

TYPOLOGIE DES GRANITOÏDES HERCINIENS ET ZONATION MAGMATIQUE DANS LE MASSIF DU HAUT DAUPHINE

Pascal VITTOZ*, René COSTARELLA*, Gérard VIVIER* et Richard OLIVER**

Résumé

Les distributions des terres rares des granitoïdes du massif du Haut Dauphiné révèlent une zonalité magmatique W-E, confirmée par l'étude de la morphologie des populations de zircon. Ce résultat vient confirmer et compléter ceux des travaux antérieurs.

D'Ouest en Est, les caractéristiques des granitoïdes suggèrent une origine de plus en plus profonde; et l'on passe de granitoïdes typiquement crustaux à des granitoïdes d'affinité alcaline d'origine principalement mantellique, dont l'extension est limitée à la bordure orientale du massif. On reconnaît ainsi une polarité magmatique à l'échelle du massif du Haut Dauphiné.

Ce magmatisme se rapproche de celui que l'on observe en d'autres points de la chaîne hercynienne dont il paraît être caractéristique. Les variations que l'on peut mettre en évidence sur la position de la source dépendent de la géométrie de la collision, et s'expliquent par les modèles thermiques des zones de collision développés par England et Thompson (1986).

Abstract

The distribution of REE in granitoids from the massif of the Haut Dauphine, French Western Alps, have highlighted a W-E magmatic zonation. This zonation is confirmed by a study of zircon morphology. These results confirm and corroborate the results of earlier workers.

From W to E the changing characteristics of these granitoids suggests a deepening of the source material, from granitoids having a definite crustal signature in the W, they pass to rocks with alkaline affinities on the extreme eastern edge of the massif. These last having their source in material of mantle origin.

This style of magmatism has been observed in other parts of the Hercynian chain and appears to be characteristic for this orogenic event. This behaviour can be explained by variations in the source material, the collision geometry and the differences in thermal models for collision zones as suggested by England and Thompson (1986).

* Institut Dolomieu, UA 69 CNRS, Université Joseph Fourier, 38031 Grenoble

** Institut Laue Langevin, Grenoble, France

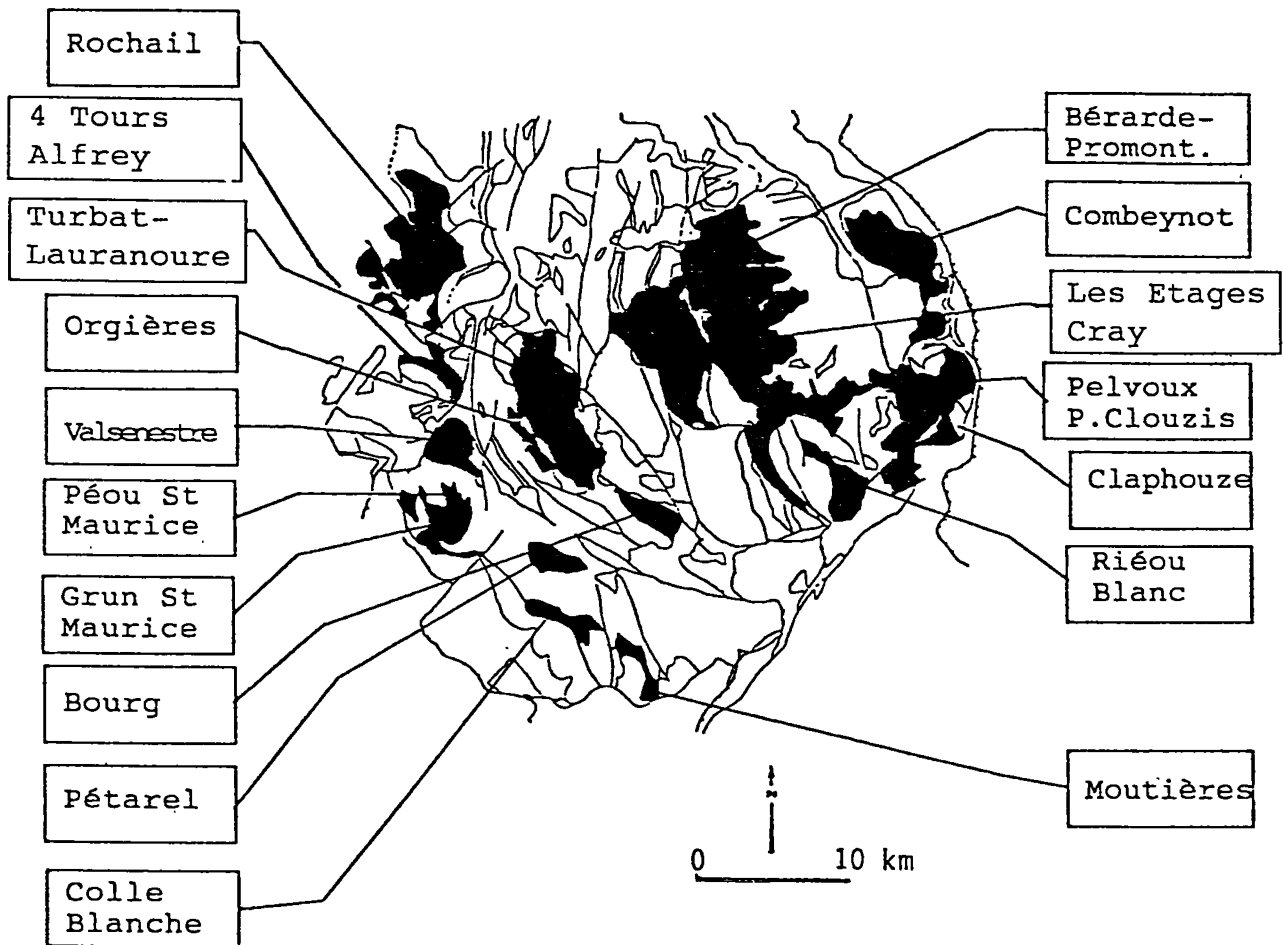


Figure 1 : Les principaux granitoïdes du massif du Haut Dauphiné.

Principal granitoids of the Haut Dauphine massif.

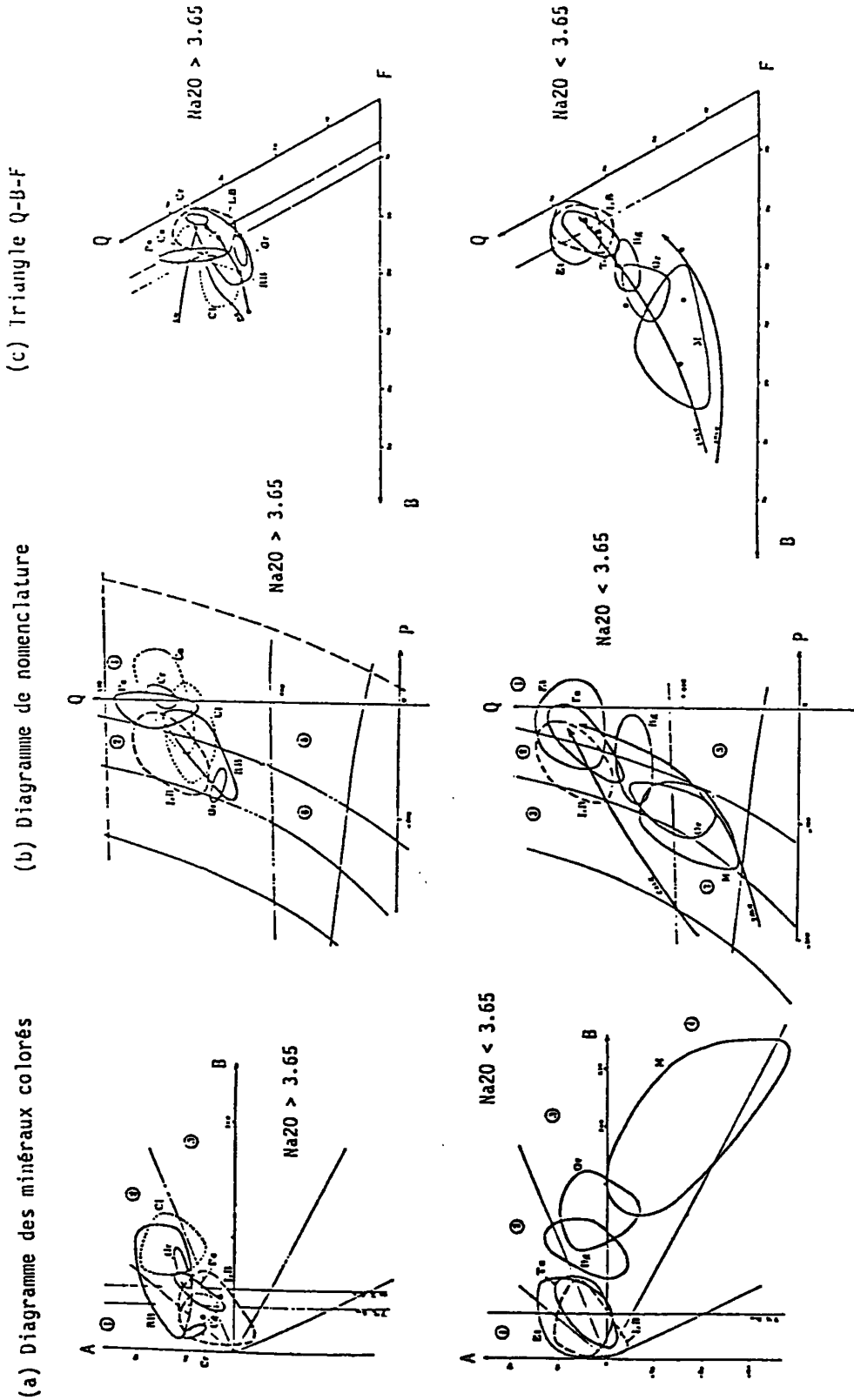


Figure 2 : Diagrammes des minéraux colorés, de nomenclature et triangle Q-B-F (Debon et Le Fort, 1981) (D'après Pécher, 1984).

