

LE VOLCANISME STEPHANO-PERMIEN DES PYRENEES
PETROGRAPHIE, MINERALOGIE, GEOCHIMIE

POR
F. BIXEL *

RESUMEN

En la fase actual de las investigaciones se pueden distinguir cinco episodios volcánicos sucesivos en los Pirineos, del Estefaniense hasta el Pérmico.

El primero, Estefaniense, presenta dos niveles:

— un nivel ácido, más antiguo, dacito-riolítico, muchas veces ignimbrítico, en el que se encuentra granate almandino, figuras 1, 2, 4: *episodio 1a*.

— un nivel básico, andesítico, de composición calco-alcalina, que contiene clinopiroxenos cromíferos, figuras 1, 2, 3: *episodio 1b*.

El segundo, en el *Autuniense gris*, compuesto de dacitas calco-alcalinas puede contener xenosanidinas y xenogranates de metamorfismo, figuras 2 y 4: *episodio 2*.

El tercero, situado al límite del *Autuniense rojo*, lo componen riolitas peraluminosas potásicas con granate almandino y sanidita: *episodio 3*.

El cuarto, entre el *Autuniense* y el *Saxoniense*, de composición calco-alcalina, encierra minerales con afinidades alcalinas, como los diópsidos cromíferos y amfibolas edenito-pargagasíticas, figuras 3 y 4: *episodio 4*.

* Laboratoire de Géologie-Pétrologie, Université P. Sabatier, 38, Rue des 36 Ponts, 31400, TOULOUSE (France).

El quinto, situado debajo del conglomerado inferior del Trías, es francamente alcalino: son basaltos alcalinos con titanogilito y olivino, figuras 1, 2, 3: *episodio 5*.

Si las dos primeras manifestaciones inferiores (1.º y 4.º episodios) presentan características geoquímicas calcoalcalinas, su mineralogía nos permite de pensar que pudieron ocurrir emisiones de magmas toleíticos y alcalinos .

Las rocas ácidas (1.º y 3.º episodios) tienen características peraluminosas, lo que permite la cristalización de fases ricas en aluminio, como el almandino y la muscovita. Dichos magmas ácidos podrían resultar de una fusión crustal.

ABSTRACT

In the actual state of research, we can discriminate in the Pyrenees, five stephano-permian volcanic levels.

The first one, Stephanian, can be divided in two sub levels.

The oldest, acid, frequently ignimbritic, with rhyolito-dacitic composition, bears almandine garnet or muscovite, figs. 1, 2, 4: *sub level la*.

The youngest, basic, of medio potassic, calc alkaline, andesitic composition, bears chromiferous clinopyroxenes, figs. 1, 2, 3: *sub level lb*.

The second one, Grey Autunian, is made of hyperpotassic, calc alkaline dacites bearing xenosandine and zoned xenalmandine, figs. 2 and 4: *level 2*.

The third one, of early Red Autunian age, is mainly composed of peraluminous potassic rhyolites bearing sanidine and zonation free almandine: *level 3*.

The fourth one, setting between the upper Autunian and lower Saxonian, is made of calc alkaline andesites bearing minerals of alkaline affinity, such as chromiferous diopside and edenite-pargasitic amphibole, figs. 3 and 4: *level 4*.

The fifth one, setting under the triassic basal conglomerate is exclusively composed of alkaline basalts bearing peridot and titanogilito, figs. 1 and 3: *level 5*.

The 1B and 4 basic manifestations supply a calc-alkalic geochemistry. Nevertheless, their mineralogy shows some tholeiitic and/or alkalic affinity.

