



HAL
open science

Origine des grés de la "dépression permienne" (Var-France) par typologie des zircons. Conséquences paléogéographiques.

Jean-Pierre Pupin

► **To cite this version:**

Jean-Pierre Pupin. Origine des grés de la "dépression permienne" (Var-France) par typologie des zircons. Conséquences paléogéographiques.. 1987, pp.81-90. insu-00520238

HAL Id: insu-00520238

<https://insu.hal.science/insu-00520238>

Submitted on 22 Sep 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ORIGINE DES GRES DE LA "DEPRESSION PERMIENNE" (VAR, FRANCE)
 PAR LA TYPOLOGIE DES ZIRCONS, CONSEQUENCES PALEO GEOGRAPHIQUES

Jean-Pierre PUPIN *

RESUME. - L'étude typologique des populations de zircons des grès de la "dépression permienne" varoise conduit à préciser les sources de l'héritage sédimentaire : l'association est typiquement post-orogénique avec des cristaux issus de roches métamorphiques et anatectiques d'une part, de volcanites calco-alkalines d'autre part. Il s'y ajoute un héritage alcalin à proximité des centres volcaniques permien, notamment de l'Estérel. Sur le plan paléogéographique, le permien supérieur voit un ennoyage important des Maures occidentales sous une couverture détritique essentiellement composée de l'érosion de rhyolites calco-alkalines méridionales.

ABSTRACT. - Inherited zircon crystals from the permian sandstones in the Var (S.E. France) are characteristic of post-orogenic detritals. They are derived from metamorphic and anatectic rocks, and calc-alkaline volcanites. Mainly around the Esterel massif, alkaline rhyolites derived crystals were added in the detritals. During the upper permian, the western part of the Maures massif was overlapped by detritals mainly derived from southern outcropping calc-alkaline rhyolites.

Le permien continental du Var est essentiellement constitué de poudingues, grès et pélites, associés dans le domaine nord-oriental à d'importantes formations volcaniques et volcano-sédimentaires. L'origine des particules détritiques de ces sédiments post-orogéniques a déjà fait l'objet de plusieurs travaux (DEMANGEON, 1974 TOUTIN, 1980, 1984). Dans les reconstitutions proposées, les massifs actuels des Maures et du Tanneron sont les seuls domaines dispensateurs des éléments détritiques de la "dépression permienne". La forte charge feldspathique des grès permien occidentaux a été rapportée à un héritage à partir des gneiss de Bormes (DEMANGEON, 1974).

La méthode d'étude typologique des populations de zircons constitue un outil très puissant pour déterminer l'origine d'une part importante des particules héritées dans les roches détritiques (PUPIN, 1976, 1980b; TOURE, 1981; PUPIN et TURCO, 1981; SCHADE, 1983; JEAN, 1985; REDONDO, 1986). Le permien du Var se prête excellemment à ce type d'application pour les raisons suivantes :

- 1) Les sédiments détritiques sont très abondants et de granulométrie généralement appropriée à l'étude des minéraux lourds ;
- 2) Les cristaux sont de bonne qualité (automorphes-subautomorphes) dans des sédiments généralement peu matures.
- 3) Les magmatismes régionaux pré- ou syn-sédimentation permienne sont relativement bien connus. Le magmatisme orogénique hercynien, uniquement calco-alkalin en Corse (et Sardaigne septentrionale) (ORSINI, 1980; PUPIN, 1985), est principalement anatectique en Provence-Maures, Tanneron-(PUPIN, 1976). Quelques termes calco-alkalins affleurent cependant au sud-est des Maures, zone clé proche de la Corse en position anté-dérive : microgranite de Minuty, granite de Camarat (PUPIN, 1976; AMENZOU et PUPIN, 1986). Plus au nord, dans les Alpes occidentales, le magmatisme est

* Laboratoire de Pétrologie-Minéralogie, E.R. "Stabilité et Réactivité des Minéraux".
 Faculté des Sciences et Techniques, Parc Valrose, 06034 NICE Cedex.