Diagrams of coloured minerals, classification and Q-B-F triangle (Debon and Le Fort, 1981) (From Pécher, 1984).

(Bg : Bourg, Cl : Claphouse, Co : Combeynot, Cr : Cray, Et : Etages et Ailefroide, Gr : Grun, LB : La Bérarde, M : Colle Blanche et Moutières, Or : Orgières, Pe : Péou de St Maurice, RB : Riéou Blanc, Tu : Turbat-Lauranoure, CaIk : Lignée calco-alcaline, SaIk : Lignée subalcaline)

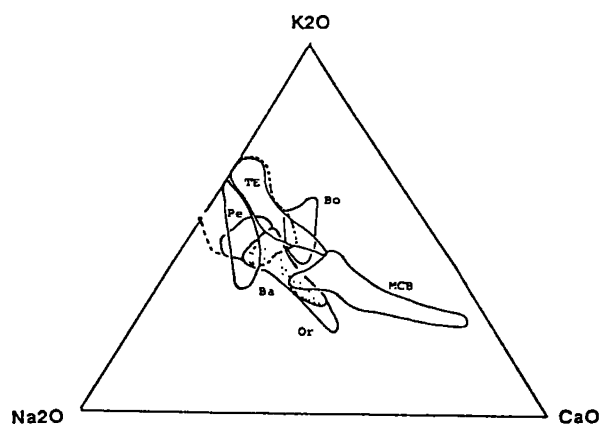


Figure 3 : Diagramme $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}$. En trait continu : les granitoïdes de la lignée monzonitique, en tiretés : ceux de la lignée alumino-sodique.

$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}$ diagram. Continuous line : monzonite granitoids, dotted line : aluminosodic granitoids.

(TE : Turbat-Lauranoure, Bo : Bourg, MCB : Moutières et Colle Blanche, Pe : Pelvoux, Ba : Bans, Or : Orgières)

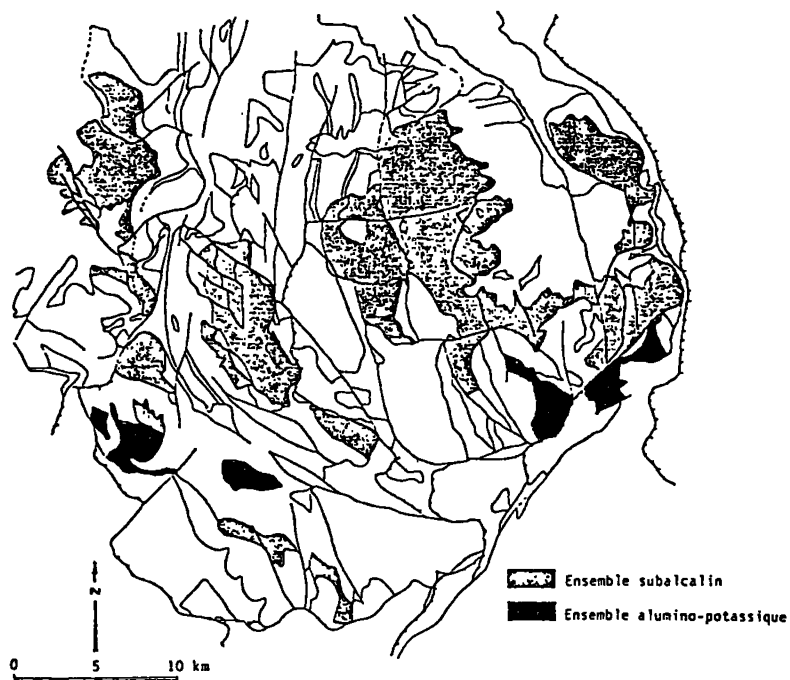


Figure 4 : Répartition des granitoïdes du Haut Dauphiné selon la classification définie à partir des diagrammes de De La Roche et Stussi (1982).

Distribution of the granitoids from the Haut Dauphiné after the classification as given by De La Roche and Stussi (1982).

Dans le massif du Haut Dauphiné, de nombreux plutons granitoïdes ont été reconnus. Organisés en unités de taille variable, ils occupent approximativement la moitié de la superficie du massif.

De nombreux travaux (Ozocak, 1965; Barbiéri, 1970; Pécher, 1970, 1971; Le Fort et Pécher, 1971; Bartoli, 1973; Le Fort, 1973; Barféty et Pécher, 1984) ont permis de dégager les principales caractéristiques structurales, pétrologiques, minéralogiques et géochimiques. Ces dernières ont donné lieu à de nombreuses classifications, et c'est la géochimie des éléments majeurs qui a permis d'établir une véritable typologie (Stussi et al., 1983).

La présente étude, basée sur l'analyse des terres rares (REE) et sur l'étude de la morphologie des populations de zircons d'un certain nombre de ces granitoïdes (Fig.1), vient compléter cette typologie .

1. Caractéristiques principales des granitoïdes hercyniens du massif du Haut Dauphiné

Les granitoïdes hercyniens de ce massif sont caractérisés par leur teneur élevée en K₂O. Une distinction basée sur des critères minéralogiques et chimiques (Debon et Le Fort, 1983) a fait ressortir l'existence de deux lignées magmatiques (Le Fort, 1973; Barféty et Pécher, 1984)(Fig.2). La première (parmi les massifs étudiés figurent les granites de la Bérarde-Promontoire, de Riéou Blanc, des Quatres Tours, du Grun de St Maurice, du Péou de St Maurice et du Rochail) constitue l'ensemble alumino-sodique, caractérisé généralement par la présence de muscovite et la nature albitique du plagioclase. La seconde (parmi les massifs étudiés figurent les granites de Colle-Blanche, de Moutières, du Bourg, de Turbat-Lauranoure, des Etages, du Pic de Valsenestre), à caractère monzonitique, se distingue de la précédente par la rareté de la muscovite et la présence d'oligoclase et de hornblende dans les termes les plus sombres.

Il est néanmoins difficile de séparer les termes les plus leucocrates des deux séries, et la teneur en Na₂O paraît être le meilleur critère (Barféty et Pécher, 1984). Elle est inférieure à 3,65% dans l'ensemble monzonitique et supérieure à cette valeur dans l'ensemble alumino-sodique.

Par leurs caractères particuliers, deux granites se distinguent de ces lignées : le granite du Combeynot à

caractère potassique très marqué et le granite de Claphouse intermédiaire entre les deux lignées précédemment définies.

Si les granites de la lignée alumino-sodique sont constitués d'entités bien distinctes et relativement homogènes (les variations chimiques sont faibles au sein de chaque massif), il n'en est pas de même pour ceux de la lignée monzonitique pour lesquels les variations sont parfois importantes. Le Fort (1970, 1973) souligne ce fait depuis la granodiorite de Colle-Blanche et de Moutières, celle du Bourg jusqu'au granite de Turbat-Lauranoure. Ces derniers avec celui des Etages, se distinguent au sein de l'ensemble monzonitique par leur caractère légèrement plus potassique (Fig.3).

A l'issue du PICG-27 (Santallier, 1983; Stussi et al., 1983), en se fondant sur les diagrammes chimico-minéralogiques de De La Roche et Stussi (1982), Stussi et al (1983) reconnaissent deux associations magmatiques : l'une subcaline regroupant les massifs du Rochail, de Valsenestre, du Bourg, d'Orgières, de Turbat-Lauranoure, de Colle-Blanche, de Moutières, des Etages, de La Bérarde-Promontoire, du Combeynot et du Pelvoux; et l'autre alumino-potassique de type Guéret avec les massifs du Grun de St Maurice, de Pétarel, de Riéou Blanc et de Claphouse (Fig.4).

Bien que relativement proches, ces deux types de classification ne se superposent pas exactement et les différences concernent principalement les séries leucocrates Al-Na d'une part et Al-K d'autre part.

