

## LES CINERITES, MARQUEURS ASEQUENTIELS AU SEIN DE LA SEDIMENTATION PERMIENNE, CONTINENTALE ET RYTHMIQUE, DU BASSIN DE LODEVE (HERAULT, FRANCE)<sup>1</sup>

par

Bernadette ODIN<sup>2</sup> & Georges CONRAD<sup>2</sup>

(3 figures, 1 tableau et 1 planche)

**RESUME.-** Le bassin de Lodève constitue une zone subsidente d'un bassin permien beaucoup plus vaste qui s'étendait au Sud du Massif Central. Là, ce sont accumulés plus de 3 000 m de dépôts (Autunien supérieur à Thuringien) dont l'organisation en séquences est bien marquée. Dans cette sédimentation organo-détritique au Permien inférieur puis purement détritrique et rouge durant le Permien supérieur, s'intercalent 18 niveaux de cinérites dont la majorité se regroupe dans les formations basales grises puis grises et rouges.

Les cinérites sont des niveaux remarquables par leur extension et leur épaisseur constante à travers tout le bassin et même au-delà puisque certains d'entre eux ont été reconnus dans d'autres bassins du Sud du Massif Central. Outre ces caractéristiques géométriques qui en font de bons marqueurs lithostratigraphiques - bien calés dans le temps et dans l'espace permettant des corrélations - la nature volcanique de ces niveaux se dégage très nettement des observations microscopiques. L'étude typologique des zircons (effectuée sur une cinérite) se révèle être une technique d'approche adaptée pour démontrer l'origine et la nature magmatique de ces niveaux. Par contre, l'approche géochimique s'avère peu concluante quant à l'individualisation de ces niveaux. On constate l'importante homogénéisation des teneurs avec celles du sédiment encaissant, engendrée par des transformations diagénétiques s.l. successives dont les grandes étapes (permienne, triasique et jurassique) sont données par les datations K/Ar sur les feldspaths potassiques.

La grande régularité de ces niveaux, d'épaisseur décimétrique voire métrique, indique tout à la fois la puissance et l'éloignement des sources de ce volcanisme explosif.

**ABSTRACT.-** The Lodève basin is a subsidence zone part of a much wider Permian basin which formerly existed South of the Massif Central. There, more than 3 000 meters of deposits accumulated (from upper Autunian to Thuringian) with an obvious sequential organization. In this organic and detrital sedimentation in the lower Permian and exclusively detrital and red in the upper Permian, 18 cinerite levels can be found, with the largest part at the bottom in grey-red formations.

Cinerites are remarkable levels because of their extension and constant width throughout the whole basin and even further since some were recognized in several other basins South of the Massif Central. Apart from these geometric characteristics which enable their use as lithostratigraphic markers - well situated both in time and space and allowing correlations - the volcanic nature of the levels appears clearly when microscopic observations are made. Zircon typological study (conducted on a cinerite) is shown to be technique adapted to prove the magmatic origin and nature of the levels. On the other hand, using the geochemical approach to individualize these levels is far less successful. An important homogeneization of the contents with those of the surrounding sediment is observed, whose origin is in successive diagenetic transformations s.l. Their main ages (Permian, Triassic and Jurassic) are established with K/Ar dating techniques on potassic feldspars.

The great regularity of these decimeter and even meter-wide levels indicates both the strength and the distance of the explosive volcanism from which they originate.

1. Communication présentée le 24 mars 1987, manuscrit reçu le 18 février 1988.

2. Laboratoire de Sédimentologie, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, Case 421, F-13397 Marseille-Cedex (France).

## INTRODUCTION

Le découpage lithostratigraphique du Permien continental de Lodève a récemment été renouvelé (B. Odin, 1986) grâce aux nombreux sondages et travaux miniers effectués par la COGEMA.

La série permienne, épaisse de plus de 3000 m, est constituée de cinq formations dont les caractéristiques sédimentologiques et l'évolution de la microflore, traduisent une aridification du climat (fig. 1).

