie hypothétiques:

- avec l'unité de Rioupéroux: Le contact n'a pas été observé, il se situe en effet sous les alluvions et les cônes d'éboulis du fond de la vallée. Cartographiquement, l'unité de la forêt de Rioupéroux est sous-jacente à celle de Rioupéroux ss. Nous pensons que leurs relations sont tectoniques comme le suggèrent: (i) l'abondance des faciès mylonitiques de la partie sommitale de l'unité de la

forêt de Rioupéroux (Bc) et (ii) les différences lithologiques notables entre les deux unités.

- avec l'unité leptyno-amphibolique de Livet (cf. 2-2): Le contact avec les méta-trondhjémites basales (Ba) passe au droit du ravin du ruisseau de Rioupéroux.

- avec les amphibolites du complexe de Séchilienne-Chamrousse (klippe des Puntis). La proximité du contact est matérialisé, dans la formation leptynique et sur quelques dizaines de mètres, par: (i) la présence plus généralisée de shear-zones muscovitiques dans les méta-trondhjémites et (ii) par le développement de plis isoclinaux dans les passées méta-kératophyriques et basiques. Le contact lui-même est jalonné par des roches finement laminées.

2.2. LA FORMATION DE LIVET

Elle se subdivise en trois unités lithologiques (fig. 2 et 3):

2.2.1. Unité leptyno-amphibolique de la Balme

Cette unité est l'élément volumétriquement dominant de la formation de Livet: Elle affleure largement aux environs du village de Livet où elle constitue le cœur de la structure anticlinoriale du rameau interne de Belledonne. Elle représente de ce fait la base structurale de la formation.

Cette unité s'étend vers le Sud en direction du plateau des lacs du Taillefer, et réapparaît, sous l'unité de la forêt de Rioupéroux ou directement sous la formation de Séchilienne.

Lithologiquement, cette unité est constituée par une alternance de termes leptyniques et amphiboliques et de niveaux micaschisteux et gneissiques plus particulièrement localisés à la base. Cette alternance est définie par des variations granulométriques et minéralogiques et se reproduit à diverses échelles (centimétrique à métrique). Les contacts interbanes sont, en général, tranchés et plus rarement progressifs. Les recristallisations sont importantes et les reliques minéralogiques et texturales peu fréquentes. L'affleurement situé en amont du village de Livet, sur le bord de la R.N.91, donne un bon exemple de ce type d'alternance (photo n° 1). La régularité de ces successions leptyno-amphiboliques est perturbée par la présence des sills décamétriques de granitoïdes mésocrates ou leucocrates. Ces derniers sont comparables aux matériaux du complexe trondhjémitique (cf 2.2.3.).

Plusieurs générations de plis se succèdent sous forme: (i) d'isoclinaux, métriques à décamétriques, synschisteux et difficilement observables, (ii) d'isoclinaux, centimétriques à décimétriques, s'accompagnant localement d'une im-

portante disharmonie (rupture des flancs et charnières bourrées), (iii) de structures ouvertes décamétriques et nettement tardives. Des shear-zones, parallèles au litage et à la foliation, se développent dans les alternances leptyno-amphiboliques comme dans les sills, et contribuent à renforcer le caractère rubané de cette unité.

2.2.2. Unité micaschisteuse des Roberts

Il s'agit d'une unité lithologique homogène et monotone, formée de micaschistes exempts d'intercalations leptyniques et amphiboliques. Ces caractères la différencient radicalement des autres unités connues dans les formations de Rioupéroux et de Livet.

Ces micaschistes affleurent largement en bordure de la R.N.91, en aval du hameau des Roberts. Les relations avec les unités adjacentes sont tectoniques: A l'Est, le contact avec l'unité leptyno-amphibolique de Livet est visible, en aval de la centrale électrique des Roberts, sur la rive droite de la Romanche et dans les escarpements surplombants. Il correspond à une faille tardive marquée par des cataclasites. Toutefois, cet accident superficiel se surimpose à une discontinuité tectonique précoce et d'origine profonde entre les deux unités: Cette discontinuité est attestée par le changement brutal et sans récurrence de la lithologie et surtout par la prolifération, à la proximité du contact, de microplis isoclinaux dissymétriques et par l'amorce d'une schistosité secondaire. Plus haut dans l'escarpement, le contact est marqué par des copeaux laminés de leptynites et d'amphibolites inclus sur quelques mètres dans la semelle de la lame micaschisteuse. Le contact à l'Ouest n'a pas été repéré, mais aucune récurrence de micaschistes du type Roberts n'a été relevée dans l'unité de Rioupéroux ss.

Les micaschistes sont, dans l'ensemble de l'unité, très microplissés et de structure complexe. A l'œil nu, la minéralogie apparaît nettement polyphasée: des paillettes de biotite et des grenats flottent dans une matrice chlorito-muscovitique, localement riche en pigments carbonés.

2.2.3. Le complexe trondhjémite de Livet

Le complexe trondhjémite (ancien granite de Livet de la feuille au 1/80000 de Vizille) apparaît en un compartiment tectonique dans l'unité leptyno-amphibolique. Les contacts sont jalonnés de cataclasites et la nature des contacts originels n'est pas déterminable. L'ensemble est peu orienté et le faciès pétrographique dominant est une méta-trondhjémite claire, à biotite et amphibole primaires. Ce faciès est strictement comparable à celui des sills interstratifiés dans l'unité de la Balme. Les méta-kératophyres en filons sont nettement

accessoires. On observe également quelques niveaux de leptynites et d'amphibolites totalement recristallisées et dont les relations chronologiques avec les méta-plutonites sont, sur le terrain, ambiguës: représentent elles l'ancienne trame leptyno-amphibolique intrudée par les trondhjémites ou en sont elles des équivalents totalement ectinisés?

Tab. 2 Formations de Rioupéroux et de Livet - synthèse pétrographique.

Unité	Lithologie	Evolution tectono - métamorphique		D2			Statique
		Déformation	Paragénèses magmatiques	Sn-I ou éo-Sn	P2a Sn	Sn + 1	
A	TRONDHJ + microdiorite KERAT. Lept-amphibolites Gabbros	Alb.-olig. + Biot. + Ms (?) Alb. + Hn + Acc. Plg. Plg. + Hn. (Cpx ?)	Alb. Olig. + Chlor. + Biot. id. Hn. + Olig. + Epid. Hn. + Epid. Chlorite	?			Qtz. + Plg. id. + Hn.
R	LEPT-MICASCHISTES	Plg.	Biot. + Ms + Epid. / Biot. + Gt. + Ms. (éol. Sn + 1 ?)				Chlorite
O	Kérat.	Alb. + Biot. (?) + Ms + Acc. Alb. + Acc. + Biot. + Hn. + Ms.					Chlorite
U	Trondhj.						
P	LEPT.						
E							
R	Kérat-Trondhj	id.					
O	Micaschistes		Biot. + Ms + Epid. + Gt. (éol. Sn. + 1 ?)				Chlorite
U							
X	TRONDHJÉMITES	Alb. + Biot. (?) + Ms. + Acc. id.					
Ba	Kérat. Lept-amphibolites	Plg. + Hn.	Biot. + Ms./Hn. + Qtz. (éol. Sn + 1 ?)				Chlor.+Séricite Qtz. + Plg.
	LEPT-AMPHIBOLITES	Acc. + Plg.	Biot. + Ms. (?) + Gt. + And. Biot. + Gt. + Olig.				Ms. + Hn. + Biot. (?)... id. + Hn. Chlor. + Ms. + Hn. Qtz. + Plg. + Biot. Qtz. + Plg. + Hn.
C	Micasch-Gneiss (base)						
L	Trondhj, leucocrates et mésocrates	Alb. + Biot. + Hn. + Acc. Olig. + Hn. + Cpx. + Biot. + Acc.					
I							
V							
E	MICASCHISTES		Ms. + Biot. + Gt. + Qtz. + Alb. ?.....?				Ms. + Chlor. + Alb.
T							
E	TRONDHJ, Leucocrates Kérat. (filons) Leptynites.	Alb. + Hn. + Acc. + Biot. (?) Alb. + Hn. + Acc.					Qtz. + Plg.