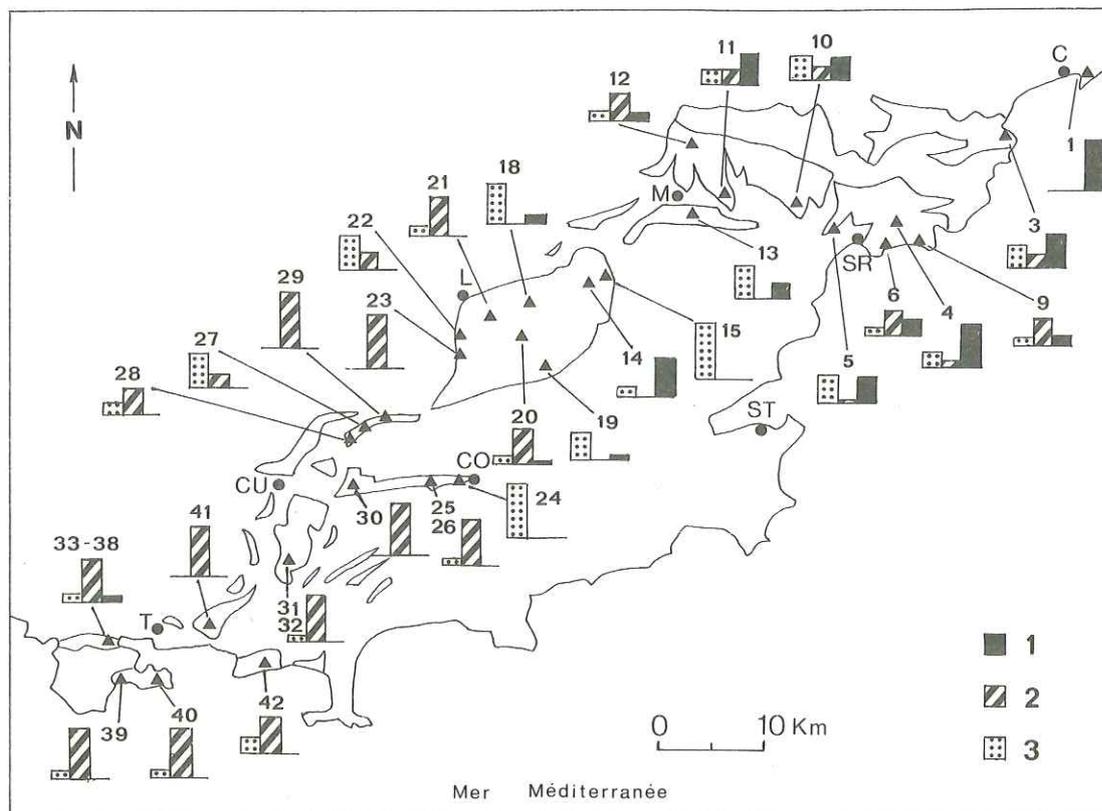


FIG. 1. - Localisations des échantillons étudiés et fréquences relatives de l'héritage détritique rapportées aux zircons : héritages "métamorphique" (1) (migmatites, granites d'anatexie autochtones, granites alumineux intrusifs), calco-alcalin (2) (essentiellement rhyolitique, accessoirement granitique) et alcalin (3) (rhyolitique).

(C = Cannes, CO = Collobrières, CU = Cuers, L = Le Luc, M = Le Muy, SR = Saint-Raphaël, ST = Saint-Tropez, T = Toulon).

également bimodal anatexie sialique-calcoalcalin, comme cela est le cas dans d'autres domaines de la chaîne varisque : Massif Central, Bretagne (PUPIN, 1985).

Le magmatisme anorogénique alcalin qui lui succède au permien comprend d'abondants termes acides qui possèdent des zircons très spécifiques (PUPIN, 1978 TESSIER et al., 1978), que l'on retrouve dans d'autres domaines de rifting (par ex., Afar-Mer Rouge, PUPIN et SEYLER, inédit). Les populations de zircons des rhyolites et ignimbrites rhyolitiques alcalines peuvent être distinguées de celles des granites alcalins hypersolvus et subsolvus par leurs répartitions typologiques (PUPIN, 1976, 1980).

4) Les zircons des migmatites et anatexites sont eux-mêmes aisément identifiables (typologie, inclusions) (PUPIN et TURCO, 1981). L'information peut-être complétée par l'examen des autres traceurs métamorphiques (notamment rutile, andalousite, disthène, sillimanite, staurotide), plus ou moins fréquents dans les grès étudiés.

Les 37 échantillons de grès étudiés ont été prélevés dans différents sites de la "dépression permienne", entre la région toulonnaise et Cannes (Fig.1; positions lithostratigraphiques : légendes des fig.2 et 3). Les populations de zircons ont

été séparées selon une méthode de concentration classique (broyage modéré, séparation au bromoforme, séparations électromagnétiques) et étudiées au microscope optique en transmission au grossissement 250. Dans l'immense majorité des cas, les grès étaient suffisamment riches pour livrer plus de 100 cristaux entiers à partir d'un échantillon de 400 g.

RESULTATS TYPOLOGIQUES.

Les résultats de l'étude typologique des populations de zircons sont présentés dans les diagrammes de distribution des figures 2 et 3. La spécificité des zircons des grands groupes génétiques considérés précédemment permet de calculer les sous-populations correspondantes pour chaque population (fig.4). Les caractéristiques fondamentales sont les suivantes :