La formation 1, d'Usclas-St Privat, est discordante sur le Cambrien, ou le Stéphaniens par le jeu d'une tectonique stéphano-autunienne ( $\varphi_1$ ). Elle est constituée d'un ou deux membres de couleur grise, d'origine fluvio-deltaïque, montrant à la base un emboîtement de chenaux grésos-conglomératiques, dont le matériel détritique s'affine nettement vers le sommet corrélativement à l'intercalation de niveaux riches en matière organique (jusqu'à 6 % de carbone organique) appelés «couches». Celles-ci ont livré une association sporo-pollinique (LO1) attribuée à l'Autunien supérieur (B. Odin *et al.*, 1986; Doubinger *et al.*, 1986) et reconnue dans d'autres bassins du Massif Central.

Au-dessus, la formation 2, des Tuilières-Loiras, est composée de trois membres d'origine lacustre - L1 et L2, de couleur grise, L3 de couleur gris et rouge - séparés par deux épisodes silteux, constants à travers le bassin. Cette formation est caractérisée par le développement puis la régression de la matière organique relayée par l'apparition de la couleur rouge dans le troisième membre d'origine lacustre. C'est au sein de cette formation que s'inscrivent :

- le passage de l'Autunien supérieur (association sporo-pollinique LO1) au «Saxonien» (association sporo-pollinique LO2), au sommet du membre L2 et peu avant l'apparition de la couleur rouge;
- le passage du «Saxonien» au Thuringien (association sporo-pollinique LO3), au sommet du membre L3 et peu avant l'uniformisation de la couleur rouge.

La formation 3, du Viala, est à dominante rouge tout en présentant, à la base, quelques passées plus grises qui ont révélé l'association thuringienne LO3. Les dépôts détritiques très fins, distaux par rapport au réseau fluvial principal, traduisent un environnement calme, de plaine d'inondation, sous un climat intertropical.

La formation 4, de Rabejac, légèrement discordante et ravinante sur la formation 3, sous-jacente, débute par un conglomérat qui scelle une paléosurface intrathuringienne ( $\varphi_2$ ). Elle est constituée de deux membres d'origine deltaïque,

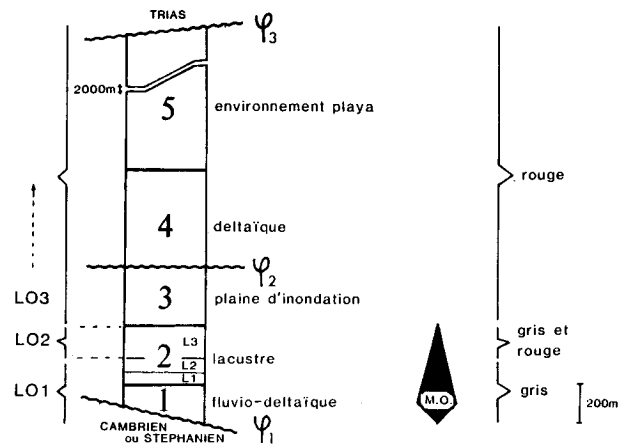


Figure 1.- Succession lithostratigraphique et discordances tectoniques au sein de la série permienne du bassin de Lodève.

LO1: association sporo-pollinique de l'Autunien supérieur;  
LO2: association sporo-pollinique du «Saxonien»;  
LO3: association sporo-pollinique du Thuringien.

1. Formation d'Usclas-St Privat; 2. Formation des Tuilières-Loiras; 3. Formation du Viala; 4. Formation de Rabejac; 5. Formation du Salagou. L1, L2 et L3: membres lacustres.  
 $\varphi_1$ . Phase tectonique stéphano-autunienne;  $\varphi_2$ . Phase tectonique intrathuringienne;  $\varphi_3$ . Phase tectonique palatine.

où abondent les formes sédimentaires de moyenne énergie (chenaux, faisceaux de feuillets obliques, groupements de faisceaux), des traces d'activité biologique (terriers de vers, pistes de reptiles) et des témoins climatiques (empreintes de gouttes de pluie, fente de dessiccation), développés dans un milieu oxydant, de couleur uniformément rouge.