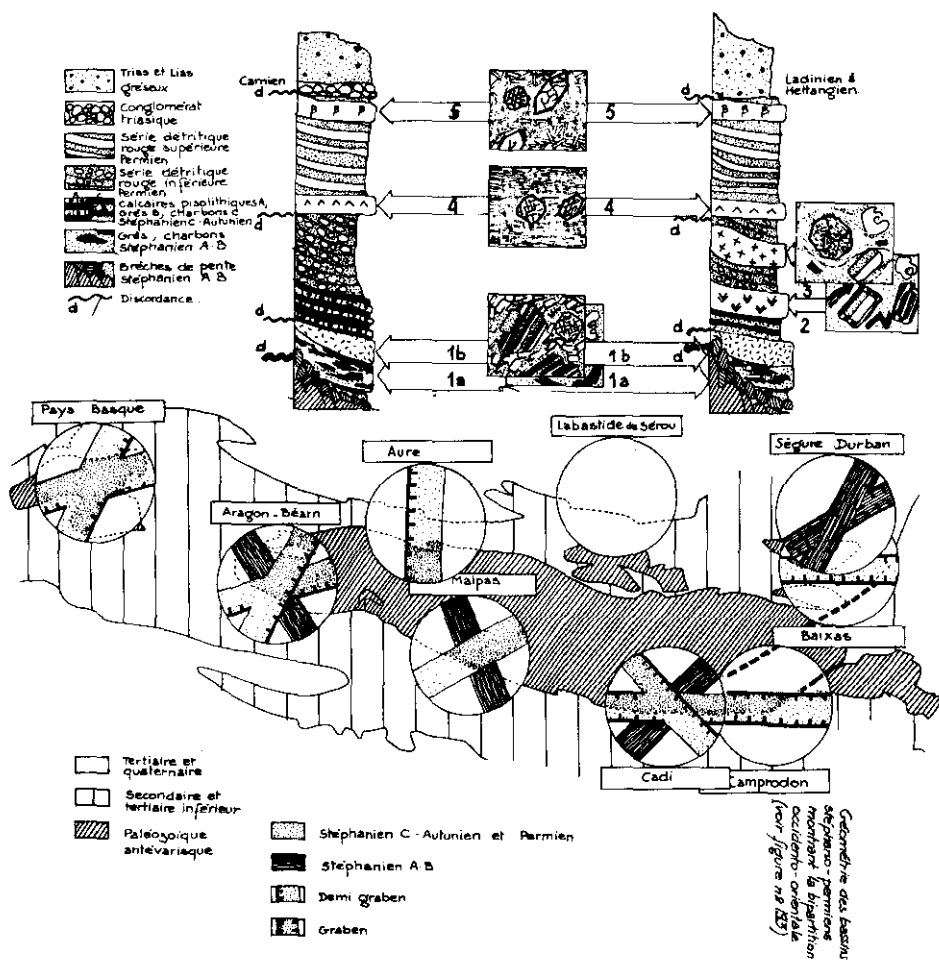


FIG. 1.—A) Logs synthétiques du Stéphano-Permien montrant une bipartition entre les Pyrénées occidentales et centrales et les Pyrénées orientales. Seuls trois des cinq épisodes volcaniques sont représentés dans les Pyrénées occidentales et centrales. B) Carte de répartition des principaux fossés stéphano-triasiques. Deux types d'orientations structurales apparaissent, une disposition centro-occidentale de l'Atlantique au Cadi et une disposition orientale du Cadi à la Méditerranée, confirmant ainsi la bipartition du volcanisme.

A) Columnas sintéticas del Stephaniense-Pérmico en las que se aprecia la bipartición entre Pirineos occidentales y centrales y los Pirineos orientales. En los Pirineos occidentales y centrales sólo existen tres de los cinco episodios volcánicos. B) Mapa de las cuencas principales Stephano-Triásicas. Hay dos tipos de orientaciones estructurales: una centro-occidental, desde el Atlántico al Cadi y otra oriental, del Cadi al Mediterráneo, que confirman la bipartición del vulcanismo.

The acid manifestations, levels 1a and 3, supply a peraluminous geochemistry, which permits the cristallisation of minerals rich in alumina, such as almandine and muscovite. They were probably originated by crustal melting: S magma.

RESUME

Du Stéphanien au Permien, les Pyrénées ont été affectées par cinq épisodes volcaniques successifs qui furent:

1) Un volcanisme stéphanien comportant toujours deux termes pétrographiques:

1a — des dacites ou des rhyolites à la base. Ces roches de couleur claire, forment des coulées d'ignimbrites ou des dômes. Leur origine pourrait provenir d'une anatexie de la croûte sialique, magma S au sens de CHAPPELL et WHITE.

1b — des andésites au sommet. Ces roches de couleur sombre forment des coulées. Elles possèdent, dans l'ensemble, des caractéristiques géochimiques calco-alkalines et, dans certains cas, la minéralogie comporte quelques indices tholéïtiques avec la présence d'augites chromifères.

2) Un volcanisme stéphanien terminal-autunien, calco-alkalin, hyperpotassique, qui pourrait résulter de l'assimilation par le magma andésitique précédent de matériaux métamorphiques potassiques, ou du liquide provenant de leur anatexie.

3) Un volcanisme situé dans la série rouge inférieure autunienne et constitué par des rhyolites:

— des rhyolites peralumineuses, potassiques à grenat almandin, dont l'origine serait liée au liquide anatectique du 2ème épisode,

— des rhyolites peralkalines.

4) Un volcanisme venu à l'articulation des deux séries détritiques: Somport, Baralet dans les Pyrénées occidentales et Unités rouges inférieure et supérieure dans les Pyrénées orientales. De caractéristiques géochimiques calco-alkalines, il possède une minéralogie à amphiboles édénito-pargasitiques et à pyroxènes chromifères.

5) Un volcanisme à la limite Permien-Trias, à caractère alcalin basique faiblement contaminé.

La répartition de ces cinq épisodes le long de la Chaîne se trouve résumée dans les figures n.° 1 d'où il ressort une bipartition entre les Pyrénées occidentales et orientales, avec absence des épisodes 2 et 3 de l'Atlantique à la faille de Catalogne et présence de la totalité des cinq épisodes de la faille de Catalogne à la Méditerranée. A la bipartition des épisodes volcaniques, on peut également superposer une bipartition des orientations des structures volcaniques et des fossés d'effondrement associés (fig. n.° 1), ce qui montre la relation étroite existant entre le volcanisme et la tectonique.