- migmatites, granites anatectiques autochtones : zircons souvent subautomorphes à légèrement arrondis, avec pyramide (211) bien développée et prisme (110) généralement prédominant ; cristaux clairs, peu zonés, sans surcroissances, à inclusions spécifiques (cf.PUPIN, 1976).
- granites intrusifs alumineux (anatectie crustale) (ex. régional: granite du Plan de la Tour) : zircons automorphes à subautomorphes, avec (211) et (110) bien développés ; cristaux à surcroissances métamictes sombres.
- magmatisme calco-alcalin (granites et ignimbrites associées du groupe 4 - PUPIN, 1980) : zircons automorphes à type S largement prédominant, plus rarement type G, P ou J. Les zircons des rhyolites et ignimbrites rhyolitiques calco-alcalines sont à prisme (100) souvent prédominant avec (101) et (211) bien développées. Les inclusions vitreuses et minérales (apatite) sont nombreuses, les lacunes de croissance fréquentes.
- magmatisme alcalin (type Estérel) : les ignimbrites rhyolitiques et rhyolites associées aux granites hypersolvus des complexes alcalins possèdent des zircons souvent abondants, automorphes, à forts développements de (100), (101) et (301) (types spécifiques K, N et T 13-15).

Dans le diagramme (I.A,I.T) (fig.5), les points moyens des populations de grès étudiés se répartissent principalement selon une tendance oblique définie par les sous-populations "métamorphiques" anatectiques (migmatites, granites d'anatectie), calco-alcalines et alcalines. Les sous-populations calco-alcalines, essentiellement représentées par des zircons d'origine volcanique, montrent un recouvrement partiel avec le domaine des ignimbrites calco-alcalines hercyniennes corses (TESSIER et al., 1978), mais avec une tendance générale plus alumineuse (composition plutôt rhyodacitique soulignée par des indices \bar{A} plus faibles (PUPIN, 1980 ; GIRAUD et al., 1980). Les sous-populations alcalines montrent une nette affinité avec l'ensemble des ignimbrites rhyolitiques A2-5-7, en s'éloignant des termes plus vitreux A1-8-10-11.

Sur un plan plus local, l'étude typologique des populations de zircons fournit les indications suivantes :

1) Secteur de l'Estérel (domaine oriental).

L'affleurement de permien (grès grossiers, conglomérats) le plus oriental, à l'est de la pointe de la Croisette à Cannes (ech.1) a fourni 95% de zircons rhyolitiques alcalins à côté de quelques rares zircons anatectiques ; ce résultat suppose une alimentation à partir d'affleurements très proches, continuité vers l'est du massif de l'Estérel au sud de Cannes, en accord avec les conclusions structurales de GONDOLLO, 1986. D'autres échantillons prélevés au sein de l'Estérel (ech.3,4) présentent une prédominance plus faible des zircons alcalins (52 et 72%).

Dans les niveaux les plus élevés de la lithostratigraphie, dans le secteur de Boulouris-Drammont (14-16 de BOUCARUT, 1971 ; ech.6,9), la sous-population alcaline perd sa prédominance au profit des cristaux calco-alcalins (environ 40% de la population totale). De nombreux galets d'ignimbrites rhyolitiques calco-alcalines (ech.7,8) sont observables dans ces niveaux.