La formation 5, du Salagou, traduit un environnement semi-désertique. Les dépôts de playa, rouges et extrêmement fins, riches en formes sédimentaires (fentes de dessiccations, pistes de reptiles abondantes), se sont accumulés sur plus de 2000 m, traduisant la subsidence active du bassin. Après le basculement, antétriasique, de la série permienne, lors de la phase palatine ( $\varphi_3$ ), le sommet de cette formation est tronqué par la paléosurface post-hercynienne. En l'absence de données palynologiques, ces deux dernières formations rouges sont attribuées au Thuringien s.l.

Dans cette sédimentation permienne, dont le caractère rythmique est bien marqué, 18 niveaux de cinérites ont, jusqu'à ce jour, été répertoriés. Ils constituent des événements sédimentaires, arythmiques, surimposés (puisque liés à une activité volcanique indépendante) à la sédimentation fluviale et lacustre, organisée en séquences.

## 1.- ETUDE DES CINERITES

### 1.1.- POSITION DES CINERITES AU SEIN DE LA SEDIMENTATION RYTHMIQUE

Les 18 niveaux de cinérites (numérotés entre III et XXV) constituent d'excellents marqueurs lithostratigraphiques (fig. 2) car ils présentent :

- une répartition spatiale très continue à travers le bassin et même au-delà puisque certains d'entre eux ont été reconnus plus au Nord, dans les bassins de St Affrique et Rodez, à l'Ouest dans la région de Lunas et au Sud, dans le bassin de Gabian-Néffies;

- une épaisseur constante à travers le bassin. Seule, la cinérite VIII fait exception car son épaisseur diminue de manière sensible d'Ouest en Est. L'importante porosité des dépôts cinéritiques initiaux et le taux élevé de compaction, engendré par la charge lithostatique (quelques % à 50 % d'après Laversanne, 1976), laissent supposer que les cinérites étaient beaucoup plus épaisses lors de leur dépôt;

- une localisation constante au sein des mêmes séquences détritiques ou organo-détritiques.

### 1.2.- CARACTERES PETROGRAPHIQUES DES CINERITES

L'étude pétrographique des cinérites nous a amenés à les répartir en sept groupes selon des caractéristiques texturales sans préjuger du critère génétique.

- Le groupe 1 réunit les cinérites X (pl.) et XX. Ces cinérites sont caractérisées par un liant cryptocristallin de microcline (30-40 %) avec une dominante de billes de verre (< 150  $\mu\text{m}$ ) recristallisées en quartz (ci. X) ou en carbonates (ci. XX). On rencontre également des feldspaths potassiques et des quartz, trappus ou aciculaires.

- Le groupe 2 réunit les cinérites XXIV et XXV. Ces cinérites présentent un liant cryptocristallin de microcline (ci. XXIV) ou d'analcime (ci. XXV), relativement abondant (20-42%) avec une dominante d'éléments aciculaires de quartz et de feldspath potassique (ci. XXIV) ou d'albite (ci. XXV).

Les carbonates diagénétiques automorphes (dolomite, calcite) sont bien développés.

- Le groupe 3 réunit les cinérites XII, XII bis et I. Ces cinérites sont caractérisées par un liant microcristallin, diffus, de microcline (ci. XII) et/ou d'albite (ci. XII bis et I) avec de rares éléments figurés (< 10%) constitués de feldspaths potassiques trappus, d'albite et de quartz aciculaires.

- Le groupe 4 réunit les cinérites III, VI, V, IX et XI. Ces cinérites présentent un liant microcristallin albitique (ci. III, V, VI) ou de microcline (ci. XI et IX). Les éléments figurés (10-40 %) se répartissent entre le quartz, très rare, l'albite aciculaire (ci. III, V, VI), les feldspaths potassiques trappus (ci. XI, IX), les biotites (ci. VI et IX).