RIOUPÉROUX A : unité de Rioupéroux ss. Alb.-Albite Olig.-oligoclase Sn. foliation mylonitique
B : unité de la forêt de Rioupéroux Plg.-plégioclase Biot.-biotite Ms.-muscovite Sn+1 foliation mylonitique ou schistosité de crénulation

LIVET : C : unité leptyno-amphibolique de la Balme Hn.-hornblende Epid.-épidote Sn+2 schistosité de crénulation.
D : unité micaschisteuse des Roberts Gt.-grenat St.-staurtide P2a plus isocline dissymétriques
E : unité trondhjémite de Livet Acc.= Zircon, Apatite, minéraux opaques. Chlor.-chlorite P2b plis en chevron ou Kinks.
LEPT. = faciès dominant
lept. = faciès subordonné.

En résumé, et bien qu'un important travail de cartographie détaillée et d'analyse structurale reste encore à achever, il nous paraît, d'ores et déjà, possible: (i) de définir ces unités sur la base de leurs contenus lithologiques: ils sont distincts d'une unité à l'autre, mais par contre, montrent une évolution cohérente au sein de la même unité (cf. unité de la forêt de Rioupéroux), (ii) de proposer l'hypothèse d'un empilement tectonique de ces unités comme le suggèrent sur le terrain, les discontinuités lithologiques et le développement de microstructures plissées à proximité des contacts.

3. Pétrographie et évolution métamorphique

Les principales données pétrographiques sont regroupées dans le tableau 2. Deux types de matériaux sont distingués: Les premiers, très largement recristallisés, sont totalement banalisés (leptynites, amphibolites, gneiss et mica-schistes). Les autres possèdent d'abondantes reliques ignées ou sédimentaires (méta-trondhjémites, -kératophyres, -microdiorites ou -andésites, -gabbros et -grauwackes).

3.1. GISEMENTS ET CARACTÈRES ORIGINELS

3.1.1. Les leptynites, amphibolites et faciès schisteux

- Les *leptynites*: Le terme de leptynites est utilisé ici dans son sens le plus large et sans connotation génétique: il s'agit de gneiss clairs essentiellement quartzo-feldspathiques à plans de foliation marqués, micacés ou amphiboliques. Dans la formation de Rioupéroux, elles abondent dans l'unité de la forêt de Rioupéroux. Dans l'autre unité, elles sont accessoires, mais leur présence, en enclaves dans les méta-trondhjémites, est significative de l'histoire complexe et polyphasée de ces matériaux. Dans la formation de Livet, les leptynites sont surtout représentées dans l'unité de la Balme, où elles montrent un rubanement interne défini par les variations de teneurs en minéraux sombres. Elles apparaissent également sous forme de shear-zones dans le complexe trondhjémitique.

Les textures métamorphiques (blastomylonitiques ou grano-lepido/nématoblastiques) ont oblitéré les caractères des matériaux originels. Seuls subsistent, dans les shear-zones affectant les trondhjémites, des phénoclastes plagioclasiques ou les amandes polycristallines qui en dérivent.

- Les *amphibolites*: Dans l'unité de Rioupéroux ss., les amphibolites sont fréquentes et riches en reliques magmatiques: Des metabasaltes, -andésites et diorites ont ainsi été reconnus. Ailleurs, elles sont dépourvues de textures ignées résiduelles et ne conservent, dans une trame foliée, que quelques phénoclastes plagioclasiques et/ou amphiboliques. Les amphibolites forment quel-

ques niveaux peu continus dans la forêt de Rioupéroux (Ba et Bb). Elles abondent par contre dans l'unité de la Balme (C). Les faciès sont rubanés ou homogènes, parfois micacés. La présence de minces niveaux enrichis en biotite, biotite-quartz, ou biotite-plagioclase suggère une origine tuffacée pour certaines amphibolites. Les échantillons proches des contacts tectoniques avec les formations de Séchilienne et de l'Aveyna montrent un faciès original avec développement de gerbes radiales d'amphiboles aciculaires sur les plans de foliation.

- Les faciès *micaschisteux* et *gneissiques* diffèrent sensiblement dans les deux formations:

A Rioupéroux, ces termes schisteux appartiennent essentiellement aux parties intermédiaires et supérieures de l'unité de la forêt de Rioupéroux (Bb et Bc). Leur aspect macroscopique varie en fonction de leur richesse relative en phylliteux et en matériaux quartzo-feldspathiques (micaschistes francs et gneiss glandulaires). Des gneiss schisteux renferment des plagioclases zonés et même des fragments de microgranite plagioclasiq. Ces reliques antéfoliales peuvent être interprétées comme des éléments issus du faible remaniement des matériaux ignés acides.

La formation de Livet renferme deux types de matériaux métapélitiques qui se distinguent par leur distribution, leur gisement et leur composition:

- Les micaschistes des Roberts ne montrent pas de variations minéralogiques importantes: ce sont des roches très alumineuses, à muscovite, chlorite, biotite et grenat chloritisés et localement albites ocellaires. Des amandes de quartz soulignent l'extrême déformation de ces matériaux, résultant de plissements superposés (plis en champignon, charnières et plans axiaux ployés). Ces caractères ont été clairement soulignés par CARME: («micaschistes de Livet, microplissés et polycycliques»).

- Les micaschistes de l'alternance leptyno-amphibolique de la Balme se cantonnent à la base de cette unité, en intercalations métriques passant graduellement aux leptynites et aux amphibolites. Ces roches sont, de ce fait, hétérogènes, rubanées, et plus ou moins enrichies en micas, en amphiboles et matériel quartzo-feldspathique.

Dans les micaschistes des Roberts, la composante pélitique est prépondérante alors qu'elle se conjugue à un apport volcano-détritique variable dans les faciès de la Balme.

3.1.2. Les méta-magmatites

Le gisement des méta-magmatites acides (trondhjémites et kéraatophyres) ont fait l'objet d'une description détaillée par SCARENZI (1984) et SCARENZI et al. (1985b).

- Les *kéraatophyres*: Les méta-volcanites acides sont très inégalement distribuées dans les formations de Rioupéroux et de Livet: Elles abondent dans les

parties moyennes et supérieures de l'unité de la forêt de Rioupéroux (Bb et Bc) et dans l'unité de Rioupéroux ss. Elles se présentent alors sous forme de niveaux plus ou moins bien accordés tectoniquement dans une trame leptynomicaschisteuse ou en filons sécants dans les corps trondhjémiques. Par contre, elles sont peu représentées à la base de l'unité de la forêt de Rioupéroux (Ba) et dans le complexe trondhjémique de Livet. Enfin elles sont absentes de l'alternance leptyno-amphibolique de la Balme.

Les kératophyres porphyriques possèdent 10 à 15% de phénocristaux plagioclasiques, automorphes à sub-automorphes et équants. L'enrichissement en phénocristaux de quelques échantillons se traduit par une texture glomérophyrique marquant la transition avec les microgranites et les granites plagioclasiques. Les syneusis plagioclasiques et quartzo-feldspathiques y sont localement ourlées de micropegmatites à quartz-albite.

La conservation des textures magmatiques dépend du degré de recristallisation: Les textures trachytiques et intersertales sont oblitérées par le développement, aux dépens des microlites, d'une très fine association quartzo-feldspathique à extinction onduleuse. Des plans chloritiques ou micacés, associés localement à des rubans polycristallins de quartz à sutures complexes, souligne la foliation mylonitique (photo n° 4). Cette orientation coïncide, de façon spectaculaire et quasi systématique, avec la fluidalité magmatique (So/Sn + 1). Une telle coïncidence a été décrite dans des matériaux comparables de la série dévono-dinantienne de la Brévenne (Massif Central Français) (JOUCHOUX, 1983). Devant l'état remarquable de préservation des textures ignées, il semble improbable d'envisager une réorientation mylonitique complète des microlites plagioclasiques.