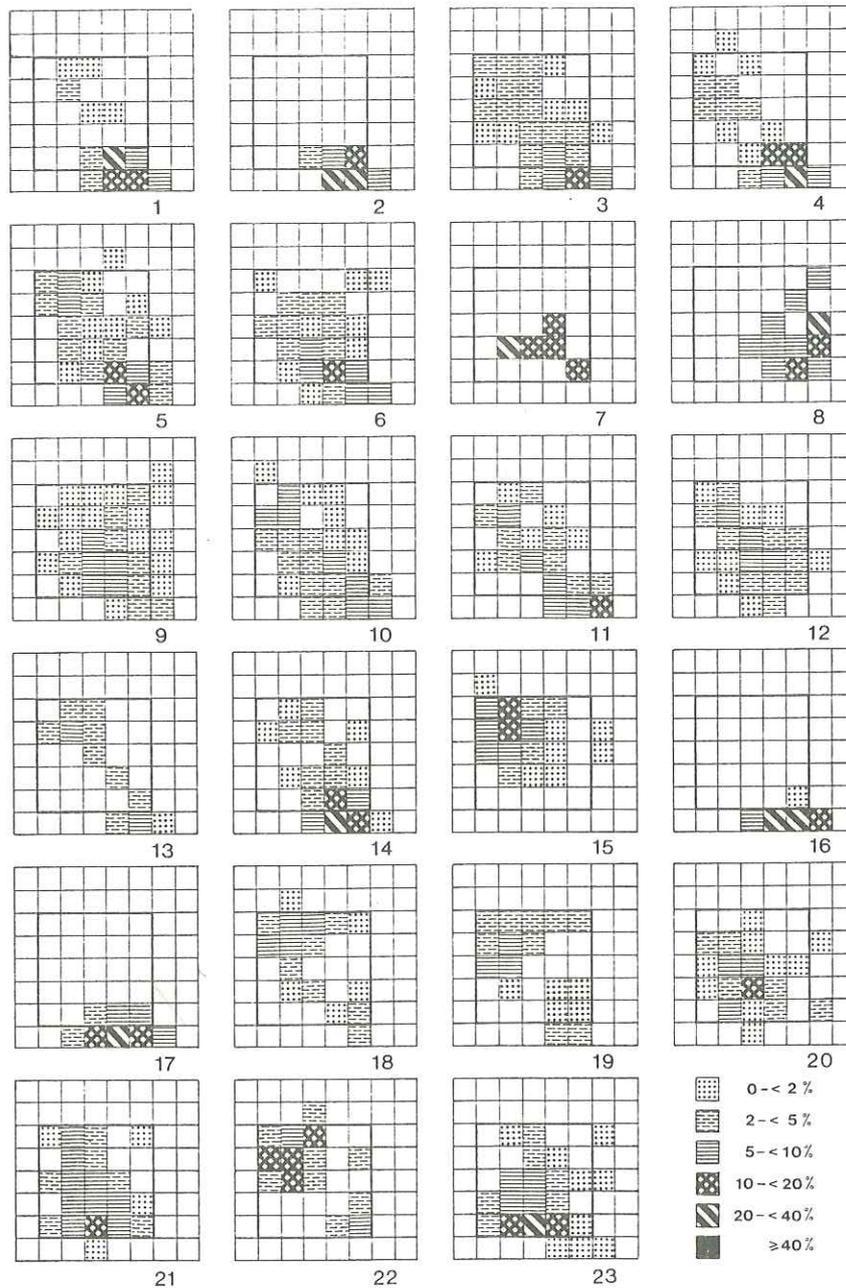


FIG. 2. - Distributions typologiques des populations de zircons : grès de Cannes (1), La Rague (3), Valbonnette (4), Fréjus (5), La Péguère (6), Pierre Blave (9), Le Puget (10), Palayson (11), le Mitan (12), le Muy-Sud (13), La Bastide Rouge (14,15), La Basse Verrerie (18), Mourrefrey (19), Balançon (20), Le Luc-sud (21), La Lauzade (22,23) ; ignimbrite rhyolitique alcaline A7, Mont-Vinaigre, Esterel (2), La Bastide Rouge (17) ; galets de rhyolites calco-alcalines de la Péguère (7,8), de rhyolite alcaline de la Bastide Rouge (16). - Niveaux lithostratigraphiques : (BOUCARUT,1971): 7b (3), 13cd (4), 13b (5), 14 (6), 16b (9) ; (TOUTIN,1984) : BAS-ARGENS: formations du Mitan (10,12) et du Muy (11,13) LE LUC : formations rouge inférieure (15), rouge supérieure (14,18 à 21), pélimitique (22,23).

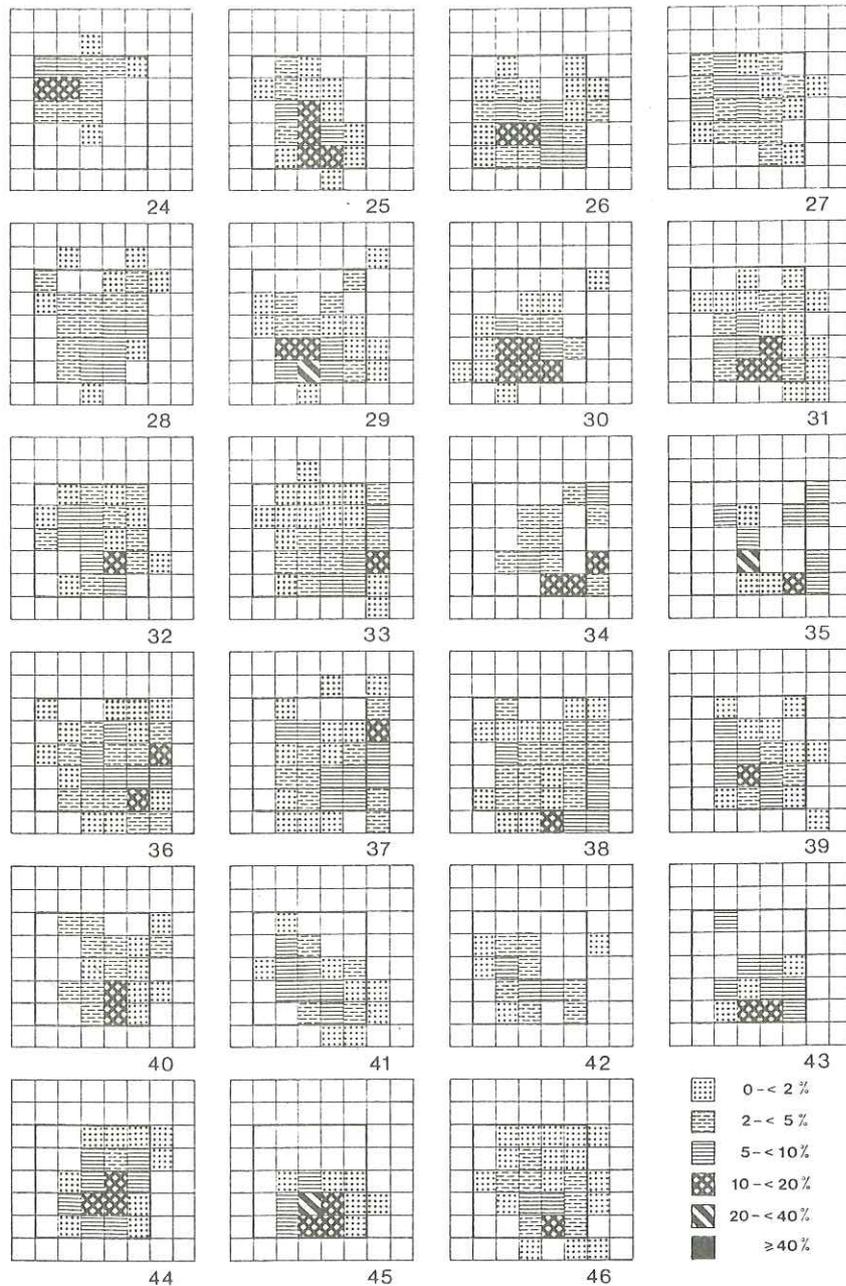
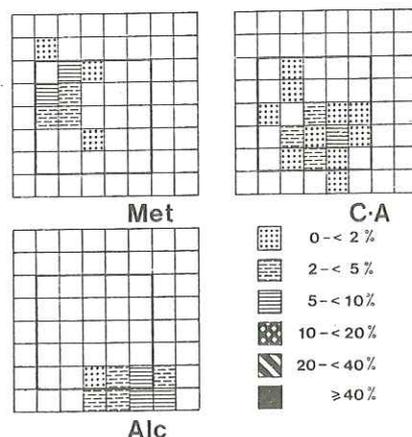