Il ressort qu'une typologie basée sur les éléments majeurs s'avère délicate dans la mesure où les nuages de points représentatifs de la plupart de ces granitoïdes se situent, sur les diagrammes, dans les zones de convergences des séries magmatiques connues.

Les critères structuraux et chronologiques ont permis de distinguer des granites à caractère syntectonique au Sud regroupant ceux de Claphouse, de Colle-Blanche, de Moutières et du Bourg d'une part, et les granites typiquement post-tectoniques au Nord avec ceux du Rochail, des Etages, de la Bérarde-Promontoire, du Pelvoux et du Combeynot (Pécher, 1970; Giraud et Vivier, 1980).

La répartition géographique de ces différents granitoïdes du Haut Dauphiné apparaît d'ores et déjà remarquable. La présence de faciès hypovolcaniques à l'Est et leur absence dans les granites occidentaux est interprétée comme résultant de la mise en place des plutons à des

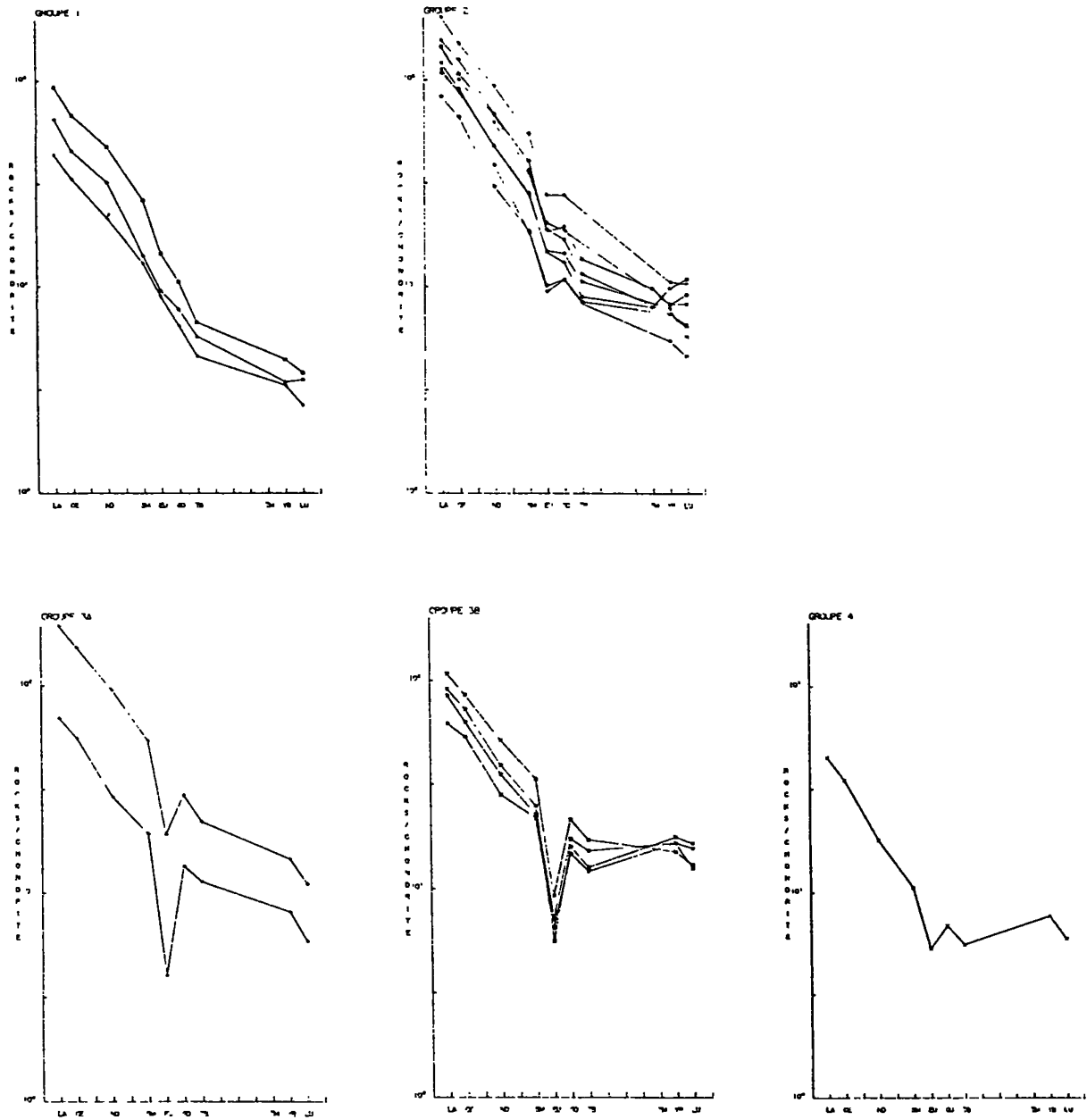


Figure 5 : Courbe de normalisation des REE par rapport aux chondrites pour les quatre groupes de granitoïdes du Haut Dauphiné.

Normalised REE patterns for the four granitoid groups from the Haut Dauphiné.

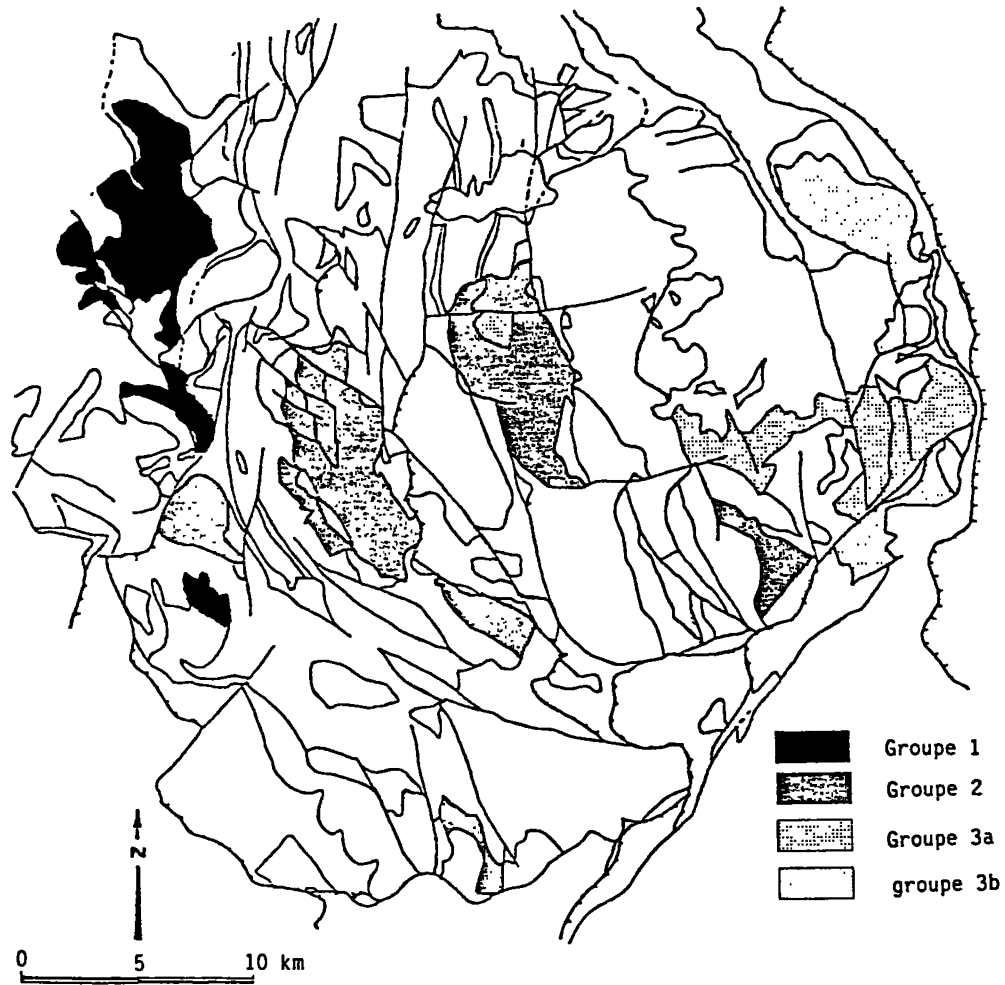
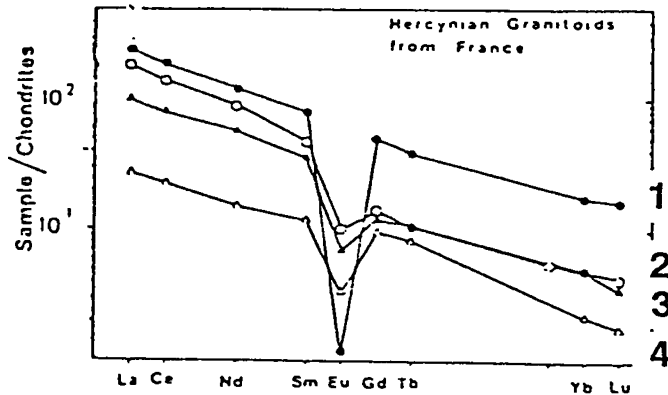
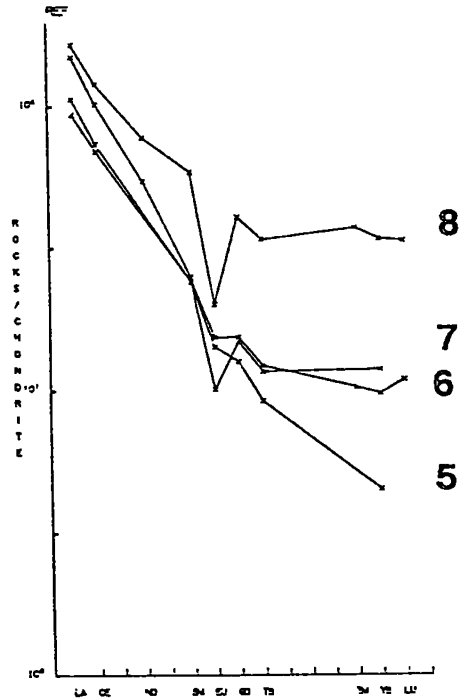