- *Les trondhjémites*: Elles apparaissent dans presque toutes les unités lithotectoniques des formations de Livet et de Rioupéroux, à l'exception remarquable de l'unité micaschisteuse des Roberts, mais en proportions et sous des faciès minéralogiques variables. On distingue en effet des méta-trondhjémites leucocrates ou hololeucocrates à composition de granites plagioclasiques et des méta-trondhjémites mésocrates à tendance tonalitique.

- *Les méta-trondhjémites leucocrates* affleurent (i) en sills importants (décamétriques à hectométriques) dans les unités suivantes: Rioupéroux ss., base de la forêt de Rioupéroux (Ba), et surtout complexe trondhjémique de Livet; (ii) en niveaux concordants ou sills d'amplitude plus faible (métrique à décamétrique) partout ailleurs (forêt de Rioupéroux [Bb et Bc], la Balme). Leur granulométrie est généralement fine et leur texture équante. Dans les masses importantes, la foliation ne se développe nettement qu'au niveau de zones de cisaillement d'épaisseur centimétrique à décimétrique.

En lame mince, les leuco-trondhjémites montrent des textures intersertales porphyriques, avec une mésostase de lattes albitiques en treillis, et des textures grenues micropegmatitiques ou non. Des textures de méso- et d'accumulat ont

été déterminées dans des échantillons très enrichis en phénocristaux plagioclasiques. Ces textures ignées sont remplacées par des faciès protoclastiques, où apparaît une phase cataclastique intergranulaire quartzo-felspathique, puis par des faciès porphyroclastiques à phénoclastes plagioclasiques isolés ou en agrégats dans la matrice mylonitique, à lits ténus et discontinus de biotite et/ou d'amphibole.

- Les *méta-trondhjémites mésocrates* ont une distribution plus restreinte et sont cantonnées dans l'unité de la Balme et, dans une proportion bien moindre, dans l'unité de Rioupéroux ss. Elles constituent des masses de volume très variable (métrique à hectométrique) et sont apparemment concordantes dans la trame leptyno-amphibolique. Elles se différencient des méta-trondhjémites claires: (i) par des teneurs plus élevées en ferro-magnésiens, (ii) par l'absence de textures granophyriques, (iii) par une granulométrie plus grossière. De plus, certaines montrent des figures d'hétéradcumulats.

Par contre, les méta-trondhjémites sombres ont une évolution tectonométamorphique tout à fait comparable, avec un seul épisode de recristallisation: Les textures sont parfois protoclastiques, mais très souvent les trondhjémites sont banalisées en leptynites amphiboliques grano-nématoblastiques.

Les *paragénèses ignées relictuelles* sont identiques dans les kéraatophyres et les trondhjémites claires et sont constituées par l'association de base: quartz + albite-oligoclase + apatite + allanite + oxydes ferro-titanés, complétée de biotite et de hornblende ou de biotite et de muscovite. Cette dualité paragénétique coïncide avec une distribution particulière des granitoïdes dans les différentes unités: les trondhjémites à hornblende et/ou biotite sont présentes dans toutes les unités. Exclusives dans la formation de Livet et dominantes dans l'unité de Rioupéroux, elles sont par contre subordonnées dans la forêt de Rioupéroux où prédominent les roches à deux micas.

Le quartz est indistinguable des néogénèses ultérieures, sauf dans quelques kéraatophyres où il conserve son habitus phénocristallin globulaire.

Le plagioclase se présente sous trois formes principales:

(i) en phénocristaux automorphes à sub-automorphes, maclés albite, Carlsbad-albite et albite-péricline. Ils sont plus ou moins déformés (macles en peigne), fracturés et accompagnés d'ombre de pression. Dans les faciès subvolcaniques, les phénocristaux sont généralement limpides et ne renferment que quelques paillettes de séricite ou de chlorite et des grains de zircon. Dans les granites, ils possèdent un zonage progressif et accentué par un «clouding» de granules épidotiques au cœur. Cette zonation ne semble pas en rapport avec le degré de recristallisation métamorphique: il s'agit plus vraisemblable de réactions tardi-magmatiques de décalcification, telles qu'elles sont décrites par PARASKEVOPOULOS (1980) dans les plagioclases de l'ophiolite de Chypre. Des textures micropegmatitiques, constituées d'une symplectite vermiculaire de quartz et d'albite, peuvent se développer en auréoles autour des phénocristaux

(photo n° 5). Les vermicules sont rectilignes ou ployés en chevrons et ils s'associent en gerbes radiaires ou en rubans parallèles. Des alignements de gouttelettes albitiques ou quartziques remplacent parfois les vermicules. Dans ce cas, les gouttelettes présentent une orientation cristallographique commune et les vermicules albitiques sont en continuité optique avec les bordures des phénocristaux. Ces caractères attestent de l'origine magmatique de ces textures (SIVELL et WATERHOUSE, 1984). Les bourgeons micropegmatitiques sont peu abondants dans la mésostase. Ces figures d'eutectoïde sont fréquentes et caractéristiques de ce type de matériaux (COLEMAN et DONATO, 1979).

(ii) en microlites, également automorphes et maclés (albite) mais non zonés. Leur arrangement définit la texture doléritique de la mésostase des trondhjémities et celle, trachytique ou plus rarement intersertale, des kératophyres. Ces microlites sont plus largement corrodés, à leur périphérie, que les phénocristaux.

(iii) en cristaux xénomorphes associés au quartz dans la matrice grenue ou microgrenue des trondhjémities. Ils ne se distinguent pas des phases issues des recristallisations ultérieures.

Dans les trondhjémities claires, la composition du plagioclase, déterminée optiquement, correspond à de l'albite-oligoclase et elle est sensiblement homogène pour les différentes formes dans une même roche. Dans les kératophyres, la teneur en anorthite des phénocristaux varie de An5 à An12 et semble légèrement plus sodique (An0 à An10) dans les microlites.

Les micas s'observent en inclusions dans les phénocristaux albitiques et dans la matrice. Les premiers ont été considérés comme primaires, en effet la muscovite en larges lames à contours corrodés semble sans rapport avec la séricite issue de la dégradation du plagioclase. L'origine des micas baignant dans la matrice est par contre plus ambiguë.

L'amphibole est une hornblende verte dont les prismes trapus et non orientés sont souvent pœcilitiques avec du quartz en gouttes et des minéraux opaques granulaires ou vermiculaires. Elle est soit intersticielle dans la mésostase et ses contours sont alors corrodés, soit incluse dans les phénocristaux plagioclasiques. Ces amphiboles se groupent parfois en agrégats et en rosettes. Dans les faciès subvolcaniques elle est totalement pseudomorphosée en chlorite + épidote + sphène.

Les minéraux accessoires, apatite et zircon, peuvent être très abondants et cristallisent essentiellement dans la mésostase, avec la magnétite. Les zircons des granitoïdes ont fait l'objet d'une étude typologique détaillée (SCARENZI, 1984; SCARENZI et al., 1985a).

La *minéralogie primaire des trondhjémities mésocrates* se distingue des assemblages précédents par l'abondance de l'amphibole et la basicité plus élevée du plagioclase.

L'amphibole, une hornblende vert-jaune, en prismes trapus et équants, pro-

vient vraisemblablement de rééquilibrages chimiques, tardi- à post-magmatiques, «in situ» de pyroxènes et/ou d'amphiboles ignées. La présence du clinopyroxène est suggérée par des pseudomorphes sous la forme de phénoblastes (i) de hornblende à gouttes de quartz symplectitiques et montrant le clivage palimpseste (100) du diallage et (ii) d'hastingsite, dont le cœur est schillérisé et dont seule la bordure limpide est comparable à la hornblende vert-jeune, communément observée.

La teneur en anorthite du plagioclase varie entre 25 et 35%, on y observe encore les réactions de déstabilisation précoces, anté-métamorphes, attestée par la présence de granules d'épidote et localement de calcite.

La biotite est abondante mais son origine magmatique est difficile à déterminer.

Parmi les minéraux accessoires, l'apatite montre localement une distribution particulière en se concentrant au sein de filonets plagioclasiques anté-métamorphes.