FIG. 3. - Distributions typologiques des populations de zircons : grès de Collobrières (24), La Rode N-E (25,26), Le Bron (27,28), Carnoules S-E (29), Jas de Cape (30), Maraval (31,32), Brégaillon (de la base vers le sommet : 33 à 38), Fabrégas E (39), Saint-Mandrier (40), Mont Thouar (41), Carqueiranne (42). Galets de rhyolites calco-alcalines : Carqueiranne (43), Brégaillon (44). Rhyolite calco-alcaline CO.214 de Focolara-Galéria (TESSIER, 1979, p.26) (45). Grès triasique du Tanneron N TA.65 (PUPIN,1976, p.365) (46). - Niveaux lithostratigraphiques : CUERS-COLLOBRIERES-TOULON : formations de Transy (24,27,28), Bron (25,26,29,30), Gigery (31,32 ; 33 à 42).

FIG. 4. - Sous-populations "métamorphique" (Met), calco-alcaline (C-A) et alcaline (Alc) de l'échantillon de grès de Puget-sur-Argens (10).



A Fréjus (ech.5), l'influence du socle migmatitique de Sainte-Maxime devient sensible (40% de zircons anatectiques contre 15 à 20% dans le secteur Boulouris-Drammont).

2) Bassin du Bas Argens.

La bimodalité d'une population d'arkose (ech.13) des "rochers de Roquebrune", prélevée au sud du Muy, confirme l'origine mixte granite du Plan de la Tour - émissions rhyolitiques alcalines. Dans les formations du Mitan et du Muy (ech.10 à 12), la contribution calco-alcaline reste forte (21 à 50%). L'ignimbrite A7 contribue également largement à l'héritage détritique (11 à 46%).

3) Le bassin du Luc.

Les premiers niveaux gréseux discordants sur le socle métamorphique dans le secteur de la Bastide Rouge (ech.15) renferment 100% de zircons "métamorphiques". Après l'épanchement de l'ignimbrite A7 (ech.17), succédant elle-même à d'autres émissions acides alcalines dont on retrouve la trace sous forme de galets (ech.16), les grès possèdent des zircons alcalins surtout dans la partie orientale du bassin du Luc - 70% dans les niveaux sus-jacents à l'épanchement ignimbritique (ech.14) - ; les teneurs diminuent dans les parties centrales ($10 \pm 2\%$; ech.18,19) et occidentale (0-2% ; ech.20 à 23). Corrélativement diminue aussi l'influence du socle métamorphique, tandis que les zircons volcaniques calco-alcalins deviennent largement prédominants (30 à 66% dans le secteur du Luc-sud, et même jusqu'à 92% -ech.23-).

4) Secteur de Cuers-Collobrières.

Dans les niveaux les plus inférieurs situés près du socle, les zircons d'origine métamorphique sont largement prédominants (80-100% pour les ech.27-24). Mais rapidement, dans tout ce domaine, à partir de la formation de Bron, les zircons des laves acides calco-alcalines deviennent très prédominants (80 à 97% pour les ech.25,26,29 à 32), même dans l'étroite bande E-W préservée le long de l'accident de Collobrières (ech.25,26,30).

5) Secteur de Toulon.