- Le groupe 5 réunit les cinérites II (pl.) et VIII. Ces cinérites sont caractérisées par un liant microcristallin avec des éléments figurés (10-40 %) : ce sont des quartz limpides, craquelés, de l'albite aciculaire et des fragments de ponce dont les vésicules sont remplies d'analcime.

- Le groupe 6 est représenté par la cinérite XXII. Il est caractérisé par un liant microcristallin

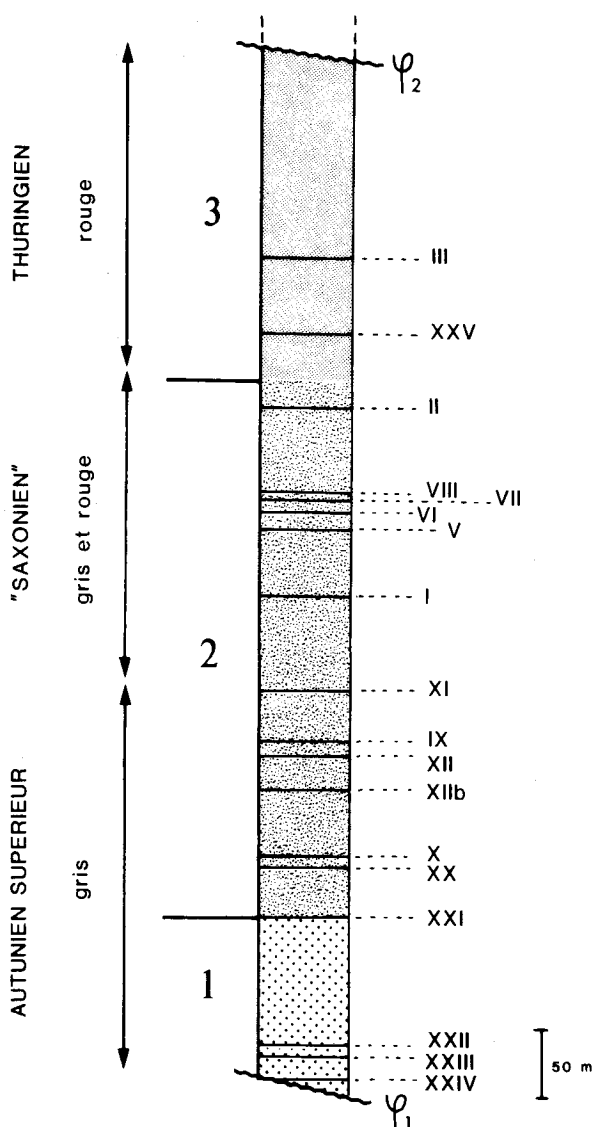


Figure 2.- Position des cinérites au sein des trois premières formations permienne du bassin de Lodève.

Les cinérites sont numérotées dans l'ordre de leur découverte .  
1. Formation d'Usclas-St Privat; 2. Formation des Tuilières-Loiras; 3. Formation du Viala.  $\phi_1$ . Phase tectonique stéphan-autunienne;  $\phi_2$ . Phase tectonique intrathuringienne.

Tableau 1.- Chronologie des principales étapes diagénétiques s.l. qui ont affecté la série permienne du bassin de Lodève.  
En grisé, les transformations diagénétiques observées dans les cinérites.  
\*Conrad *et al.*, 1986; \*\* Clément, 1986; \*\*\*Bellon *et al.*, 1974.