- Les *faciès sub-volcaniques basiques et intermédiaires* sont beaucoup moins abondants que leurs équivalents acides. Ces faciès, correspondant à des métadolérites et à des méta-microdiorites, ont tous été prélevés dans l'unité de Rioupéroux ss. à l'exception de quelques échantillons provenant de l'alternance leptyno-amphibolique de la Balme.

Sur le terrain, ils se distinguent assez aisément des amphibolites par leur très fine granulométrie, par l'absence apparente d'orientation et par leur association presque systématique avec des méta-trondhjémities leuco- ou mésocrates.

Les faciès basiques se présentent en filons, plus ou moins accordés tectoniquement ou recoupant les corps acides, et en enclaves centrimétriques à décimétriques dans ceux-ci. Les bords des filons sont rectilignes et tranchés. L'ensemble filon-encaissant est ployé dans des plis métriques et sub-isoclinaux rapportés à la phase D2. Les contours des enclaves sont également nets, par contre, ils peuvent être très sinueux, avec des formes lobées et crénelées (en «choux-fleurs», photo n° 3). La bordure est alors soulignée par une fine frange sombre. De plus, les lobes sont régulièrement orientés vers le constituant acide. Une telle association composite est classiquement considérée comme résultant de la mise en contact de deux magmas distincts et de leur brassage mécanique (BLAKE et al., 1965; WIEBE, 1973; VOGEL et WILBRAND, 1978; BEBIEN, 1982). Au sein des trondhjémities, les inclusions basiques centimétriques, ont une forme ovoïde régulière et des bords francs, alors que réciproquement, les rares bouffées de matériel granitique observées dans les roches basiques sont diffuses (photo n° 2 et 3).

A l'échelle microscopique, les principales transformations relevées se produisent dans la frange externe des enclaves. On note: (i) une diminution discrète de la granulométrie, (ii) une augmentation de la fréquence des minéraux ferromagnésiens et (iii) l'apparition de lamelles de biotite équantes, alors que le

mica est absent à quelques dizaines de millimètres du contact. Ces observations confirment l'existence, d'une part, de bordures figées résultant d'un refroidissement relativement rapide (BLAKE et al., 1965; EICHELBERGER, 1978; REID et al., 1983) du matériel basique au contact du magma acide, et d'autre part, d'une légère diffusion chimique. Le phénomène de trempe est également attesté par l'habitus aciculaire des hornblendes et parfois du plagioclase (EICHELBERGER, 1978), ainsi que par la cristallisation de fines aiguilles d'apatite dans le plagioclase primaire (WYLLIE et al., 1962; REID et al., 1983). Les transferts chimiques sont plus délicats à interpréter. L'occurrence de biotite est difficilement imputable à un apport de K_2O : le granite plagioclasiq ue est hypopotassique (0.31 %) et en déséquilibre négatif, pour cet élément, avec la roche basique (0.81 %). Enfin, un dernier indice de déstabilisation physico-chimique des minéraux précoces s'exprime dans certains phénocristaux plagioclasiq ues des dolérites où l'observe une surcroissance apparemment plus sodique que le cœur. La limite entre ces deux zones est soulignée par des granules opaques et de petites amphiboles.

Dans les roches les moins recristallisées, la texture est typiquement doléritique et intersertale. La paragenèse primaire inclut amphibole, plagioclase, quartz et minéraux accessoires. Les proportions respectives des trois constituants varient assez largement, traduisant un spectre de composition basique à intermédiaire.

La hornblende a une teinte vert-bleu et ses prismes aciculaires, corrodés, forment un treillis lâche. Quelquefois, elle cristallise en individus trapus comparables à ceux des trondhjémites mésocrates. Les pseudomorphoses en chlorite-épidote-minéraux opaques sont fréquentes.

- Les *gabbros* sont extrêmement rares dans les formations de Rioupéroux et de Livet, puisqu'un seul affleurement y est connu. Décrit par BERTHET (1957) comme une diorite, ce méta-gabbro n'avait plus, depuis, été signalé.

En lame mince, le métagabbro possède encore une texture ophitique et des figures de cumulats y sont identifiables. Par contre, l'ensemble de la minéralogie primaire a été dégradé: Les anciens plagioclases sont totalement opacifiés par un mélange d'épidote, de chlorite et de séricite. Les seuls secteurs relativement limpides correspondent à des mosaïques polygonales à néo-plagioclase-quartz-épidote. Les plages ferromagnésiennes sont constituées par trois générations amphiboliques: Les plus anciennes sont phénoclastiques, de teinte vert-jaune et riches en inclusions opaques. Ces inclusions sont soit très fines et uniformément réparties (Hn I), soit concentrées dans les clivages (Hn I'). Une hornblende vert-bleu (Hn II), se développe aux dépens des deux formes précédentes. Ces petits prismes aciculaires définissent avec des chapelets de minéraux opaques et de sphère une foliation discrète.

3.2. ÉVOLUTION TECTONO-MÉTAMORPHIQUE

3.2.1. Succession et caractères des assemblages minéralogiques

De manière synthétique, cinq stades ont été distingués (tableau 2):

- *Stade prémylonitique*: Il est matérialisé par des phénoclastes d'albite et d'oligoclase et/ou d'amphibole dont la nature, éruptive ou métamorphique, est difficile à déterminer. Pourtant, dans certains échantillons le cachet igné de ces minéraux est évident: plagioclases automorphes et zonés (rééquilibrage tardimagmatique), amphibole maclée et chargée d'inclusions opaques.

- *Stade mylonitique D1*: La foliation S_n qui en résulte est marquée (i), par des rubans polycristallins de quartz, (ii) par des filets micacés et/ou amphiboliques et (iii) par des phénoclastes plagioclasiques et/ou amphiboliques. Cette foliation est préservée dans des microlithons et des amandes très aplaties selon $S_n + 1$. Les micas et les amphiboles, non déformés, s'y disposent en épis et en «arêtes de poissons» ou en charnières polygonales mimétiques des plis isoclinaux dissymétriques P2a. Ces figures s'observent difficilement dans les amphibolites et leptynites de Livet (C), où fréquemment subsiste seule une double anisotropie héritée de la transposition incomplète de la foliation S_n . Cet épisode mylonitique ancien n'affecte que quelques échantillons de Rioupérourx, alors qu'il est généralisé à Livet. Les paragenèses rapportées à ce stade sont résumées dans le tableau 2.

Dans les amphibolites de Livet, l'amphibole est difficile à distinguer des générations qui en dérivent. La basicité du plagioclase varie entre An25 et An35.

Les gneiss et micaschistes sont plus riches en grenat. Celui-ci se présente en cristaux étirés et fracturés ou globulaires. Dans le second cas, leur zonation souligne plusieurs stades de croissance avec (i) un cœur à inclusions hélicitiques de quartz, (ii) une zone intermédiaire d'aspect trouble et brunâtre, bourrée de micro-inclusions, (iii) une bordure limpide. Ce grenat (I) est clairement antérieur à la foliation majeure ($S_n + 1$) dans laquelle il est étiré et fragmenté. Il peut également être moulé par celle-ci et flanqué «d'ombres de pression» à quartz microcristallin, soit encore être inclus dans des rubans de quartz syncinématiques.

- *Stade mylonitique D2*: Il est responsable de la foliation générale dans les deux formations. Cette foliation $S_n + 1$ se développe, soit par orthogneissification de matériaux plutoniques, soit par transposition, plus ou moins complète, de la foliation S_n (photo n° 7). Dans ce dernier cas, elle est parallèle au plan axial de microplis isoclinaux dissymétriques (P2a).

Dans l'unité de la Balme, une discrète zonalité est suggérée par les variations de teinte de la hornblende (vert jaune à vert bleuté). Par contre, la teneur en anorthite du plagioclase semble varier de façon aléatoire entre 28 et 35%. La biotite, la muscovite et l'épidote prismatique sont stables dans toute l'alternance leptyno-amphibolique, alors que le grenat, peu fréquent, cristallise préférentiellement dans les échantillons enrichis en biotite. La staurotide et le dis-

thène (BERTHET 1957; CARME 1973a) n'ont pas été retrouvés dans le secteur de Livet. Par contre, dans les gneiss du Plateau du Taillefer, la staurotide est clairement contemporaine de cet épisode mylonitique (D2 - Sn + 1).