A. LE VOLCANISME STEPHANIEN

Daté par la macroflore des intercalations sédimentaires, le volcanisme stéphanien des Pyrénées possède, dans son ensemble, des affinités calco-alkalines malgré quelques variations mineures entre les secteurs occidentaux et orientaux de la Chaîne.

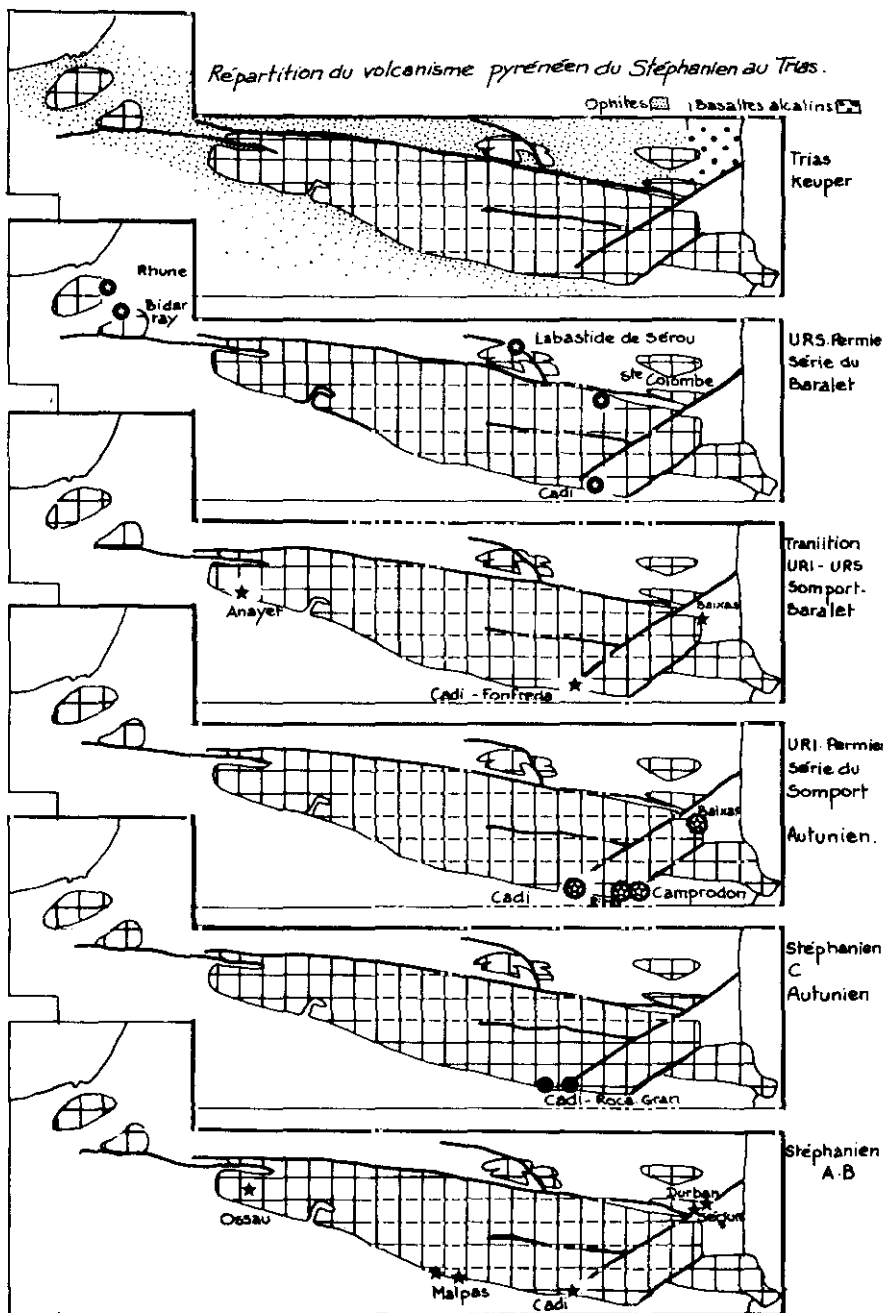
Comme cité précédemment, deux types de magmas semblent intervenir: un magma basique, calco-alkalin, donc d'origine mantélique et un magma acide, calco-alkalin, vraisemblablement d'origine crustale. Dans tous les affleurements observés, ces deux termes sont toujours présents et il n'existe pas de roche intermédiaire entre ces dacites et rhyolites et les andésites, hormis dans l'Ossau où des phénomènes annexes viennent se greffer, en raison du réservoir de la caldeira, au sein duquel la différenciation peut jouer.

En ce qui concerne les roches acides, le magma basique, calco-alkalin, a dû provoquer l'anatexie de l'écorce sialique et donner un magma S au sens de CHAPPELL *et al.* Ce dernier a précédé, au cours de l'ascension crustale, le magma basique, puisque l'on trouve toujours la succession stratigraphique: substratum varisque, brèches de pente et paléosol, ignimbrites ou dômes acides, andésites calco-alkalines.