ETAPES		DIAGENESE SYNSEDIMENTAIRE	
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Corrosion des feldspaths et des quartz (notamment dans les gres et les microconglomérats à la base du Permien gris).</li> <li>● Kaolinisation des feldspaths (K et Na) , des muscovites et cimentation intergranulaire par de la kaolinite.</li> </ul>		
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Authigenèse de pyrite.</li> </ul>		
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nourrissage des grains détritiques de feldspaths potassiques*et sodiques et des quartz.</li> <li>● Authigenèse de quartz.</li> <li>● Néof ormation de chlorite.</li> <li>● Illitisation de la kaolinite.</li> </ul>		Diagenèse silicatée MAJEURE

#### ALTERATION PROFONDE

4	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Microclinalisation, albitisation, anaïcimisation, argilisation liées à la paléosurface pré-triasique.**</li> </ul>		
---	---	--	--

#### DIAGENESE TARDIVE, MESOZOIQUE

5	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nourrissage des quartz néoformes.</li> <li>● Néof ormation de chlorite.</li> <li>● Cimentation de feldspath potassique.*</li> <li>● Illitisation***</li> </ul>		Diagenèse silicatée MINEURE
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pseudomorphose carbonatée.</li> </ul>		Diagenèse carbonatée MAJEURE

#### DIAGENESE REGRESSIVE, CENOZOIQUE

7	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Kaolinisation fissurale et de porosité secondaire.</li> </ul>		Diagenèse silicatée ACCESSOIRE
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cimentation carbonatée palissadique et fissurale.</li> </ul>		Diagenèse carbonatée MINEURE

très réduit (< 10 %) avec des feldspaths potassiques ( $\leq 200 \mu\text{m}$ ), aciculaires, très abondants (> 40 %).

- Le groupe 7 est représenté par la cinérite VII (pl.) qui est un niveau volcano-sédimentaire où coexistent une fraction organo-détritique (quartz et feldspaths engrenés, lits filamenteux de matière organique) et une fraction pyroclastique (quartz et albite, aciculaire, biotites, amas microcristallins semblables aux liants des groupes précédents; texture semblable à celle du groupe 4).

### 1.3.- TRANSFORMATIONS AFFECTANT LES NIVEAUX DE CINERITES

La diagenèse s.l. qui affecte la série permienne de Lodève a été essentiellement étudiée sur trois lithofaciès distincts : les grès, les «couches» et les cinérites.

**Au sein du sédiment encaissant**, malgré la multiplicité des actions diagénétiques, nous avons tenté d'établir une chronologie relative des événements les plus probants (tabl.). Les diverses étapes de cette diagenèse s.l. peuvent être groupées en quatre périodes :

- une période de diagenèse synsédimentaire s.l. qui englobe les étapes qui se sont déroulées pendant la sédimentation permienne. Elle aboutit à l'oblitération de la porosité initiale du sédiment;

- une période d'altération profonde liée à la réalisation de la pédiplaine post-hercynienne (Clément, 1986);

- une période de diagenèse tardive, mésozoïque, qui recouvre plusieurs étapes caractérisées par le renouvellement des circulations de nappes d'eau souterraines profondes et le changement de leur composition.

- une période de diagenèse régressive, vraisemblablement cénozoïque, liée aux derniers événements géodynamiques qui ont structuré le bassin.

Toutes les étapes de cette diagenèse s.l. n'ont pas été mises en évidence dans les **cinérites**. Cependant certaines d'entre elles sont bien marquées au niveau des minéraux primaires (exphénocristaux), des éléments vitreux et du liant vitreux. Ce sont :

- la diagenèse silicatée majeure (diagenèse synsédimentaire) qui inclut les néoformations de chlorite, l'illitisation de la kaolinite et les silicification, albitisation et feldspathisation potassique. Ces dernières ont été datées de la limite Permien-Trias ( $248 \pm 8 \text{ M.a.}$  et  $242 \pm 7 \text{ M.a.}$ ; Conrad *et al.*, 1986).

- les microclinisation, albitisation, analcimisation et argilisation, sont liées à l'altération profonde, engendrée par l'élaboration de la paléosurface post-hercynienne. Cette altération se manifeste obliquement par rapport à la lithologie des assises et présente une gradation verticale (microclinisation à la base  $\rightarrow$  argilisation au sommet), ce qui explique, entre autre, que dans le bassin de Lodève, seule les cinérites XI à III sont albitisées et que cette albitisation n'a pas atteint leur profondeur dans le bassin de Gabian-Neffiès, qui est plus méridional.