Dans tout ce domaine (Thouar, Carqueiranne, Brégaillon, Saint-Mandrier, Fabregas) dominant systématiquement les zircons originaires d'émissions volcaniques calco-alcalines (en moyenne 90%). Les galets de rhyolites calco-alcalines ne sont pas rares et constituent des niveaux conglomératiques dans la majorité des sites précités. Les zircons anatectiques sont seulement un peu plus nombreux à Carqueiranne (30%). A Brégaillon (PINCEMIN, 1977), quelques niveaux possèdent des zircons alcalins témoignant d'une activité régionale (5% dans les ech.36-37 et 25% dans l'ech.38,

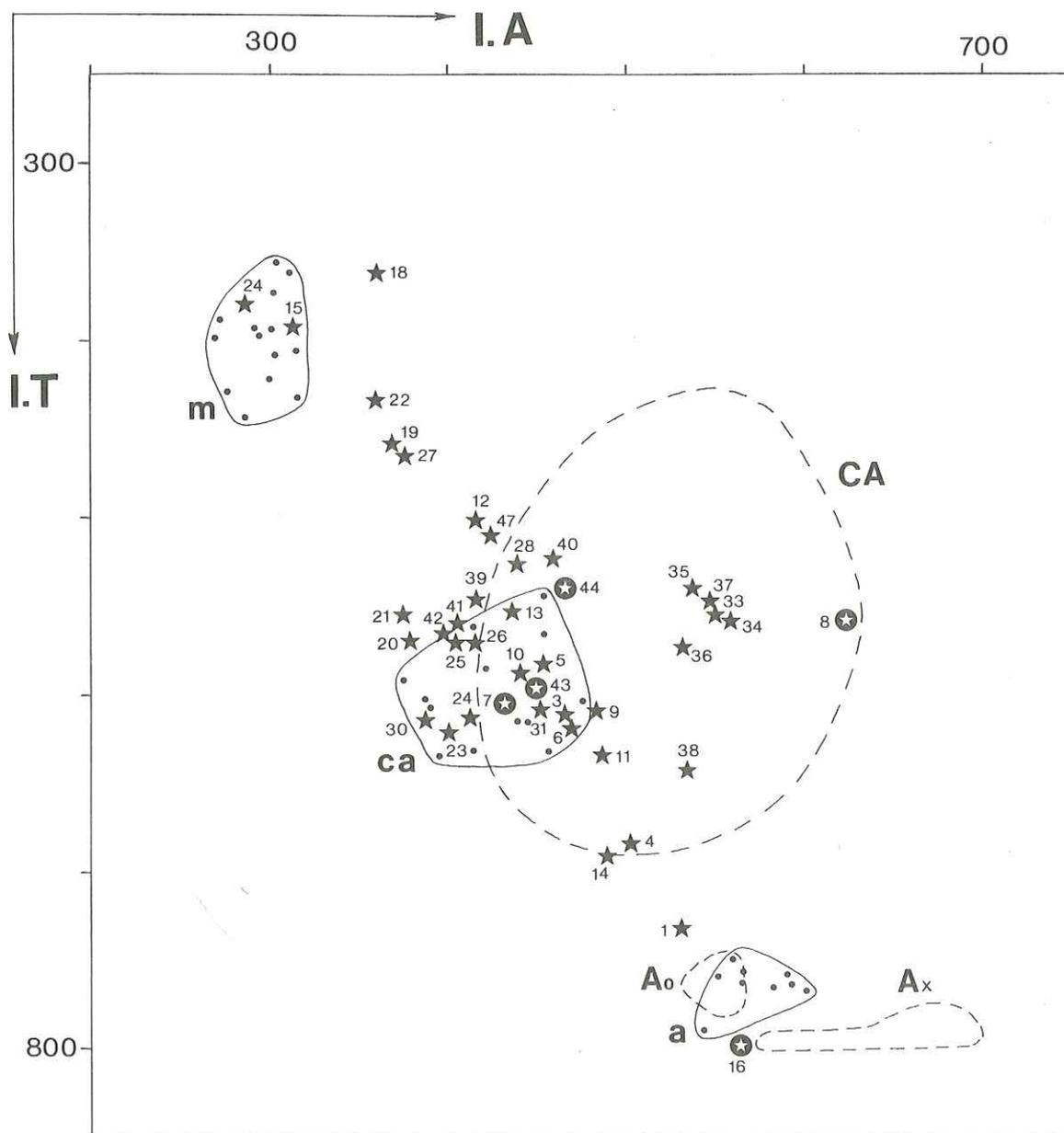


FIG. 5. - Répartition typologique des échantillons de grès (étoiles noires) et de galets (étoiles blanches sur fond noir) étudiés. Les points moyens (points noirs) et les domaines (traits continus) des sous-populations "métamorphiques" (m), calco-alcalines (ca) et alcalines (a) sont indiqués (N.B: ils n'ont pas été calculés dans la région toulonnaise compte tenu de la grande prédominance de l'héritage calco-alcalin). Pour comparaison, domaines (tiretés) des rhyolites calco-alcalines corses (CA), des termes alcalins A2-5-7 (Ao) et A1-8-10-11 (Ax) de l'Esterel.

pour lequel le dépôt des grès a été contemporain d'émissions aériennes alcalines -tufs- et non d'épanchements calco-alcalins comme proposé par GUEIRARD et SANTARELLI, 1966).