D'après ce qui a été observé en Ossau, ces roches acides ont une teneur en corindon normatif permettant la précipitation des phases almandin et muscovite BIXEL, F., 1984.

Le magma basique, exprimant les andésites, d'après la géochimie des éléments majeurs, est de caractère calco-alkalin. Ainsi, l'ensemble des points représentatifs se localise dans le domaine subalkalin du diagramme $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ de KUNO, avec, suivant les limites de cet auteur, une répartition dans le secteur tholéiitique.

Sur les diagrammes discriminants des séries tholéiitiques et calco-alkalines diagrammes AFM et $(\text{FeO}^*/\text{MgO}) - \text{SiO}_2$, une bipartition occi-dento-orientale apparaît avec un secteur W, Atlantique Cadi, à rapport $\text{FeO}^* + \text{MgO}$ faible ($1 < \text{FeO}^*/\text{MgO} < 2$) et un secteur E, Cadi inclu, à



rapport $\text{FeO}^* + \text{MgO}$ plus élevé ($1,5 < \text{FeO}^*/\text{MgO} < 4$) à la limite du champ tholéiitique dans le diagramme AFM et, suivant les limites de BARAGAR, dans le champ tholéiitique pour le diagramme $\text{FeO}^*/\text{MgO} - \text{SiO}_2$.

Les andésites du Stéphanien possèdent des caractéristiques géochimiques subalcalines, et plus spécialement calco-alcalines. Il faut toutefois remarquer que le total des alcalins est faible pour l'ensemble de la Chaîne (Les roches calco-alcalines ayant tendance à se superposer au domaine hyperalumineux de KUNO).

Sur le plan minéralogique, les andésites acides ($58 < \text{SiO}_2 < 63\%$) lorsqu'elles sont présentes comme en Ossau, possèdent des caractéristiques calco-alcalines typiques avec: des augites calco-alcalines (diagramme de Leterrier) (fig. n.° 3) des magnésiohornblendes calco-alcalines (diagrammes de JACKES et WHITE) (fig. n.° 4) et de la biotite.

En ce qui concerne les andésites basiques ($53 < \text{SiO}_2 < 58\%$), celles de l'Ossau possèdent des endiopsides chromifères dont la composition semble tholéiitique (fig. n.° 3). Quant aux andésites du Cadi, ce sont des augites calcoalcalines. Cependant ces roches semblent avoir des liens génétiques communs avec les andésites du 4ème épisode qui, elles, renferment des endiopsides chromifères à caractéristiques tholéiitiques. Il ne faut pas exclure à priori des affinités tholéiitiques pour les andésites basiques du Cadi (figs. 3-4).

Ainsi, d'après les données actuelles, le volcanisme basique du Stéphanien des Pyrénées possède des affinités géochimiques calco-alcalines pour les éléments majeurs; mais les termes les plus basiques, les andésites basiques, possèdent ou proviennent de magmas ayant précipité des endiopsides riches en chrome, caractéristiques des magmas tholéiitiques.

Les caractéristiques primaires du magma ayant donné ces andésites basiques ne sont pas connaissables pour le moment; mais, la présence de très nombreux xénocristaux et xénolithes de quartz indique que le dit magma a absorbé et partiellement assimilé, des matériaux sialiques, dont l'origine peut se trouver dans les métamorphites engendrant un magma crustal acide. Dans ces conditions, le liquide générateur a dû s'acidifier et sa composition devait être plus basique que celle des andésites basiques: ce devait être un liquide basaltique. Les cristaux d'anorthite et d'endiopside chromifère sont indicateurs d'un magma peu ou pas différencié compatible avec un basalte.

En résumé, le volcanisme stéphanien des Pyrénées provient vraisemblablement de deux sources magmatiques différentes: une source magmatique mantélique, basaltique, peut être tholéiitique, et donnant des andésites calco-alcalines, et une source magmatique crustale, rhyolito-dacitique, provenant de la fusion anatectique de métamorphites sous l'effet du magma basalto-andésitique.

Ces deux magmas stéphaniens se mettent en place dans un contexte tectonique de grands accidents décrochants, permettant l'ouverture de bassins d'effondrement. Ces grabens, de largeur kilométrique, sont comblés par les deux types de volcanites suscités et par des dépôts détritiques contenant des niveaux charbonneux. Le meilleur exemple est le bassin de Ségure dans les Corbières où la structure et la stratigraphie sont complètes.

L'orientation de ces petites structures d'effondrement diffère entre les Pyrénées occidentales et orientales. Ainsi, dans les Pyrénées Occidentales, ces minigrabens possèdent une orientatoin NNW-SSE à NW-SE conforme aux linéaments et aux discontinuités du substratum varisque. C'est le cas en Ossau (Bassin Aragon-Béarn), à Malpas (Bassins des Pyrénées de Lerida). Dans les Pyrénées orientales, cette orientation devient NNE-SSW à NE-SW. C'est le cas dans le Cadi (Bassins catalans) et à Ségure-Durban (Bassins des Corbières) (fig. n.° 1). Ces orientations étant respectivement dues à des décrochements dextre E-W et senestre WSW-ENE, sub parallèles aux actuelles failles N pyrénéene et de Catalogne.