- la diagenèse silicatée mineure (diagenèse tardive, mésozoïque) qui inclut les néoformations de chlorite, des cimentations de feldspath potassique qui sont datées de  $206 \pm 6 \text{ M.a.}$  (Trias) et de  $173 \pm 5 \text{ M.a.}$  (Jurassique) par H. Bellon *et al.* (1974).

- la diagenèse carbonatée majeure dont l'important développement masque parfois totalement la texture de la roche.

### 1.4.- GEOCHIMIE DES CINERITES

L'analyse géochimique des cinérites a été faite dans le but de caractériser le «faciès» géochimique de ces niveaux vis à vis des sédiments encaissants détritiques ou organo-détritiques.

Le dosage des éléments majeurs, d'éléments en traces (Cr, V, Ni, Rb, Sr, Ba, Co, Zn, Li, Cu, Pb, Zr, Bi, Sn, U, Th, Ga, B, Be) et de trois terres rares (Ce, Y, Sc), a été effectué sur la roche totale. Pour le choix des deux derniers groupes, nous nous sommes inspirés des travaux de J.A. Winchester et P.A. Floyd (1977) et de D.A. Spears & Kanaris-Sotiriou (1979).

En première approximation, nous constatons qu'il existe une nette homogénéisation des teneurs entre les cinérites et les sédiments encaissants, que l'on retrouve d'ailleurs au niveau de la composition minéralogique et qui est directement liée aux transformations diagénétiques s.l. (voir § 1.3 et tabl.).

Dans le détail, nous constatons :

- les faibles teneurs en  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  d'une part et en U, Zr et B d'autre part, qui soulignent le caractère **non détritique** de ces niveaux. En effet, le  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  est concentré dans la phase sédimentaire, au niveau de l'hématite essentiellement détritique.

Il en est de même pour le  $\text{TiO}_2$ , U, Zr, et B qui sont liés aux minéraux lourds, très variés dans les sédiments détritiques (rutile, zircon, tourmaline) alors qu'ils sont plus rares dans les cinérites;

- les fortes teneurs en MnO et  $\text{Na}_2\text{O}$ , qui s'expliquent par une diagenèse plus poussée dans ces niveaux;

- des teneurs élevées en Sn qui traduisent la mémoire de l'acidité du magma à l'origine de ces niveaux.

## 2.- HYPOTHESES SUR LES SOURCES DU VOLCANISME

La grande constance des niveaux de cinérites, à travers le bassin, laisse supposer un éloignement important des sources du volcanisme. La cinérite VIII, qui varie d'épaisseur dans le bassin fait exception; en effet, elle est plus épaisse à l'Ouest (15 cm) alors qu'elle n'atteint que 5 cm à l'Est, ce qui traduit une source volcanique occidentale et proche du bassin. La granulométrie a également été prise en compte sur la base des travaux de R.V. Fisher et G.P.L. Walker (*in* Fisher & Schmincke, 1984). La taille moyenne des éléments figurés ( $< 63 \mu\text{m}$ ) replacée dans un diagramme de la taille moyenne des grains en fonction de la distance à la source, place la ou les sources dans un rayon de 100 km autour du bassin mais à l'heure actuelle aucun appareil volcanique n'a été reconnu dans les séries permienues du Sud du Massif Central.

### 2.1.- INTENSITE DU VOLCANISME EXPLOSIF

L'accumulation des cendres en niveaux décimétriques à métriques (les cinérites les plus épaisses étant situées à la base du Permien, dans la formation 1, d'Usclas- St Privat) ainsi que leur

fréquence élevée au sein de la formation 2, des Tuilières-Loiras - 13 cinérites pour 300 m de dépôts fins, organo-détritiques ayant favorisé leur conservation - sont l'expression d'une intense activité volcanique à caractère explosif durant le Permien inférieur.