Dans la formation de Rioupéroux, le caractère métastable de la biotite et de l'amphibole est évident. La chlorite dégrade ces minéraux, en association avec des granules d'épidote, de sphène et de minéraux opaques et cristallise en lamelles limpides syn-cinématiques. Sous cette dernière forme, la chlorite apparaît comme unique minéral ferromagnésien de l'assemblage Sn + 1 (unité de Rioupéroux) ou comme complément tardif des paragenèses à biotite en marquant la chute des conditions P.T. Les micaschistes de cette formation renferment les deux générations I et II (Sn et Sn + 1) du grenat: Les grenats II constituent des chapelets de cristaux automorphes, de petite taille et le plus souvent limpides. Pourtant les plus volumineux montrent un cœur brunâtre, comparable par son aspect à la zone intermédiaire des grenats I (photo n° 6)). La superposition de ces deux enregistrements (grenats I et II) suggère un continuum de cristallisation et de déformation entre les «deux» stades mylonitiques. Le métamorphisme présenterait de ce fait un caractère plus nettement polyphasé que polycyclique.

Stades post-mylonitiques:

- Les descriptions suivantes ne concernent pas les phénomènes d'altération tardives (séricitisation, damouritisation, etc.), mais seulement les assemblages liés à l'apparition d'une schistosité de crénulation Sn + 2 et à des mécanismes de recuit postérieurs aux déformations.

- *La schistosité de crénulation* (Sn + 2), liée à des microchevrons P2b, se développe ponctuellement en relation avec les accidents chevauchants majeurs (contacts entre formations et entre unités). Elle est discordante sur la foliation principale Sn + 1.

Elle s'accompagne de la cristallisation de chlorite et de muscovite dans l'unité de la forêt de Rioupéroux et de hornblende aciculaire vert-bleu dans la formation de Livet. La chlorite, en larges lamelles limpides à teintes de polarisation brun-violacées, se distingue clairement des produits de déstabilisation de la biotite.

- *Des recristallisations tardives*, en climat statique, affectent assez largement l'unité de Rioupéroux ss. et plus sporadiquement la base de l'unité de la forêt de Rioupéroux. Elles y sont induites par l'abondance des masses trondhjémiques et des filons kéraatophyriques. A Livet, formation plus profonde, elles sont omniprésentes. Ces recristallisations se traduisent par des mosaïques polygonales de quartz et d'oligoclase (Rioupéroux et Livet) et par la génération de hornblendes pœciliblastiques (Livet). Celles-ci cristallisent en climat statique: Des inclusions de minéraux opaques et d'épidote y définissent une foliation interne prolongeant la foliation générale (Sn + 1). Ces phénoblastes se développent transversalement sur cette foliation ou de façon mimétique dans les plis P2a et

P2b. Ils constituent, en particulier, les gerbes radiaires observées sur les plans de foliation de certaines amphibolites. Ces recrystallisations oblitérent largement les structures antérieures.

3.2.2. Cas particulier des micaschistes des Roberts

L'histoire cristallogénétique des micaschistes des Roberts s'intègre mal à l'évolution décrite précédemment. La complexité des structures relevées sur le terrain est confirmée par l'examen microscopique: trois phases de déformations y ont été reconnues:

- La première correspond à un épisode mylonitique D. Il génère une foliation ancienne S1 matérialisée par des lits riches en grenats et micas et par des rubans macrocristallins de quartz.
- La seconde présente les caractères d'un plissement isoclinal Pa affectant S1 (rods de quartz).
- La dernière phase enfin développe des plis ouverts Pb «en champignon», ployant les plans axiaux des isoclinaux. Cette phase s'accompagne d'une schistosité de flux S2 à chlorite et muscovite.

Les micaschistes des Roberts ne possèdent ainsi qu'une seule foliation mylonitique S1. Si celle-ci correspond à $S_n + 1$, il faut admettre la sub-contemporanéité des deux types de plis qui exprimeraient la phase de déformation P2b. Cette diversification et cette complexification des caractères géométriques des plis P2b pourraient s'expliquer par la plasticité beaucoup plus importante des micaschistes des Roberts et par la faible épaisseur de la lame tectonique qu'ils constituent. Ces corrélations chronologiques demeurent hypothétiques, et les structures complexes, incomplètement élucidées nécessiteraient une analyse complémentaire.

3.3. RELATIONS CHRONOLOGIQUES DES DEUX ENSEMBLES PÉTROGRAPHIQUES

A la séquence déformation–recrystallisation unique des métamagmatites s'opposent les deux stades successifs (S_n et $S_n + 1$) relevés pour la structuration de la plupart des amphibolites et leptynites. Il semble donc logique de corrélérer cette séquence avec l'épisode mylonitique (D2, $S_n + 1$). Cette conclusion est confirmée par l'observation des relations structurales entre les trondhjémites et leur encaissant. En effet:

(i) Dans l'alternance leptyno-amphibolique de la Balme, des contacts entre méta-trondhjémites et amphibolites encaissantes sont affectés par des microplis subisoclinaux et dissymétriques, caractéristiques de la phase D2 (P2a). Au microscope, la foliation unique développée dans le granitoïde apparaît comme

l'homologue de la foliation $S_n + 1$, transposée de S_n selon les microplis P2a, dans les metabasites.

(ii) Dans la même unité lithotectonique, le contact entre méta-trondhjémities et amphibolites est souligné par une bordure réactionnelle enrichie en phénoblastes de hornblende. Or ces amphiboles sont réduites à l'état de clastes dans la foliation $S_n + 1$ (photo n° 8).

(iii) Dans l'unité de Rioupéroux ss. (A) où les recristallisations métamorphiques sont peu pénétratives, on peut observer, emballés par les granites plagioclasiques, des fragments anguleux de leptynites totalement recristallisées et montrant des textures polygonales de recuit (photo n° 2).

Ces observations situent, à notre avis, la mise en place des granitoïdes, et par extension l'épisode plutono-volcanique, entre les deux épisodes mylonitiques et métamorphiques reconnus dans les leptynites, amphibolites et micaschistes.

4. Conclusions

Le tableau 2 et les descriptions précédentes permettent de résumer les résultats suivants:

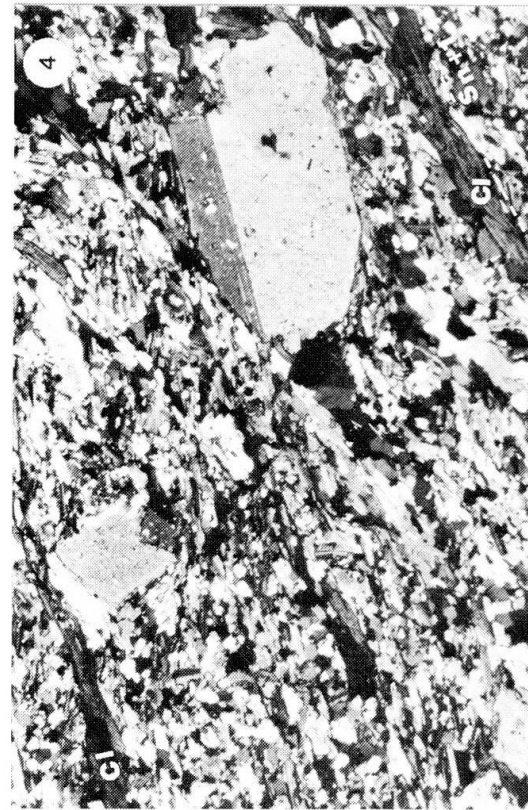
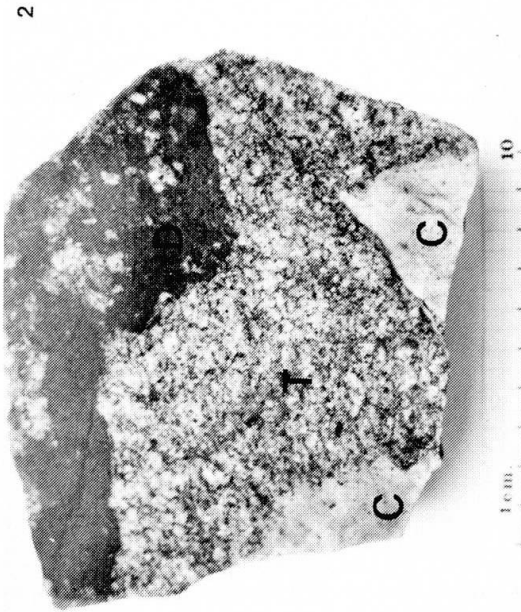
4.1. LITHOLOGIE

Deux ensembles de roches ont été distingués sur la base de leurs évolutions tectono-métamorphiques différenciées.