Figure 6 : Répartition des différents groupes de granitoïdes définis à partir des spectres de REE.

Distribution of the four granitoid groups as defined by REE patterns.



(a)



(b)

Figure 7 : Courbe de normalisation des REE par rapport aux chondrites.
 7a : granitoïdes Hercyniens d'après Fourcade et Allègre (1981)
 et 7b : granitoïdes de Corse d'après Cocherie (1985) et de
 l'île de Skye (Ecosse).

REE patterns for 7a Hercynian granitoids and 7b Corsican
 granitoids and Skye granites.

1 : série alcaline (granite à fayalite-hastingsite, Tolla
 Cauro, Corse), 2 : série subalcaline (Syénogranite de
 Ploumanach', Bretagne), 3 : granite calco-alcalin à deux micas
 (Ax Les Thermes, Pyrénées), 4 : leucogranite (Eyrein,
 Limousin), 5 : monzogranite de l'ensemble magnésio-potassique
 de Corse, 6 et 7 : granodiorite et monzogranite de l'ensemble
 calco-alcalin de Corse, 8 : granites des Eastern Red Hills de
 l'île de Skye (Ecosse)

niveaux structuraux différents, plus ou moins métamorphiques (Pécher, 1970). De même les granitoïdes de la bordure occidentale du massif (Rochail, Quatre Tours, Péou de St Maurice, Colle-Blanche et Moutières) se distinguent par la présence d'un bimagnétisme granite et roches basiques syénitiques et/ou dioritiques (Aumaitre et al, 1985; De Boisset et al, 1984; De Boisset, 1986; Banzet et Le Fort, 1987).

Par ses caractères pétrographiques (Le Fort, 1973; Pécher, 1971) et géochimiques, l'association subalcaline du Haut Dauphiné présente des analogies avec les séries subalcalines potassiques d'autres domaines hercyniens français (Ploumanac'h : Barrière, 1977; Les Ballons : Pagel et Leterrier, 1980) dont les affinités shoshonitiques ont été soulignées par Pagel et Leterrier (1980) ou Autran et al. (1980). L'association d'un ensemble subalcalin et d'un ensemble alumino-potassique se rencontre en d'autres points de la chaîne varisque (Autran et al., 1980; De La Roche et Stussi, 1982), cependant les relations génétiques de ce type d'association ne sont pas clairement établies. De plus, l'origine de ces magmas très potassiques est toujours sujet à discussion bien que la participation crustale soit généralement admise.

2. La distribution des terres rares dans ces granitoïdes

14 granitoïdes du Haut Dauphiné ont été analysés pour les éléments traces et les REE par activation neutronique (Institut Dolomieu, Grenoble).

Pour l'ensemble subalcalin, ont été analysés les granitoïdes de Colle Blanche (Cobl), du Bourg (SC6-J4-1), de Turbat-Lauranoure (Na33 : faciès à gros cristaux), des Etages (Pa46), de Valsenestre (VJ20), de Pelvoux-Pic de Clouzis (T6Q1), du Combeynot (C21, C2-38), du Cray (R4G8), de La Bérarde-Promontoire (V272), du Péou de St Maurice (GM100), du Rochail ss. (RL121) et du Clapier (RL210).

Pour l'ensemble alumino-potassique, figurent le granite de Riéou-Blanc (T3V2 pour le faciès fin et S8W1 pour le faciès porphyroïde) et de Claphouse (T6T3).

Ces échantillons ont été prélevés par A. Pécher et P. Le Fort (Na33, Pa46, T6Q1, R4G8, V272, T3V2, S8W1), G. Vivier (SC6-J4-1, VJ20), R. Costarella (C21, C2-38),

T. De Boisset et P. Vittoz (GM100, RL121, RL210). Deux analyses du granites d'Orgières (dosés par ICP, Govindaraju et Mevelle, 1987) ont été fournies par G. Banzet.

Les profils de REE normalisés à la moyenne de 10 chondrites (Nakamura, 1974) sont présentés sur la figure 5.

Les spectres obtenus font ressortir deux types de variation au sein du massif. Selon la valeur de l'anomalie en Eu et de celle du fractionnement des terres rares légères (LREE) aux terres rares lourdes (HREE), les différents granitoïdes se répartissent en quatre groupes (Fig.5) :

1- Caractérisés par des teneurs peu élevées (REE=86-127 ppm), par un fort fractionnement des LREE aux HREE ((La/Yb)_N=13,25-20,95) et par la quasi-absence d'anomalie en Eu (Eu/Eu*=0,87-1,26), les granites du Rochail et du Péou de St Maurice constituent le premier groupe.

2- Avec une légère anomalie négative en Eu (Eu/Eu*=0,66-0,76), un fort fractionnement des LREE aux HREE ((La/Yb)_N=11,01-19,43) et des teneurs relativement étalées (REE=110,3-216 ppm), se distinguent les granitoïdes de Turbat-Lauranoure, de Bourg, de Colle-Blanche, de Moutières, d'Orgières, des Etages et de Valsenestre. Ils forment le groupe 2. Le faciès porphyroïde de Riéou Blanc se rattache à ce groupe.

3- Un ensemble de granites caractérisé par une forte anomalie négative en Eu (Eu/Eu*=0,25-0,48) et des teneurs étalées (REE=94-274 ppm) peut, en fait, être subdivisé en deux sous-groupes suivant la valeur du fractionnement des LREE aux HREE. Avec un rapport (La/Yb)_N égal à 8,54-13,33, les granites de Pelvoux-Pic de Clouzis et du Cray se distinguent de ceux Riéou Blanc (faciès fin), de Claphouse et du Combeynot pour lesquels cette valeur est plus faible (5,09-8,54). Ils constituent respectivement les groupes 3a et 3b.

4- Le granite de la Bérarde-Promontoire s'individualise par sa faible teneur en REE (REE=61,20 ppm), une anomalie négative moyenne en Eu (Eu/Eu*=0,62) et un faible rapport (La/Yb)_N (5,84).

Le granitoïde de Moutières, par sa distribution en REE, se classe dans le groupe 2 (Banzet, ce volume).