DISCUSSION ET CONCLUSION

D'une façon générale, les zircons des sédiments permien correspondent à un héritage à partir de formations dont certaines sont connues à l'affleurement (rhyolites alcalines, gneiss migmatitiques, granites alumineux type Plan de la Tour), d'autres disparues ou cachées (laves acides calco-alcalines généralement à dynamisme ignimbritique).

L'influence alcaline est surtout marquée dans l'Estérel et à proximité des émissions acides aujourd'hui à l'affleurement (ignimbrite A 7 du bassin du Muy et de la région sud de Vidauban (fig.1).

Les apports du socle métamorphique sont surtout marqués dans les niveaux de base situés à proximité immédiate des affleurements actuels de ce socle (sud du bassin du Muy, est/sud-est du bassin du Luc, région de Collobrières et de Carnoules).

Quant aux apports de matériel volcanique calco-alcalin, ils sont ressentis dans l'immense majorité des sites étudiés avec un large domaine de variation. Des apports massifs de galets de rhyolites orogéniques (taille : 1 à 20 cm) concernent les grès supérieurs du sud de l'Estérel (région Boulouris-Drammont) et toute la région toulonnaise. Ils témoignent d'un apport sud à partir d'affleurements qui étaient probablement assez proches de l'actuelle ligne de rivage. Compte tenu des zircons et autres minéraux lourds associés dans les populations détritiques étudiées, ces ignimbrites calco-alcalines ont du napper un substrat essentiellement métamorphique, prolongation sud et est du substrat des Maures. Ces ignimbrites sont généralement liées génétiquement à un plutonisme calco-alcalin (ex: Corse hercynienne).

Au niveau de la "dépression permienne", les épandages hérités de ces formations calco-alcalines ont progressivement ennoyé le domaine occidental du Massif des Maures, puisque des populations très majoritairement calco-alcalines existent dans les secteurs de Pierrefeu - Collobrières, Carnoules et le Luc. Aucun zircon typique des gneiss de Bormes n'a été rencontré dans ces populations. Au permien supérieur, le socle métamorphique n'affleurerait probablement plus du tout dans ce secteur. Quant au détritique à zircons calco-alcalins observé dans le bassin du Muy, sa direction d'alimentation reste encore à définir : soit par le S-W selon un axe Giens - Collobrières - Le Muy, soit par l'E selon une direction Saint-Raphaël - Le Muy. Ces venues se poursuivent dans le trias inférieur du nord du Tanneron (ech.46) où les zircons calco-alcalins sont encore largement représentés aux côtés des roches alcalines et anatectiques.

Les formations calco-alcalines ont dû occuper des volumes relativement considérables, avant d'être démantelées par l'érosion. A l'origine d'une part importante des sédiments permien, elles alimentaient encore notablement les formations détritiques au crétacé supérieur (REDONDO, 1986).

On signalera encore la relative pauvreté de ces rhyolites-rhyodacites en zircons (souvent quelques cristaux à quelques dizaines de cristaux pour 1 kg de matériel) comparativement au gneiss migmatitiques et au rhyolites alcalines porphyriques (quelques centaines à quelques milliers de cristaux). On notera enfin que les grès permien du Mercantour n'ont pratiquement livré que des zircons migmatitiques (ROMAIN, 1976).

En dehors des reliefs dûs aux appareils volcaniques de l'Estérel, un autre relief marqué devait persister au permien supérieur, correspondant approximativement à l'axe N-S du granite du Plan de la Tour. Il permet d'expliquer la composition des grès de Roquebrune/s/Argens-Le Muy et la contribution encore notable du socle

dans certains sédiments post-ignimbritiques du bassin du Luc (ech.18,19) ou de la région de Fréjus (ech.5). Les réajustements isostatiques devaient d'ailleurs encore affecter une région qui correspond au début de l'arc magmatique hercynien (notamment avec les tonalites et l'ensemble granitique Rouet-Plan de la Tour-Gigaro - PUPIN, 1976 ; AMENZOU et PUPIN, 1986), et dont le magmatisme orogénique s'est poursuivi tardivement (microgranite de Plan de la Tour - PUPIN, 1973 ; granite et microgranite de Camarat (?) - AMENZOU et PUPIN, 1986).

A côté de l'intérêt proprement paléogéographique des résultats obtenus s'ajoute celui des différences notables dans la nature des sédiments, qui peut-être un guide précieux pour expliquer les variations géochimiques des formations sédimentaires ou pour délimiter les domaines potentiels de minéralisations.