- Le premier est constitué d'amphibolites, de leptynites, de micaschistes et de gneiss qui montrent une évolution complexe où se superposent deux foliations mylonitiques, et localement, une schistosité de crénulation. Des reliques minéralogiques, et plus rarement texturales, suggèrent une origine ignée pour de nombreux matériaux acides et basiques de ce premier groupe (méta-magmatites I).

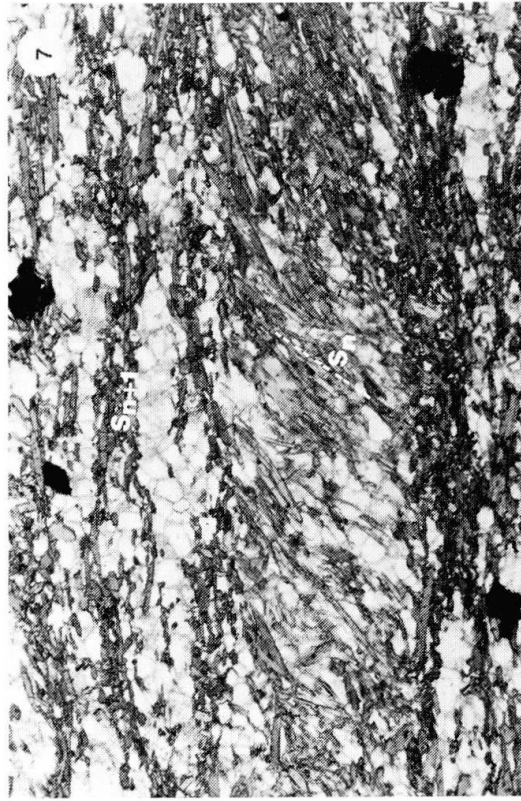
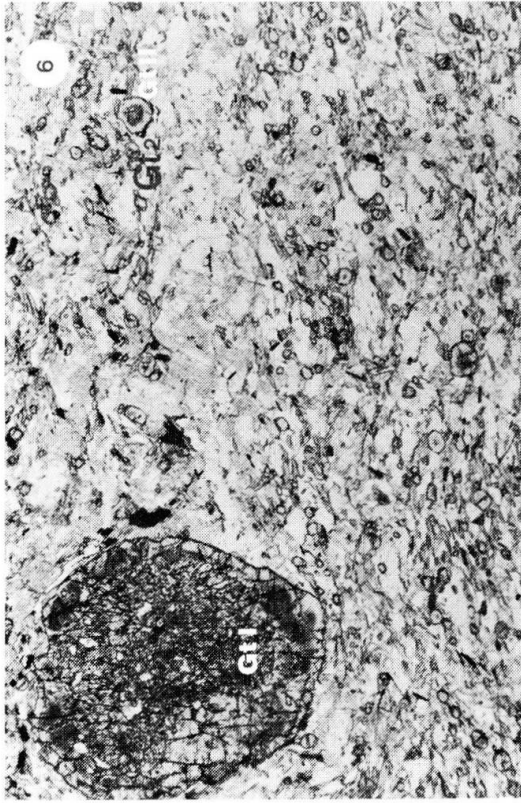
- Le second ensemble comprend des granitoïdes, leurs équivalents volcaniques et sub-volcaniques (méta-magmatites II) ainsi que des grauwackes congénères. La composition des méta-magmatites varie d'un pôle gabbroïque, peu représenté, à un pôle trondhjémitique. Ces roches sont peu recristallisées et leur structuration tectono-métamorphique monophasée est contemporaine de l'épisode mylonitique second (D2, $S_n + 1$). La mise en place des corps trondhjémitiques et du volcanisme kéraatophyrique associé est vraisemblablement antérieure à sub-contemporaine des contraintes D2 et du plissement P2a. L'apport thermique lié à ces intrusions permet alors l'établissement d'un gradient de température élevé, qui se matérialise dans l'encaissant par les textures de recuit, à proximité immédiate des corps trondhjémitiques dans les zones superficielles, et plus largement dans les zones profondes.

Plat 1



① Alternance leptyno-amphibolite de la Balme (formation de Livet) incluant des sills de trondhjemites claires. (Cliché D. SCARENZI, 1984.) ② Contacts lobés entre une trondhjemite (T), à enclaves anguleuses de leptynite (L) et une microdiorite (D) à bouffées diffuses de trondhjemites (unité de Rioupéroux ss.). (Cliché D. SCARENZI, 1984.) ③ Contacts dentelés entre une trondhjemite et une microdiorite, traduisant un mélange mécanique des deux magmas (unité de Rioupéroux ss.). ④ Texture trachytique fluidale à phénocristaux d'albite préservée dans un kératophyre (unité de la forêt de Rioupéroux), foliation Sn + I à chlorite (Cl). (4 × 10; Lum. analysée.)

Plat 2



⑤ Texture micrographique à quartz-albite en bordure des phénocristaux et dans la mésostase. Trondhjemite claire (complexe trondhjemitique de Livet). (4 × 10, Lum. analysée.) ⑥ Deux générations de grenats (Gt I et Gt II) dans un micaschiste de la forêt de Rioupéroux ; respectivement ante et syn Sn + 1. (4 × 10, Lum. naturelle.) ⑦ Foliation mylonitique Sn préservée dans un microolithon. Amphibolite feldspathique de l'unité leptyno-amphibolite de la Balme. (4 × 10, Lum. naturelle.) ⑧ Contact intrusif d'une trondhjemite claire dans une amphibolite feldspathique. La bordure est soulignée par un enrichissement en hornblendes réduites à l'état de phénoclasts dans la foliation Sn + 1 (unité leptyno-amphibolite de la Balme). (4 × 10, Lum. naturelle.)

Lors des événements magmatiques, les trondhjémites mésocrates pourraient précéder quelque peu les trondhjémites claires.

4.2. LITHOSTRATIGRAPHIE

On retrouve les mêmes faciès pétrographiques dans les deux formations de Rioupéroux et de Livet, mais ils apparaissent en proportions différentes selon les unités considérées.

4.2.1. Formation de Livet

L'essentiel de cette formation est constituée par l'unité leptyno-amphibolique de la Balme où dominant (i) les matériaux polymétamorphiques et (ii) les faciès basiques et intermédiaires (amphibolites et trondhjémites mésocrates).

Les deux autres unités, micaschisteuse et trondhjémiques, sont intercalées tectoniquement au sein de l'alternance leptyno-amphibolique. L'unité micaschisteuse possède des caractères lithologiques qui la différencie radicalement des unités environnantes et semble sans relation génétique avec la formation de Livet au sens strict. Le complexe trondhjémitique est constitué, pour l'essentiel, de trondhjémites leucocrates et de kérotophyres filoniens, donc de matériaux mono-métamorphiques.

4.2.2. Formation de Rioupéroux

Elle se caractérise globalement par la faible proportion de roches polymétamorphiques.

L'unité de Rioupéroux ss. est formée par une association magmatique composite acide-basique faiblement recristallisée.