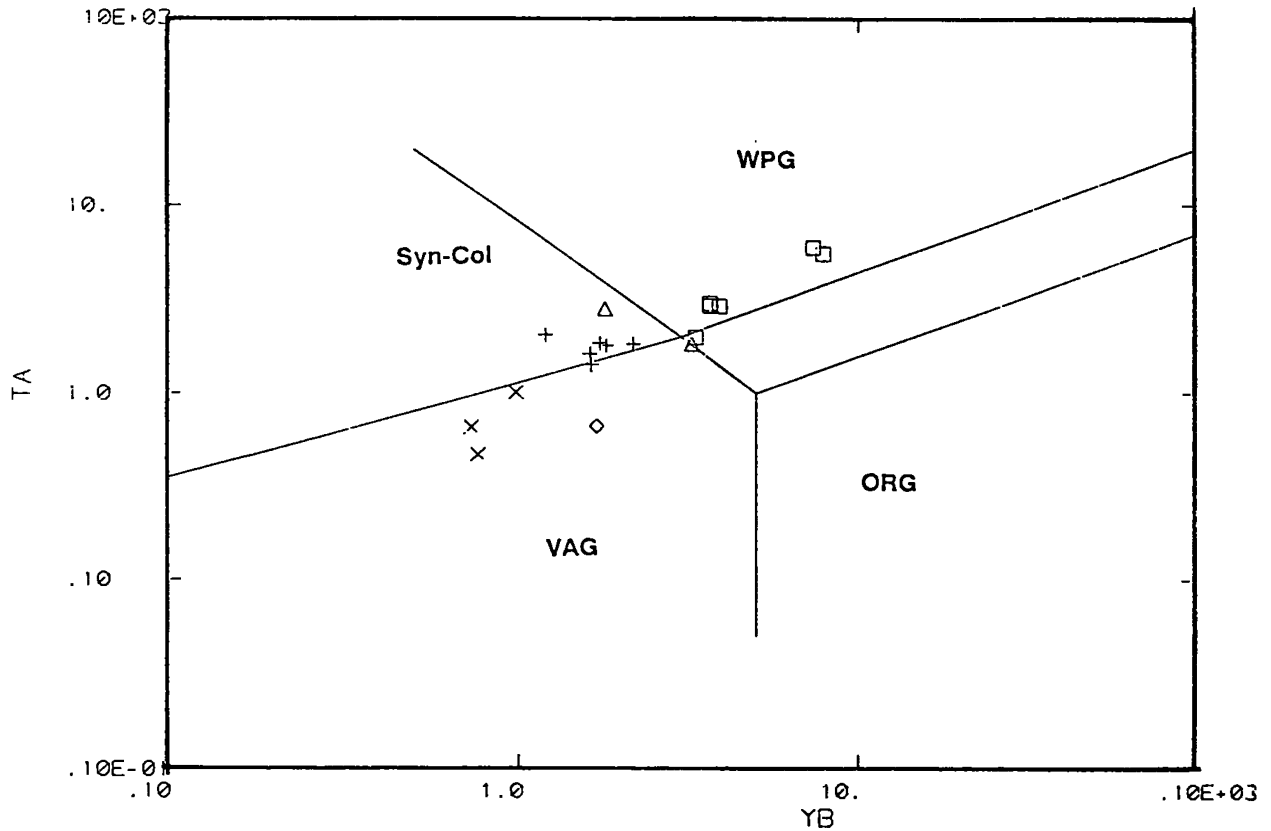


Figure 8 : Diagramme Ta/Yb de discrimination (Pearce et al, 1984) pour les granitoïdes du Haut Dauphiné.

Discriminant diagram for Ta/Yb for granitoids from the Haut Dauphine.

(X : groupe 1, + : groupe 2, Δ : groupe 3, ○ : groupe 4).

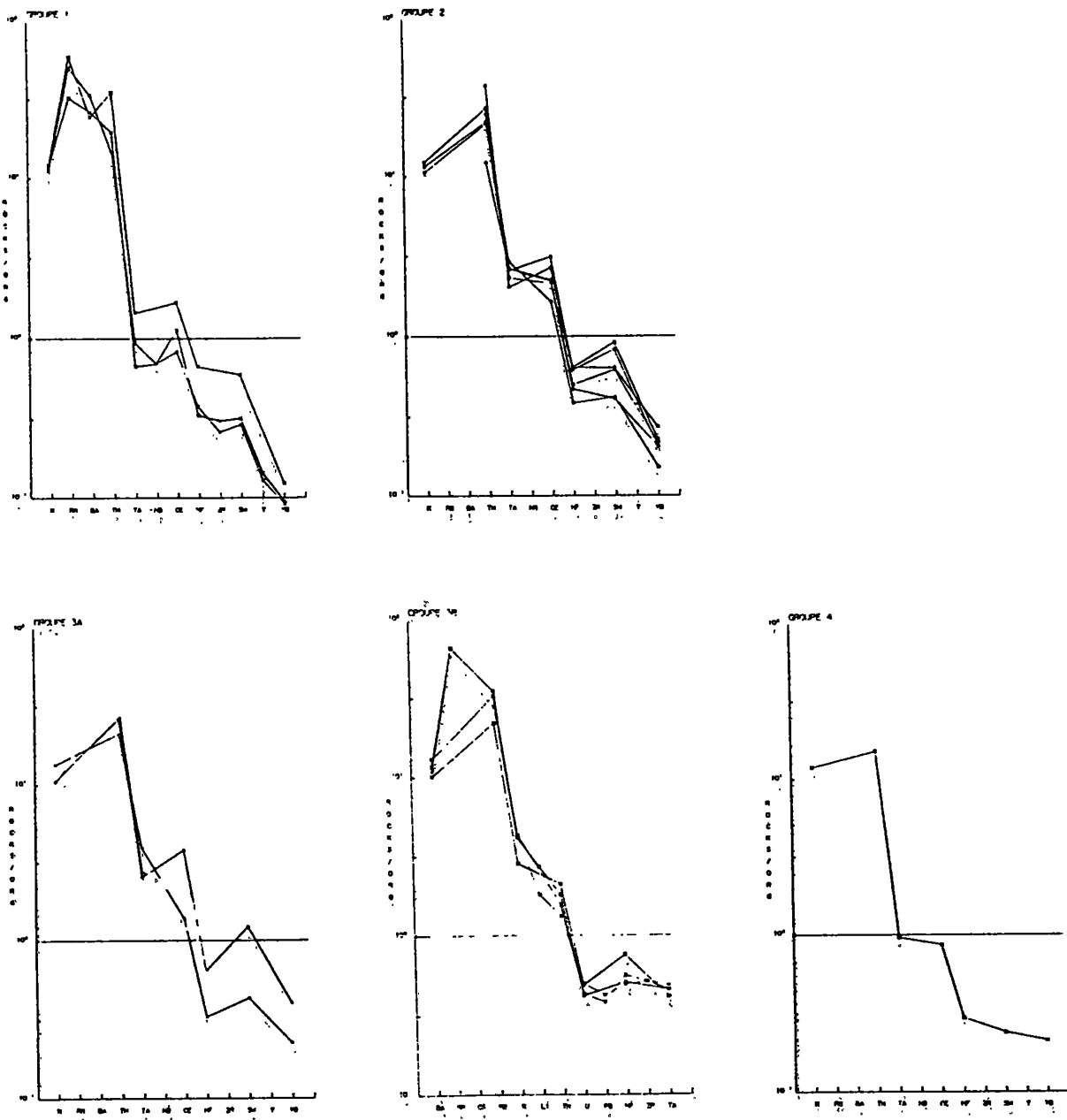


Figure 9 : Courbe de normalisation des éléments en trace par rapport à une composition théorique de granite de ride océanique (ORG) (Pearce et al., 1984) pour les granitoïdes du Haut Dauphiné.

Trace element spidergrams of the four granitoid groups from the Haut Dauphiné. (Normalisation values of ORG from Pearce et al., 1984)