En résumé, le volcanisme stéphaniens des Pyrénées se répartit en deux secteurs aux tectoniques propres, dominées par le jeu décrochant de deux accidents majeurs: la faille Nord pyrénéenne à coulissage dextre et la faille de Catalogne, à coulissage sénestre. Les déformations occasionnées au substratum anisotrope varisque par ces mouvements coulissants entraînerent l'ouverture de petits fossés d'effondrement de largeur kilométrique. C'est dans ce contexte que furent émises les ignimbrites acides, dans un premier temps, et les coulées d'andésites basiques, dans un deuxième temps. Exceptionnellement, comme en Ossau, la création d'un réservoir en subsurface, a pu entraîner la formation d'un cauldron avec son cortège de roches différenciées.

B. LE VOLCANISME STEPHANIEN TERMINAL-AUTUNIEN

Durant le temps de passage du Stéphaniens au Permien, qui correspond à l'unité de transit du Cadi (J. GISBERT, 1980, 1983, 1984) attribuée à l'Autunien gris, se manifesta, uniquement dans les Pyrénées orientales, un magmatisme calco-alcalin acide provenant de l'assimilation par des andésites basiques calco-alcalines d'un matériau potassique siliceux. Cela confère à ces roches des teneurs élevées en potasse correspondant à celles rencontrées dans les séries calco-alcalines hyperpotassiques. L'intervention d'un matériel contaminant acide est mise en évidence par la présence de xénominaux tels que des grenats almandins zonés et des sanidines. La source de ce matériel contaminant peut être interprétée suivant deux voies qui sont, en fait,

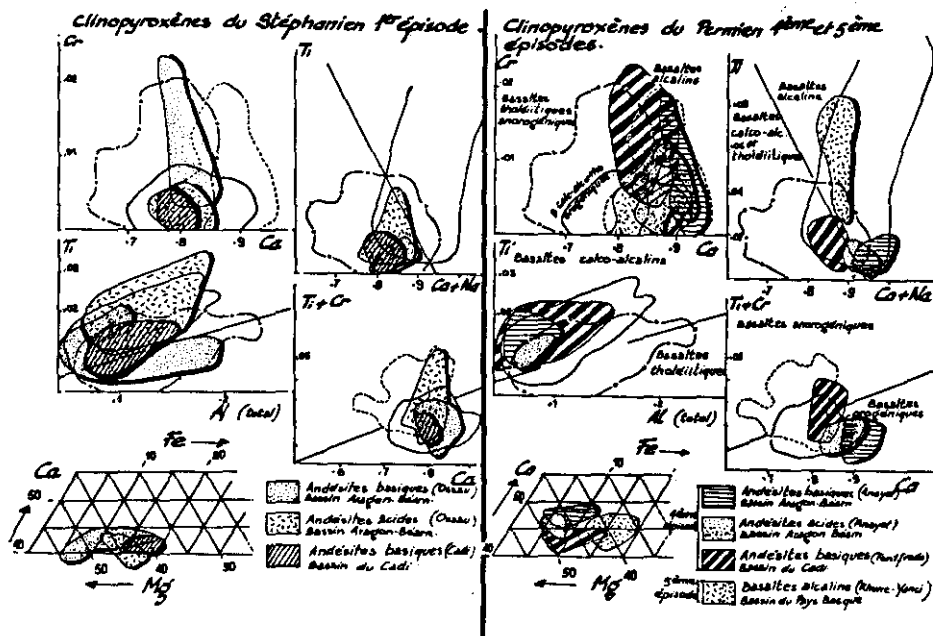


FIG. 3.—Composition des clinopyroxènes augitiques des épisodes 1b, 4 et 5. D'après les compilations de LÉTERRIER et al, les augites et les endiopsides de l'épisode 1b en Aragon Béarn possèdent des affinités tholéitiques pour les andésites basiques, alors que les autres spx 1b sont calco-alcalins. Les cpx de l'épisode 5 ont des caractéristiques alcalines alors que ceux de l'épisode 4 montrent des caractéristiques anorogéniques avec des teneurs élevées en chrome.

Composición de los clinopiroxenos augíticos de los episodios 1b, 4 y 5. Según los datos de LÉTERRIER et al. las augitas y los endiopsidos 1b de Aragón-Bearn tienen afinidades tholeíticas en las andesitas básicas, mientras que los otros cpx 1b son calco-alcalinas. Los cpx del episodio 5 tienen características alcalinas, mientras que los del episodio 4 las tienen anorogénicas, con alto contenido en cromo.

voisines de celles évoquées pour le magma acide du volcanisme stéphanien. Le contaminant du magma andésitique était un matériau métamorphique compatible avec un faciès à sillimanite, ce qu'indique la composition des grenats, mais il ne faut pas exclure l'intervention du liquide anatectique provenant de la fusion de cette métamorphite, liquide qui a pu précipiter des sanidines. Quoiqu'il en soit les matériaux subsistèrent durant le troisième épisode avec l'expression des rhyolites peralumineuses à almandin sanidine (BIXEL, 1984).