Références

- AMENZOU M. et PUPIN J.P.(1986).- Le granite de Camarat (Maures, Var, France) : un ensemble polygénique, zone clé entre la Provence et la Corse. C. R. Ac. Sc., Paris, t.303 (II), p.697-700.
- BOUCARUT M.(1971).- Etude volcanologique et géologique de l'Estérel (Var, France). Thèse, Nice, 487 p.
- BOUILLET G. et LUTAUD L. (1958).- Contribution à l'étude paléogéographique de la période permienne dans la Provence cristalline. Bull. Soc. Géol. France, 8(5), p. 447-462.
- DEMANGEON P.(1974).- Essai de détermination des zones de sédimentation et des zones d'érosion en Provence cristalline au Permien. C. R. Ac. Sc., Paris, t.278 (D), p.189-192.
- GIRAUD J.D., PUPIN J.P. et TURCO G.(1980).- Caractères morphologiques du zircon dans les séries volcaniques calco-alcalines d'après l'exemple liguro-sarde. Implications pétrogénétiques. C. R. Ac. Sc., Paris, t.290 (D), p.823-826.
- GONDOLO A., GIRAUD J.D. et BONIN B.(1986).- Le volcanisme alcalin permo-triasique du sud-est de la France : comparaisons entre la Provence et la Corse. XI^e Réun. Sc. Terre, Clermont-Ferrand, p.81. Soc. géol. Fr. éd.
- GUEIRARD S. et SANTARELLI N.(1966).- A propos du volcanisme permien de la région toulonnaise. C. R. Ac. Sc., Paris, t.262 (D), p.2413-2416.
- JEAN S.(1985).- Les grès d'Annot au NW du massif de l'Argentera-Mercantour, sédimentologie, paléogéographie. Thèse, Grenoble.
- ORSINI J.B.(1980).- Le batholite corso-sarde : anatomie d'un batholite hercynien. Composition - structure - organisation d'ensemble. Sa place dans la chaîne varisque française. Thèse, Marseille, 390 p.
- PINCEMIN M.(1977).- Etude des minéraux accessoires de quelques roches permienes. Région de Toulon, Var. D.E.A., Nice, 58 p.
- PUPIN J.P.(1976).- Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique. Applications. Thèse, Nice, 394 p.
- PUPIN J.P.(1978).- Les zircons des roches volcaniques acides permienes de l'Estérel : un nouvel argument pour une province magmatique permienne corso-provençale. C. R. Ac. Sc., Paris, t.286 (D), p.173-176.
- PUPIN J.P.(1980).- Zircon and Granite petrology. Contrib. Mineral. Petrol. 73, p.207-220.
- PUPIN J.P.(1980b).- Le zircon, traceur sédimentaire. Congr. géol. intern., Paris, p.276.
- PUPIN J.P.(1985).- Magmatic zoning of hercynian granitoids in France based on zircon typology. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 65, p.29-56.

- PUPIN J.P. et TURCO G.(1973).- Le microgranite de Plan de la Tour (Maures). Relations avec le granite de cette localité et détermination de son âge. C.R. Ac. Sc., Paris, t.276 (D), p.3261-3264.
- PUPIN J.P. et TURCO G.(1981).- Le zircon, minéral commun significatif des roches endogènes et exogènes. Bull.Minéral., 104, p.724-731.
- REDONDO C.(1986).- Etude des sédiments détritiques du crétacé supérieur marin de la Provence Occidentale et recherche des zones d'apport. Sédimentologie, pétrographie, minéralogie. Thèse, Marseille I, 493 p.
- ROMAIN J.(1976).- Application au problème de l'origine du matériel détritique des séries permienes de la bordure SW du massif de l'Argentera-Mercantour d'une typologie du zircon accessoire. D.E.A., Nice, 70 p.
- SCHADE J.(1983).- Le synclinal de Saint-Martin de Belleville et son permien uranifère (zone houillère briançonnaise - Alpes de Savoie). Thèse, Grenoble, 250 p.
- TESSIER M.(1979).- Caractères morphologiques du zircon de roches magmatiques alcalines et calco-alcalines de Corse. Implications pétrogénétiques. Thèse 3e cycle, Nice, 112 p.
- TESSIER M., PUPIN J.P., TURCO G. et VELLUTINI P.(1978).- Le zircon, un argument pour distinguer les rhyolites orogéniques des rhyolites des complexes annulaires : l'exemple corso-provençal. C. R. Ac. Sc., Paris, t.287 (D), p.407-410.
- TOURE S.(1981).- Données nouvelles sur les formations détritiques de l'arc de Castellane, sud-est de la France (conglomérats tertiaires des synclinaux de Saint-Antonin, Barrême, Majastre). Thèse 3e cycle, Nice, 290 p.
- TOUTIN N.(1980).- Le permien continental de la Provence orientale (France). Thèse, Nice, 594 p.
- TOUTIN N.(1984).- Synthèse géologique du sud-est de la France. Mem. B.R.G.M. 126, Vol.2, S8.