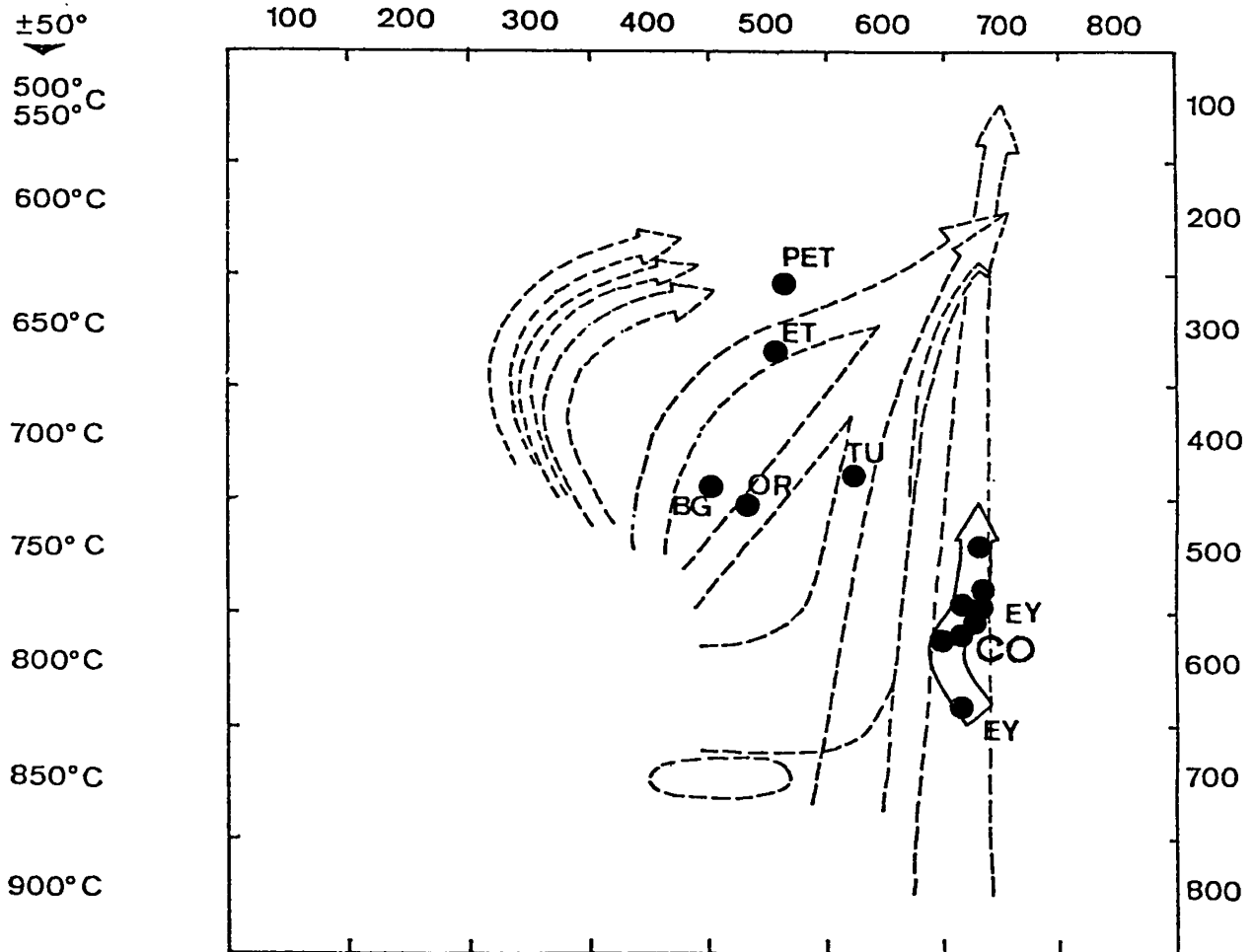


Figure 10 : Répartition des points moyens des populations de zircons des granitoïdes du Haut Dauphiné.

Distribution of average values for the zircon populations for granitoids from the Haut Dauphine.

(TU : Turbat-Lauranoure, OR : Orgières, BG : Bourg, PET : Pétarel, ET : Etages, EY : Eychauda, CO : Combeynot)

A l'échelle du massif, les groupes ainsi définis se répartissent selon des bandes orientées approximativement Nord-Sud (Fig.6) avec à l'Ouest les granites du groupe 1 auxquels il faut adjoindre les granites des Quatre Tours et d'Alfrey (R.A. Oliver, communication orale), puis ceux du groupe 2 et enfin à l'Est les granites des groupes 3 et 4. Ainsi la zonéographie établie à partir d'observations structurales et pétrographiques est confirmée par la répartition des REE dans les différents granitoïdes.

Le faciès porphyroïde du granite de Riéou Blanc se range dans le groupe 2 tandis que le faciès fin associé est caractéristique du groupe 3b. Faut-il les considérer comme deux unités indépendantes, le faciès fin étant ainsi à rapprocher des granites du groupe 3 de la bordure orientale du massif ?

Le granite des Etages et celui du Cray, étroitement associés sur le terrain, présentent des profils très différents par la valeur de l'anomalie en Eu et celle du fractionnement des LREE aux HREE. Le granite du Cray, à caractère alumineux très marqué (présence de cordiérite), se distingue de tous les autres granites analysés.

L'ensemble de ces profils présente des caractéristiques communes avec ceux des faciès décrits dans certaines associations calco-alcalines et subalcalines, à savoir un fort fractionnement des LREE aux HREE et une anomalie négative en Eu parfois importante (Fourcade et Allègre, 1981) (Fig.7).

Les profils du groupe 1 et 2 sont très proches de ceux de l'ensemble magnésio-potassique de Corse (Cocherie, 1985), du syénogranite de Ploumanac'h (Barrière, 1980) ainsi que du granite calco-alcalin à deux micas d'Ax les Thermes (Fourcade et Allègre, 1981). Ces profils s'apparentent aussi à ceux de certaines granodiorites de Corse (Cocherie, 1985) pour lesquelles le fractionnement des LREE aux HREE est toutefois moins prononcé.

Les granites du groupe 3, caractérisés par une anomalie importante en Eu, ont des profils comparables à ceux des monzonites de la série calco-alcaline de Corse (Cocherie, 1985) Il faut noter la similitude des granites du groupe 3b avec ceux des granites intra-plaques de l'île de Skye (Ecosse) considérés comme dérivant d'une source mantellique enrichie en éléments incompatibles (Pearce et al., 1984).

Les variations des teneurs en éléments traces (Th, Hf, Cs, Sc, Ta) sur l'ensemble du massif restent faibles; seuls se distinguent le granite de Valsenestre par des valeurs plus faibles en Th (9,72 ppm) et celui de La Bérarde-Promontoire par de plus faibles valeurs pour tous ces éléments.

Les groupes 1 et 2 sont généralement caractérisés par de faibles teneurs en éléments réputés incompatibles tels que Ta ou Th, le groupe 3 se distingue par des teneurs plus élevées.

Dans le diagramme Ta-Yb (Pearce et al., 1984), les points représentatifs des divers granites s'étalent depuis le champ des granites d'arc volcanique (VAG) jusqu'à celui des granites intraplaques (WPG) en recoupant le champ des granites syn-collisions (Syn-ColG). On observe ainsi la transition depuis les granites du groupe 1 vers ceux du groupe 3. Le granite de la Bérarde-Promontoire se place parmi ceux du groupe 1 (Fig.8). Le comportement contrasté du Ta et du Ce est clairement mis en évidence dans les profils géochimiques normalisés à une composition théorique de granite de ride océanique ORG (Pearce et al., 1984) (Fig.9). Le rapport de ces deux éléments augmente lorsque l'on va du groupe 1 au groupe 3b. Ces profils sont très similaires à ceux définis pour les granites des environnements syn- et post-collisions (Pearce et al., 1984).

3- Morphologie des populations de zircons de ces granitoïdes

La typologie des zircons selon la méthode proposée par Pupin (1976) a été appliquée aux granitoïdes du massif du Haut Dauphiné (Costarella, 1987). Celle-ci permet de préciser les conditions physico-chimiques du milieu de cristallisation des roches magmatiques.

Les comptages ont porté sur les granites du Combeynot, de Pelvoux-Pic de Clouzis, des Etages, de Turbat-Lauranoure (Costarella, 1987), d'Orgières, du Bourg, de Pétarel (Schade, 1983).

La répartition des populations dans le diagramme I.A./I.T. est présentée dans la figure 10. Ces populations forment trois groupes. Un premier groupe est représenté par le granite de Pétarel dont le point moyen se place dans le champ des granites d'origine crustale (Pupin, 1980).

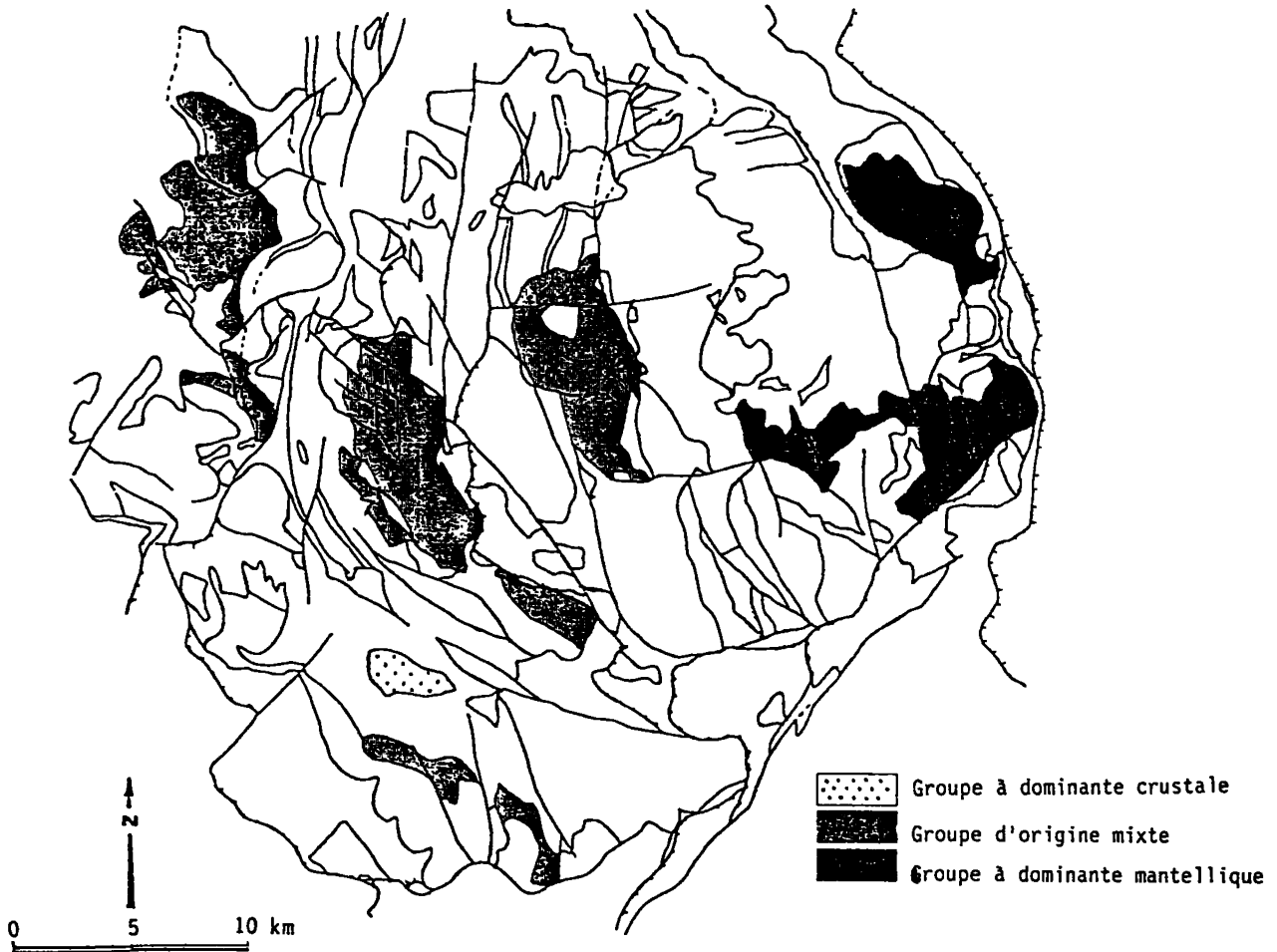


Figure 11 : Répartition des différents groupes de granitoïdes selon la morphologie des populations de zircons.