L'unité de la forêt de Rioupéroux se compose d'une trame, volumétriquement faible, de leptynites, micaschistes et rares amphibolites à caractère polymétamorphique et de méta-kérotophyres, -trondhjémites, -grauwackes. Une pseudostratigraphie grossière est définie par les proportions relatives de ces divers constituants (Ba, Bb, Bc).

4.3. ÉVOLUTION TECTONO-MÉTAMORPHIQUE; CARACTÈRES DES DÉFORMATIONS ET DES RECRISTALLISATIONS

4.3.1 Caractère des déformations

L'épisode tectonique D1 est matérialisé par la génération d'une foliation mylonitique (Sn) dans certaines amphibolites, leptynites et méta-sédiments. Cette foliation (Sn) se développe aux dépens d'assemblages ignés ou de phases pla-

gioclasiques et amphiboliques d'origine magmatique ou métamorphique (?). Elle est préservée à Rioupéroux et très largement oblitérée par les recristallisations ultérieures dans l'unité leptyno-amphibolique de la Balme.

L'épisode tectonique D2 se traduit par des structures diversifiées:

- Dans les matériaux polymétamorphiques, la foliation S_{n+1} transpose totalement S_n dans les zones profondes (Livet) alors qu'une schistosité de crénulation se surimpose seulement dans les parties superficielles (Rioupéroux). Ces discontinuités S_{n+1} sont liées aux microplis aigus P2a ou à un système de micro-cisaillements.

- Dans les méta-magmatites II, et en particulier dans les granitoïdes, la tectonique D2 se matérialise (i) par des textures protoclastiques, (ii) par une foliation parfois discrète. Les déformations sont peu pénétratives, par contre des contacts plissés (P2a) encaissant-granitoïdes ont été observés.

La schistosité de crénulation (S_{n+2}), en relation avec les microplis ouverts dissymétriques (P2b), se cantonne aux zones de contacts entre unités et entre formations.

4.3.2. Caractères des recristallisations

Une caractérisation précise des conditions métamorphiques ayant prévalu dans les formations de Rioupéroux et de Livet se heurte à la rareté des faciès alumineux (tableau 2).

- Les paragenèses rapportées au premier épisode métamorphique (S_n) sont peu différenciées selon les diverses unités. Les conditions P-T sont proches de celles des faciès amphibolite à épidote et amphibolite.

- Le second épisode métamorphique (S_{n+1}) affecte toutes les roches. Ses caractères diffèrent selon la formation considérée.

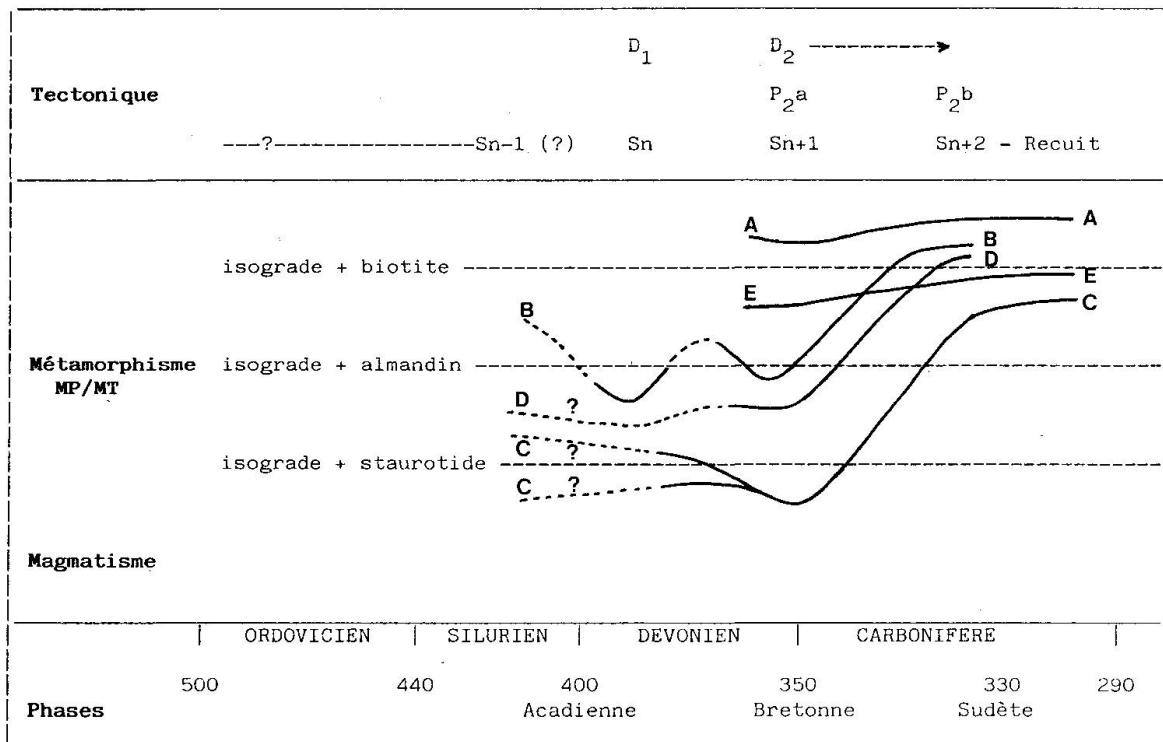
Dans la formation de Rioupéroux, les conditions P-T se situent aux limites entre faciès schistes verts et amphibolite. On observe la transition biotite-chlorite dans l'espace (unité de Rioupéroux ss.) et dans le temps (chloritisation anté S_{n+2} du mica et de l'amphibole).

Dans la formation de Livet, une zonéographie normale se manifeste de la base au sommet de l'unité leptyno-amphibolique de la Balme (C). Les paragenèses sont équilibrées dans les faciès amphibolite et amphibolite à épidote.

La distribution des paragenèses S_{n+1} fait apparaître une zonéographie d'ensemble, certes grossière, mais cohérente avec la superposition, des différentes unités lithostratigraphiques (tabl. 2, fig. 1).

- Les recristallisations tardives, post-mylonitiques correspondent à deux phénomènes distincts. Il s'agit, d'une part, de la néogenèse dans la schistosité S_{n+2} de chlorite limpide (formation de Rioupéroux), de biotite et de hornblende (formation de Livet) et d'autre part, d'une recristallisation polygonale, quartzo-feldspathique avec apparition sporadique (Livet) d'actinote équante.

Tab. 3 Formations de Rioupéroux et de Livet - chronologie proposée des événements magmatiques, métamorphiques et tectoniques.



Unités:
 A = de Rioupéroux ss. C = de la Balme
 B = de la forêt de Rioupéroux D = des Roberts (micaschistes)
 E = de Livet (trondhjémites)

Ces recristallisations sont associées à des secteurs particuliers: dans les contacts tectoniques majeurs, à proximité des masses trondhjémiques et plus largement dans les zones profondes. Elles sont sub-contemporaines comme l'atteste le continuum de cristallisation, syn- à post-cinématique (P₂b) des amphiboles (Livet). La tectonique tangentielle (P₂b), post foliale (Sn + 1), s'effectue dans un contexte où perdure une influence thermique élevée.

4.4. DISCUSSION

Le tableau 3 s'appuyant sur les récentes datations (MENOT et al., 1984a et b, 1985) propose une chronologie des événements magmatiques et tectono-métamorphiques relevés dans les formations de Rioupéroux et de Livet. Il fait apparaître l'importance du magmatisme dévonien et de la structuration tectono-métamorphique varisque dans un domaine souvent considéré comme beaucoup plus ancien.

L'existence, dans les Massifs cristallins externes, de tels domaines supra-crustaux structurés au Carbonifère inférieur permet de compléter les schémas d'évolution de ce segment de chaîne hercynienne qui privilégiaient les domaines profonds à structuration dévonienne.

Les relations génétiques éventuelles entre les diverses méta-magmatites et leur signification géodynamique sont abordées dans une étude géochimique parallèle.

Remerciements

Mes remerciements à J. F. von Raumer (Fribourg) et M. Piboule (Grenoble) dont les critiques et suggestions ont marqué ce manuscrit ainsi qu'à D. Scarenzi (Grenoble) pour les fructueuses discussions sur le terrain.