Sur le plan structural, les ignimbrites de ce deuxième épisode ont fréquemment recouvert des niveaux de végétation arborescente, dont les troncs carbonisés sont conservés dans ces coulées pyroclastiques. Deux appareils sont encore reconnaissables, deux caldeiras, orientées

suivant un axe NNW-SSE coïncidant avec la direction de dépôt et de drainage des alluvions permienues. Cette direction structurale, différente de celle relevée à propos du Stéphanien, s'explique par l'inversion en coulissage dextre du mouvement cisailant sub-parallèle à l'actuelle faille de Catalogne.

Ainsi le volcanisme de la transition stéphanio-autunienne, possède des caractéristiques géochimiques intermédiaires entre le volcanisme andésitique calco-alcalin du Stéphanien et le volcanisme acide peralumineux potassique du 3.^e ème épisode, d'âge permien, ce que corrobore la minéralogie à xénogrenats et xénosanidines. L'origine de cette composante acide peralumineuse potassique est à rechercher dans l'assimilation d'un matériau métamorphique ou de son produit de fusion. Suivant cette hypothèse, il existe, comme pour le premier épisode, l'intervention de deux matériaux: un magma basique calco-alcalin et un matériau sialique.

Sur le plan structural, les orientations observées tendraient à prouver que les mouvements coulissants s'inversèrent, dès cette époque, pour prendre le sens «pyrénéen», un coulissage général sénestre sub-parallèle à l'actuelle faille Nord pyrénéenne.

C. LE VOLCANISME DE L'AUTUNIEN

Durant la phase de remplissage attribuée à l'Autunien (Unité rouge inférieure de J. GISBERT), se mirent en place des rhyolites dans les Pyrénées orientales, Catalogne (Cadi, Camprodon) et Corbières (Baixas).

Deux termes sont exprimés: — des rhyolites peralumineuses potassiques à almandin; ce sont les roches citées comme intervenant dans le volcanisme du 2ème épisode.

— des rhyolites peralcalines décrites à l'E du Cadi par PUGA et FONTBOTE. Ces roches très altérées possèdent de l'aegyrine et des métasilicates normatifs, mais il n'a pas été possible à ces auteurs d'observer des pyroxènes sodiques.

Les rhyolites peralumineuses potassiques à almandin possèdent des compositions compatibles avec une origine crustale (magma S), ce qui signifie que l'anatexie crustale a joué durant les trois premiers épisodes volcaniques, du Stéphanien au Permien:

- magma S rhyolitique ou dacitique du 1er épisode, dont éventuellement la composition permet la précipitation du grenat almandin et de la muscovite;
- métamorphites ± magma S + magma calco-alcalin donnant un magma résultant transportant des xénogrenats almandins de métamorphisme: c'est le 2ème épisode;

- magma S dans le 3ème épisode exprimant des almandins magmatiques;
- magma calco-alcalin du 1er épisode à nombreux xénolithes de quartz.

Le mode de gisement de ces rhyolites du 3ème épisode correspond à des dômes extrusifs et à des ignimbrites. Les dômes extrusifs, orientés NW-SE et E-W ont une disposition conforme à la géométrie des bassins sédimentaires permien contemporains des Pyrénées orientales, dont ils occupent les marges NE (Cadi). Durant cette époque autunienne, deux orientations prédominantes apparaissent, correspondant aux axes de drainage des dépôts molassiques rouges: une orientation EW et une orientation NW-SE.

Ce volcanisme acide, à deux composantes, peralumineuse et peralcaline, est à rapprocher du volcanisme rhyolitique de l'Estérel et du volcanisme et du plutonisme alcalin corse ou sont représentées les deux lignées correspondantes de granites (B. BONIN, 1980), M. BOUCARUT, 1971; P. VELLUTINI, 1977).

Nous n'entrerons pas ici dans l'interprétation génétique de ce magmatisme alcalin acide, qui suivant certains auteurs (B. BONIN, 1980, 1982) proviendrait d'après les éléments en trace d'un magma parental alcalin basique.

D. LE VOLCANISME AUTUNO-SAXONIEN

A la limite des séries rouges inférieures et supérieure en Catalogne et à la limite des séries du Somport et du Baralet en Aragon-Béarn, s'injectèrent des andésites basiques et acides. Ces matériaux ont un faciès de roches aphyriques à faiblement porphyriques et forment des dykes puissants, de 50 à 100 mètres de large, évoluant vers la surface en dôme-coulée, comme cela apparaît à l'Anayet.

L'orientation de ces dykes est conforme à l'orientation des bassins permien et confirme l'inversion du mouvement de coulissage amorcée au Stéphanien C - Autunien.

Dans le secteur atlantique, le mouvement, dextre au cours du Stéphanien, devient senestre à l'Autunien; dans le secteur oriental catalo-méditerranéen le mouvement, sénestre au Stéphanien, s'inverse en dextre à la même époque.