Distribution of the four granitoid groups as defined by the zircon morphology.

Le second caractéristique des granites calco-alcalins d'origine mixte, crustale et mantellique, regroupe les granitoïdes des Etages, de Turbat-Lauranoure, du Bourg et d'Orgières. Enfin, les granites du Combeynot et de Pelvoux-Pic de Clouzis (Eychauda) présentent les caractéristiques des granites d'origine mantellique ou à forte participation mantellique.

Les trois groupes ainsi définis montrent un type d'organisation particulier dans le massif (Fig.11) et l'on trouve d'Ouest en Est :

- Les granites d'origine surtout crustale à l'Ouest du massif

- Les granites d'origine mixte et à chimisme calco-alcalin situés dans l'axe Nord-Sud du massif,

- Les granites d'origine surtout mantellique formant la bande la plus orientale.

Les granitoïdes de Colle-Blanche et de Moutières, au S du massif, s'intègrent parfaitement dans ce type d'organisation (G. Banzet, communication orale). Il en est de même en ce qui concerne celui du Rochail (J. Schade, communication orale).

4- Discussion : mise en évidence d'une zonalité magmatique dans le massif du Haut Dauphiné.

L'étude de la distribution des REE et celle de la morphologie des populations de zircon ont permis de mettre en évidence, dans le massif du Haut Dauphiné, l'organisation des divers granitoïdes en bandes N-S. Ces deux approches fournissent, d'une manière générale, des résultats concordants avec la distinction établie par Le Fort et Pécher (1971).

Schématiquement, les granitoïdes des groupes 1 et 2 définis à partir des REE (Rochail, Orgières, Turbat-Lauranoure, Bourg, Colle-Blanche et Moutières) correspondent aux granites d'origine mixte et à chimisme calco-alcalin mis en évidence par les populations de zircon. A ces derniers, occupant les parties occidentale et centrale, s'opposent les granitoïdes de la partie la plus orientale du massif (Combeynot, Pelvoux-Pic de Clouzis) classés dans le groupe 3 (typologie par les REE)

ou dans le groupe à dominante mantellique (typologie des populations de zircon).

Les granitoïdes du Péou de St Maurice, de Valsenestre et Riéou Blanc faciès porphyroïde sont à classer dans le premier ensemble (groupe 1 pour le premier, et groupe 2 pour les deux derniers d'après la typologie des REE) tandis que les granites de Claphouse et de Riéou Blanc faciès fin appartiennent au groupe 3 (typologie des REE).

Le granite de Pétarel sur lequel seule l'étude des populations de zircon a été réalisée, s'individualise des autres granitoïdes de ce massif.

Si l'origine anatectique des granites de Pétarel et du Cray ne pose guère de problème (granites très alumineux, présence de cordiérite dans le second), il n'en est pas de même en ce qui concerne les autres granitoïdes. La typologie par les populations de zircons établit l'origine de plus en plus profonde des granitoïdes d'W en E. Les teneurs en Yb et en Ta (Fig.8) confirment cette hypothèse, en effet, ces deux éléments caractéristiques des "magmatismes à dominante mantellique" (Pearce et al., 1984) sont présents dans les granitoïdes du massif du Haut Dauphiné à des teneurs croissantes d'W en E. Cette tendance se retrouve avec le rapport Ta/Ce (Fig.9), faible pour les granitoïdes occidentaux et élevé pour les granitoïdes orientaux.

Les profils de REE normalisés au granite théorique ORG (Pearce et al., 1984) font ressortir les faits suivants :

- Les granitoïdes occidentaux ont des caractéristiques proches des granites de collision (Pearce et al., 1984). Les anomalies positives en Ce et Sm ainsi que la pente négative du Hf au Lu sont autant d'indices permettant d'invoquer une participation crustale importante dans la genèse des magmas.

- Les granitoïdes orientaux ne montrent pas d'enrichissements selectifs en certains éléments. Pour la partie gauche du profil (Hf-Lu), les valeurs normalisées à ORG sont proches les unes des autres. Ces caractéristiques les rapprochent des granites intra-plaques (Skaergaard et Mull : Pearce et al., 1984) qui sont considérés comme pouvant dériver de sources mantelliques enrichies en éléments incompatibles. L'anomalie positive en Sm s'observe bien que faible et pourrait mettre en évidence une légère participation crustale dans l'origine de ces granites.

On retrouve ainsi, dans le massif du Haut Dauphiné, des types de magmatisme bien tranchés. Ces derniers sont d'ailleurs caractéristiques du magmatisme hercynien mis en évidence dans d'autres régions (Autran et al., 1980; Ohnenstetter et Rossi, 1987) avec la prédominance des granitoïdes subalcalins potassiques. Des quatre épisodes plutoniques majeurs mis en évidence dans l'orogène hercynien (Ohnenstetter et Rossi, 1987), deux peuvent être reconnus dans ce massif.

Le premier correspond à la mise en place des granitoïdes des groupes 1 et 2 de la typologie des REE et/ou des granitoïdes d'origine mixte de la typologie des populations de zircon. L'origine de ces granitoïdes pourrait provenir de la fusion, probablement peu hydratée, de la base de la croûte à la suite d'une remontée de l'ensemble du bâti. Cette hypothèse est en accord avec les modèles thermiques dans les zones de collision (England et Thompson, 1986), dans lesquelles la participation d'un magmatisme basique d'origine mantellique n'est pas nécessaire comme source de chaleur. Cependant, dans la ceinture plutonique occidentale du Haut Dauphiné, la présence de masses basiques d'affinité lamproïtique n'exclut pas un tel apport de chaleur (Banzet, ce volume). Les variations observées au sein de cet ensemble sont à rechercher soit au niveau des hétérogénéités qui peuvent exister dans la croûte (fusion à partir de grauwackes ou de roches cristallines (Harris et al., 1986)) soit à des variations des conditions P-T (fusion dans le faciès granulite ou amphibolite (Cocherie, 1985)). Ainsi, selon cette dernière hypothèse, les granitoïdes des groupes 1 (Typologie par les REE) pourraient provenir de la fusion de grauwackes dans le faciès amphibolite tandis que ceux du groupe 2 (Typologie par les REE) proviendraient des mêmes matériaux mais dans le faciès granulite. Ce modèle (Cocherie, 1985) n'explique cependant pas parfaitement les teneurs élevées en éléments LIL du groupe 1.

Les granitoïdes dont la signature mantellique est nette (Groupe 3 de la typologie par les REE, Groupe à dominante mantellique de la typologie des populations de zircons) caractérisent le dernier épisode plutonique de l'orogénèse varisque. Cet ensemble à affinités alcalines (Costarella, 1987) constituerait les dernières manifestations magmatiques de l'orogène (Harris et al., 1986; Ohnenstetter et Rossi, 1987; Costarella, 1987). Il est interprété comme résultant de la fusion du manteau

supérieur suite aux décompressions adiabatiques qui accompagnent les mouvements épeirogéniques importants (Harris et al., 1986; England et Thompson, 1986). Ce magmatisme pourrait caractériser des phases distensives des périodes fini-orogéniques (Bonin, 1982). Il faut néanmoins souligner le rôle déterminant des fluides dans l'apparition des granites alcalins (Bonin, 1982, 1983; Costarella, 1987).

Au sein de l'ensemble des granitoïdes de ce massif, deux s'individualisent nettement : le granite de Pétarel et celui du Cray. Leur caractère alumineux, la morphologie des populations de zircon suggèrent une origine peu profonde. Ainsi, faut-il les rattacher aux granites syncollisions distingués par Harris et al. (1986). Il est difficile de conclure faute d'arguments. L'importance des fluides dans la genèse de ce type de granitoïde est établie (Harris et al., 1986) et leur action guidera la distribution des REE dans ces granitoïdes (Anomalie négative en Eu du granite du Cray par exemple). La distribution en REE du granite de la Bérarde-Promontoire, pour lequel le rôle des fluides a été souligné par Le Fort (1973), résulte peut-être de tel phénomène.