Références

- BEBIEN, J. (1982): L'association ignée de Guevgueli (Macédoine grecque). Expression d'un magmatisme ophiolitique dans une déchirure continentale. Thèse Univ. Nancy I, 467 p.
- BERTHET, P. (1957): Les formations cristallophylliennes de la chaîne de Belledonne dans la vallée de la Romanche (Isère). D.E.S. Univ. Grenoble.
- BLAKE, D.H.; ELWELL, R.W.D.; GIBSON, I.L.; SHELHORN, R.R. et WALKER, G.P.L. (1965): Some relationships resulting from the intimate association of acid and basic magmas. *Quart. J. Geol. Soc. Lond.*, 121, 31-49.
- BODINIER, J.L.; DUPUY, C.; DOSTAL, J. et CARME, F. (1981): Chemistry of ophiolite from the Chamrousse complex (Belledonne massif, Alpes). *Contrib. Mineral. Petrol.* 78, 339-388.
- BORDET, P. (1961): Sur la géologie du massif de Belledonne (ss.). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 252, 3, 434-436.
- BORDET, P. (1972): Notice de la carte géologique de la France à 1/50000, feuille de Vizille (XXXIII-35) 35 p.
- CARME, F. (1965a): Sur deux formations, d'origine volcanique, des schistes cristallins anté-houillers de la chaîne de Belledonne (Alpes françaises) *C.R. Acad. Sci. Paris*, 260, 9, 6401-6404.
- CARME, F. (1965b): Existence de deux formations détritiques remarquables (conglomérats et flyschs) dans les schistes cristallins anté-houillers du Taillefer (Chaîne de Belledonne, Alpes françaises). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 260, 9, 6656-6659.
- CARME, F. (1970): Age briovérien probable de la majeure partie des séries supposées dévono-dinantiennes et existence d'un cycle orogénique anté-hercynien, sans doute cadomien, dans la chaîne de Belledonne (Alpes françaises). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 271, D, 631-633.
- CARME, F. (1971a): Le problème de l'âge des séries cristallophylliennes des Massifs cristallins externes: corrélations entre deux schémas structuraux récemment proposés, respectivement pour la chaîne de Belledonne et le Haut Dauphiné cristallin. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 273, D, 1671-1674.
- CARME, F. (1971b): Les phases successives de déformation continue dans l'ensemble Belledonne-Aiguilles Rouges (Massifs cristallins externes, Alpes françaises). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 273, D, 1771-1774.
- CARME, F. (1972): Notice de la carte géologique de France 1/50000, feuille de Vizille (XXXIII-35) 35 p.
- CARME, F. (1973): Précisions sur le métamorphisme majeur des schistes cristallins de la chaîne de Belledonne; essai de zonégraphie et distribution verticale des zones au niveau de la coupe de la Romanche. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 277, D, 2133-2136.
- CARME, F. (1975): Caractères chimiques de deux exemples de roches magmatiques pré-orogéniques du socle anté-houiller des Massifs cristallins externes alpins et des Monts du Lyonnais. *C.R. Acad. Sci., Paris*, D, 281, 89-92.
- COLEMAN, R.G. et DONATO, M.M. (1979): Oceanic plagiogranite revisited in: Barker, F. (Ed.): *Trondhjemites, dacite and related rocks* (p. 149-168). *Development in Petrology* n° 6, Elsevier, Amsterdam.

- EICHELBERGER, J.C. (1978): Andesitic volcanism and crustal evolution. *Nature*, 275, 21-27.
- JOUCHOUX, P. (1983): La série métamorphique spilito-kératophyrique dévono-dimantienne de la Brévenne occidentale: étude cartographique, pétrographique et géochimique (Massif Central français). Thèse 3^e cycle, Univ. Lyon I, 155 p.
- KRUMMENACHER, D.; BORDET, P. et LE FORT, P. (1965): Les massifs externes alpins et leurs séries métamorphiques. Problèmes de raccords stratigraphiques et géochronométriques. *Bull. suisse minéral. pétr.*, 45, 2, 855-874.
- LAURENT, R. et CHESSEX, R. (1968): Considérations sur le Paléozoïque dans les Alpes occidentales. *Eclogae. geol. Helv.*, 61, 1, 1-18.
- MENOT, R.-P.; PEUCAT, J.J., PIBOULE, M. et SCARENZI, D. (1984a): Cambro-ordovician age for the ophiolitic complex of Chamrousse-Tabor (Belledonne massif, French external alpine domain). Meet. "Ophiolites through time", Nancy, résumé in: *Ofioliti*, 10, 527.
- MENOT, R.-P., PEUCAT, J.J.; SCARENZI, D. et PIBOULE, M. (1984b): A (continental?) volcanic arc of devono-carboniferous age in the french alpine external massifs: The Rioupéroux and Livet formations (Romanche valley, Belledonne massif). Meet. "Ophiolites through time", Nancy, résumé in: *Ofioliti*, 10, 528.
- MENOT, R.-P.; BONHOMME, M.G. et VIVIER, G. (1985): Upper viséan cooling ages of amphiboles: Isotopic evidence of a late variscan nappe tectonics in the Belledonne massif (French external Alps). *EUG III*, Strasbourg, résumé in: *Terra Cognita*, 5, 2-3, 251.
- MICHEL, R. et BERTHET, P. (1958): Les formations cristallophylliennes de la chaîne de Belledonne dans la vallée de la Romanche (Isère). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 246, 12, 1888-1890.
- PARASKEVOPOULOS, G.M. (1980): Données nouvelles sur le mécanisme d'albitisation des plagioclases au cours de la formation des spilites des cortèges ophiolitiques de Grèce. In: Panayiotou, A. (Ed.): *Ophiolites, proceedings "International ophiolites symposium, Cyprus, 1979"* (p. 341-346), Ministry of Agriculture and Natural Resources, Geological survey Department, Nicosia, Cyprus.
- RAUMER, J. VON (1984): The External massifs; relics of Variscan basement in the Alps. *Geol. Rundsch.*, 73, 1, 1-31.
- REID, J.B.; EVANS, O.C. et FATES, D.G. (1983): Magma mixing in granitic rocks of the central Sierra Nevada, California. *E.P.S.L.*, 66, 243-261.
- SCARENZI, D. (1984): Les granites sodiques et les roches associées de l'ophiolite de Chamrousse-Tabor et du groupe de Rioupéroux-Livet (Isère, France) - Pétrographie et Géochimie - Thèse Univ. Grenoble I, 258 p.
- SCARENZI, D.; HERMITTE, D.; MENOT, R.-P. et PIBOULE, M. (1985): Les zircons des plagiogranites du complexe ophiolitique de Chamrousse-Tabor et des granites sodiques du groupe de Rioupéroux-Livet (Massifs cristallins externes, Alpes françaises): Morphologie, typologie et implication pétrogénétiques. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 301, II, 16, 1189-1192.
- SCARENZI, D.; MENOT, R.-P. et PIBOULE, M. (1985b): Diversité du gisement des granitoïdes sodiques: deux exemples au sud du Massif de Belledonne (Isère, France), *Géologie Alpine*, 61, 145-163.
- SIVELL, W.S. et WATERHOUSE, J.B. (1984): The Patuki intrusive suite: closed-system fractionation beneath a slow-spreading ridge. *Lithos*, 17, 1-18.
- VOGEL, T.A. et WILBRAND, J.T. (1978): Coexisting acidic and basic melts geochemistry of a composite dike. *J. of Geol.*, 86, 3, 353-371.
- WIEBE, R.A. (1973): Relations between coexisting basaltic and granitic magmas in a composite dike. *Amer. J. Sci.*, 273, 130-151.
- WILLYE, P.J.; COX, K.G. et BIGGAR, G.M. (1962): The habit of apatite in synthetic systems and igneous rocks. *J. Petrol.* III, 2, 238-243.

Manuscrit reçu 3 octobre 1985, manuscrit révisé accepté 15 août 1986.