Les andésites de ces dykes possèdent des compositions de matériaux calco-alcalins, mais la minéralogie trahit une ascendance différente, en raison de la présence d'endiopsides et de diopsides chromifères ayant des caractéristiques alcalines en Aragon-Béarn et tholéiitiques en Catalogne, et d'amphiboles édénito-pargasitiques à site A riche

en sodium, de telles compositions n'apparaissant (Jackes et White, 1970) que dans les andésites des arcs insulaires, ce qui n'a rien à voir avec le contexte géodynamique des Pyrénées au Permien. De telles amphiboles, plus riches en sodium que les magnésiohornblendes stéphaniennes, ont dû exiger un magma possédant des teneurs en alcalin plus élevées que celles des liquides andésitiques calco-alcalins du Stéphaniens. Il est probable qu'elles ont précipité dans des liquides aux caractéristiques alcalines (fig. n.° 4, BIXEL, 1983, 1984).

En Aragon-Béarn, pyroxène et amphibole semblent en conformité avec une origine alcaline.

En Catalogne, pyroxène et amphibole ne sont pas en équilibre, ce qui prouve l'observation. Les amphiboles pargasitiques apparaissent comme une xénophasse alcaline au sein du liquide exprimant les endiopsides tholéitiques.

Ainsi, ces roches, malgré une composition calco-alcaline auraient une origine différente, faisant intervenir des liquides alcalins ou alcalins et tholéitiques, quant à la composition, elle peut également reflé-

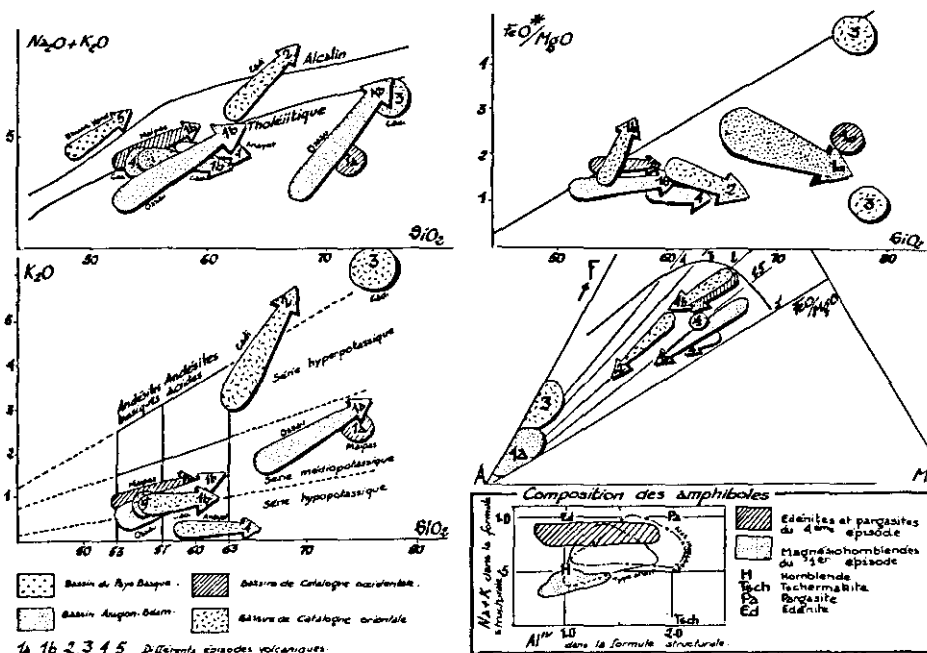


FIG. 4.—Trends des principaux épisodes volcaniques stéphano-permiens. Les épisodes 1b et 4 des divers bassins semblent avoir des caractéristiques voisines de matériaux sub-alcalins hypo et médiopotassiques calco-alcalins. Composition des amphiboles (diagramme de JACKES et WHITE) montrant les différences de composition des amphiboles des épisodes 1b et 4.

ter, comme pour les trois épisodes précédents, l'intervention d'une assimilation crustale qui se traduit par la présence de xénoctaux de quartz.

E. LE VOLCANISME DU PERMIEN TERMINAL

Disséminé sur toute la longueur de la Chaîne: Rhune (Pyrénées Atlantiques), Labastide de Sérrou, Ste. Colombe (Ariège), le dernier épisode volcanique permien se met en place durant le temps de passage du Permien au Trias gréseux.

Ce sont, pour l'essentiel, des coulées de basalte, d'épaisseur métrique à plurimétriques, et des filons de dolérite. La géochimie de ces roches très altérées n'est pas toujours significative; mais la minéralogie, avec la présence de titanogites et de fréquentes pseudomorphoses d'olivine, indique que l'on est en présence de basaltes alcalins.

F. SCHEMA D'EVOLUTION STRUCTURALE ET MAGMATIQUE

A partir des diverses données structurales et magmatiques qui viennent d'être résumées, on arrive à la conclusion qu'il existe deux schémas:

— un schéma «occidental», de l'Atlantique aux Pyrénées de Lérída, avec trois orientations de bassins et trois des cinq épisodes volcaniques.