5- Conclusions

On retrouve, dans le massif du Haut Dauphiné, les manifestations magmatiques qui marquent l'histoire d'une collision. Suivant le régime thermique et la géométrie de la collision, les mécanismes générateurs de ce magmatisme pourront se modifier avec le temps et les régions sources pourront être différentes. Les sources de ce magmatisme se situent dans la croûte, sauf en ce qui concerne les granitoïdes de la bordure orientale du massif dont l'origine pourrait être mantellique. Par ces caractères, le plutonisme de ce massif est typique de l'orogénèse hercynienne et procède de mécanismes proches de ceux décrits dans d'autres régions comme par exemple la région Finisterre en Espagne (Gil Ibarguchi, 1984).

D'autre part, cette zonation doit être considérée avec prudence dans la mesure où la géométrie du massif a pu être modifiée depuis la mise en place de ces granitoïdes. Quoiqu'il en soit cette étude met en évidence une polarité magmatique dans ce massif, et d'Ouest en Est les sources de ce magmatisme sont à caractère de plus en plus profond.

Bibliographie

Aumaitre R., Giraud P., Poncerry E., Vivier G. (1985) : Les granitoïdes subalcalins de la Lauzière, Massifs cristallins externes de Belledonne (Alpes françaises), *Géologie Alpine*, Grenoble, t. 61, p. 17-32.

Autran A., Stussi J.M., Ploquin A., Orsini J.B. (1980) : Le plutonisme Calédonno-hercynien en France, Contribution du groupe de travail français.

Banzet G., Le Fort P. (1987) : Subalkaline belt of granitoid-bearing vaugneritic inclusions in western Haut Dauphine (External French Alps) : accessory minerals and REE geochemistry, *E.U.G. IV*, April 1987.

Banzet G. (1988) : Interactions croute-manteau et genèse du plutonisme subalcalin du Haut Dauphiné occidental (Massifs Cristallins Externes) : Vaugnérites, Durbachites et Granitoïdes magnésio-potassiques, Ce Volume.

Barbiéri A. (1970) : Etude pétrographique de la partie orientale du massif des Ecrins-Pelvoux. Les granites. Aperçu sur la géochronométrie du massif, Thèse 3ème cycle, Grenoble, 117 p.

Barféty J.C., Pécher A. (1984) : Notice de la carte géologique de La Mure.

Barrière M. (1977) : Le complexe de Ploumanac'h, Massif Armoricaïn. Essai sur la mise en place et l'évolution pétrologique d'une association plutonique subalcaline tardi-orogénique, Thèse de Doctorat d'Etat, Brest, 291 p.

Bartoli F. (1973) : Etude pétrologique et structurale du Haut Vénéon (Massif du Pelvoux), Thèse 3ème cycle, Grenoble, 121 p.

Bonin B. (1982) : Les granites des complexes annulaires, *Manuels et Méthodes BRGM*, n 4, 183 p.

Bonin B. (1983) : Les complexes plutoniques alcalins. Perspectives et hypothèses sur un trait géologique fondamental des zones intraplaques, *Géochronique*, n 4, pp. 12-14.

Cocherie A. (1978) : Géochimie des terres rares dans les

granitoïdes, Thèse 3ème cycle, Rennes, 207 p.

Cocherie A. (1985) : Interaction manteau-croûte : son rôle dans la genèse d'associations plutoniques calcoalcalines, contraintes géochimiques (éléments en trace et isotopes du strontium et de l'oxygène), Thèse de Doctorat d'Etat, Documents du B.R.G.M., pp. 1-231.

Costarella R. (1987) : Le complexe annulaire alcalin de Combeynot (Massifs Cristallins Externes, Alpes Françaises), témoin d'un magmatisme en régime distensif. Pétrologie et signification géodynamique. Thèse d'université, Grenoble 1, Mention Sciences de la Terre, 268 p.

Debon F., Le Fort P. (1983) : A chemical mineralogical classification of common plutonic rocks and associations, *Trans. Royal Soc. Edinb., Earth Sci.*, 73, p. 135-149.

De Boiset T., Vittoz P., Vivier G., Oliver R. (1984) : Association acide-basique dans le massif du Rochail; NW Pelvoux; massifs cristallins externes. Relations structurales, 10ème R.A.S.T. Bordeaux, p. 70.

De La Roche H., Stussi J.M. (1982) : A contribution to the development of regional geochemical mapping based on the example of the French Variscan Granitoids, ECC, Environement and raw materials Research Programmes, Section "Geochemical Methods", Project 02040-Contract N 013-79-4-MPP-F

England P.C., Thompson A. (1986) : Some thermal and tectonic models for crustal melting in continental collision zones, *Collision tectonics*, Geological Society Special Publication N 19 pp.83-94, Coward M.P. et Ries A.C. (Eds).

Fourcade S., Allègre C.J. (1981) : Trace elements behavior in granite genesis : A case study. The Calc-Alkaline Plutonic Association from the Querigut Complex (Pyrénées, France), *Contrib. Mineral. Petrol.*, n 76, pp. 177-195.

Gil Ibarguchi J.I., Bowden P., Whitley J.E. (1984) : Rare earth element distribution in some Hercynian granitoids from the Finisterre region, NW Spain, *Journal of Geology*, vol. 92, p. 397-416.

- Giraud P., Vivier G. (1980) : Les granites des massifs Cristallins Externes des Alpes Françaises. Les granitoïdes de la France, Evolution géologique de la France, 26ème C.G.I., Paris.
- Govindaraju K., Mevelle G. (1987) : Fully automated dissolution and separation methods for inductively coupled plasma atomic emission spectrometry rock analysis. Application to the determination of rare earth elements, *J. of Analy. Atom. Spectro.*, 2, pp. 615-621.
- Harris N.B.W., Pearce J.A., Tindle A.G. (1986) : Geochemical characteristics of collision zone magmatism, Collision tectonics, Geological Society Special Publication N 19 pp. 67-81, Coward M.P. et Ries A.C. (Eds).
- Le Fort P., Pécher A. (1971) : Présentation d'un schéma structural du Haut Dauphiné cristallin, *C.R. Acad. Sci.*, 273D, pp. 3-5.
- Le Fort P. (1970) : A propos de la découverte d'un massif de granite au Bourg en Valgaudemar : remarques sur trois expressions du granite du Pelvoux (Alpes Françaises), *Travaux du laboratoire de géologie de la faculté des sciences de Grenoble*, 46.
- Le Fort P. (1973) : Géologie du Haut Dauphiné cristallins (Alpes Françaises). Etude pétrologique et structurale de la partie occidentale, Thèse Sci. de la Terre, Mémoires, Nancy, n 25, 373 p., 46 planches photos.
- Nakamura N. (1974) : Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites, *Geoch. Cosmoch. Acta*, vol 38, n 5, pp. 757-776.
- Ohnenstetter M., Rossi P. (1987) : Signification des complexes basiques-ultrabasiques associés aux granitoïdes dans l'évolution de la chaîne varisque du Sud de l'Europe, *Bull. Soc. Géol. France*, t. III, n 5, pp. 801-810.
- Ozocak R. (1965) : Etude pétrographique des schistes cristallins et des granites de la haute vallée du Vénéon (Massif du Pelvoux), Thèse 3ème cycle, Grenoble, 58 p.
- Page M., Leterrier J. (1980) : The subalkaline potassic magmatism of the Ballons massif (Southern Vosges, France), Shoshonitic affinity, *Lithos* n 13, pp. 1-10.
- Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. (1984) : Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, *Journ. of Petr.*, 25, 4, pp. 956-983.
- Pécher A. (1970) : Etude pétrographique de la partie orientale du massif des Ecrins-Pelvoux. Le socle ancien, Thèse 3ème cycle, Grenoble, 112 p.
- Pécher A. (1971) : Données nouvelles sur les granites paléozoïques du massif des Ecrins-Pelvoux (Alpes du Haut Dauphiné, France), *Géologie Alpine*, n 47, pp. 91-102.
- Pupin J.P. (1976) : Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique. Applications, Thèse de doctorat d'état, Nice, 394 p.
- Pupin J.P. (1980) : Zircon and granite petrology, *Contrib. Mineral. Petrol.*, n 73 pp. 348-359.
- Santallier D. co-ordinator (1983) : Main metamorphic features of the paleozoic orogen in France, Contribution of the french working group, IGCP n 27.
- Schade J. (1983) : Le synclinal de St Martin de Belleville et son Permien uranifère (zone houillère briançonnaise - Alpes de Savoie), Thèse 3ème cycle, Grenoble, 250 p.
- Stussi J.M. et Ploquin A. (1983) : Chronology and typology of the Caledono-Hercynian plutonism in France, Contribution of the french working group, IGCP n 27.