- 1) des fossés de largeur kilométrique et de direction NW-SE à volcanisme acide d'origine vraisemblablement crustale et volcanisme basique calco-alcalin au Stéphanien.
- 2) des fossés de largeur plurikilométrique, de direction NNE-SSW et ENE-WSW, à volcanisme alcalin contaminé (à la limite des deux séries détritiques permienes) et volcanisme alcalin basique (à la limite du Permien et du Trias).

— un schéma «oriental» du Cadi à la Méditerranée, avec trois orientations de bassins et la totalité des cinq épisodes volcaniques.

- 1) des fossés de largeur kilométrique, de direction NE-SW, à volcanisme, d'origine vraisemblablement crustale et volcanisme basique calco-alcalin au Stéphanien.
- 2) des fossés de largeur décakilométrique, de direction EW et NW-SE, du Stéphanien C-Autunien au Permien supérieur, avec

quatre épisodes volcaniques faisant intervenir un magma acide d'origine crustale et un ou plusieurs magmas basiques exprimant des andésites calco-alkalines, le mélange des deux magmas pouvant éventuellement se produire comme dans le deuxième épisode.

Il est à noter que les trois directions des bassins «orientaux» sont l'image des trois directions «occidentales» par rapport à un miroir NNW-SSE. C'est à dire parallèle à la faille de l'Adour.

Cette bipartition structurale semble s'inscrire dans un contexte géotectonique de grands décrochements s'opérant suivant deux directions majeures:

— une direction parallèle à l'axe de la Chaîne et à la faille Nord pyrénéenne pour les Pyrénées occidentales (Soula et Bessieres, 1980);

— une direction grossièrement NE-SW parallèle à la vallée de la Têt pour les Pyrénées orientales, c'est à dire parallèle à la faille de Catalogne.

L'origine des magmas stéphano-permiens des Pyrénées ne semble pas claire dans l'état actuel des travaux.

Parmi les faits les plus marquants on peut noter:

— *Premièrement*, que le magmatisme basique des épisodes 1, 2, 4 possède une géochimie d'apparence calco-alkaline pour les éléments majeurs des termes les plus basiques ($53 < \text{SiO}_2 < 58\%$).

La minéralogie indique une très faible différenciation se traduisant par des plagioclases anorthitiques, proches du pôle calcique de la série, et des clinopyroxènes diopsidiques et endiopsidiques, proches du pôle calco-magnésien de la série, avec des teneurs en chrome peu compatibles avec une origine calco-alkaline. Cela signifie que le magma primaire était plus basique que le liquide andésitique, vraisemblablement basaltique.

D'après les limites préconisées par LETERRIER, les pyroxènes du 1er épisode d'Aragon-Béarn et du 4ème épisode de Catalogne ont des compositions tholéïtiques alors que ceux du 2ème épisode d'Aragon-Béarn ont des compositions alcalines.

Le caractère commun de toutes ces augites (sensu lato) est la teneur élevée en chrome, qui devait être une des particularités du ou des magmas parentaux. Par conséquent, malgré la géochimie calco-alkaline, il a peut être existé un magma parental basaltique tholéïtique et/ou alcalin.

— *Deuxièmement*, que la croûte sialique a joué un rôle important dans le magmatisme, soit en donnant des liquides par anatexie (1er

et 3ème épisodes), soit en contaminant le magma basique, dans des proportions variables, allant de quelques xéno cristaux de quartz (1er, 2ème, 4ème et 5ème épisodes) à une modification profonde de la composition du magma basique (2ème épisode). La composition de la croûte sialique devait être acide et alumineuse de façon à exprimer des grenats de métamorphisme (xénoalmandins zonés du faciès sillimanite du 2ème épisode) ou des grenats et de la muscovite magmatiques (1er épisode Aragon-Béarn, 3ème épisode Catalogne). La teneur en potasse des matériaux anatectisés a dû varier au cours du temps 1er-3ème épisode, et dans l'espace, puisque les rhyolites du 3ème épisode possèdent des teneurs élevées en potasse (5 à 7%), relativement voisines de celles des rhyolites permienues de l'Esterel; cela pourrait signifier que la composition moyenne de l'écorce profonde, au Stéphanien-Autunien, était plus potassique dans le secteur Catalogne-Provence que dans le secteur des Pyrénées atlantiques.

Le 5ème épisode ne semble pas présenter de difficulté d'interprétation génétique malgré l'altération: c'est un magma alcalin.

G. EXTENSION DU SCHEMA AU TRIAS ET A L'INFRA-LIAS

La bipartition mise en évidence pour le Stéphanien et le Permien, se poursuit au moins jusqu'au Keuper, comme AZAMBRE et ROSSY (1981) l'ont montré à propos des ophites (tholéiites à quartz ou à olivine). Ces auteurs opposent ainsi un magma tholéiitique «occidental» lié aux premières fracturations pré-atlantiques alcalin «oriental» de bordure stable.

BIBLIOGRAFIA

La bibliografía de este trabajo se encuentra al final del artículo: «Approche Géodynamique du Permien et du Trias des Pyrénées dans le cadre du sud-ouest européen», de F. BIXEL et C. LUCAS, que se encuentra en este volumen.