A partir du Thuringien, le nombre de cinérites régresse fortement. A ce jour, seulement deux niveaux de cinérites (III et XXV, dans la formation 3 du Viala) ont été reconnus. Des sondages récents, ayant traversé plusieurs centaines de mètres de Permien rouge, ont révélé quelques niveaux très indurés, de couleur claire (actuellement en cours d'étude) qui pourraient être d'origine cinéritique.

### 2.2.- TYPOLOGIE DES ZIRCONS

Cette approche faite sur une seule cinérite (ci. V) montre tout le parti que l'on peut tirer de cette technique. Les zircons les plus abondants sont des cristaux à deux prismes  $\{100\} \gg \{110\}$  et deux pyramides  $\{101\} \gg 211$  (types S25 de la classification de J.P. Pupin, 1976), caractéristiques de roches volcaniques. D'autres caractères, comme les inclusions minérales et vitreuses, les zonations, les lacunes de croissance et les groupements cristallins, rares mais présents, confirment cette origine.

La répartition de la population de zircons dans la partie inférieure, droite, du diagramme de Pupin, avec la prédominance du type S25, est très comparable à celle de la rhyolite d'Eltru (Cinto, Corse, fig. 3). Il n'est donc pas exclu que le complexe rhyolitique du Cinto ait été une des sources

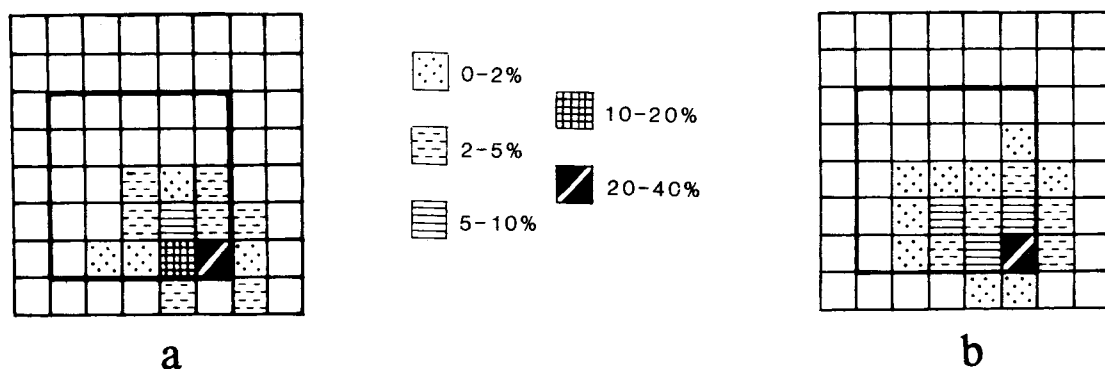
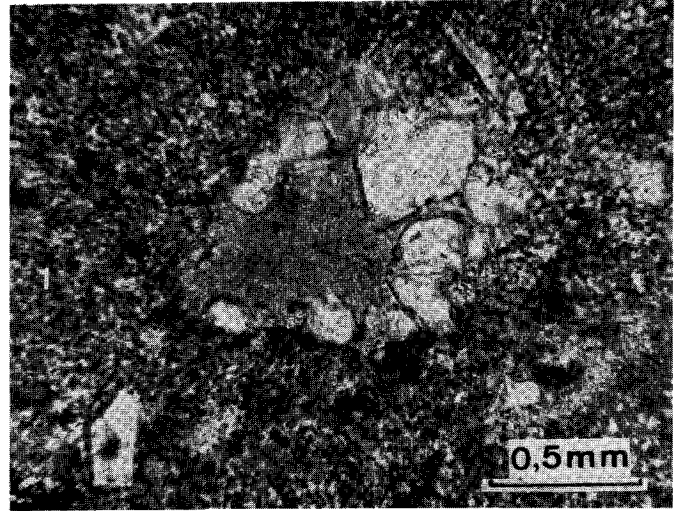
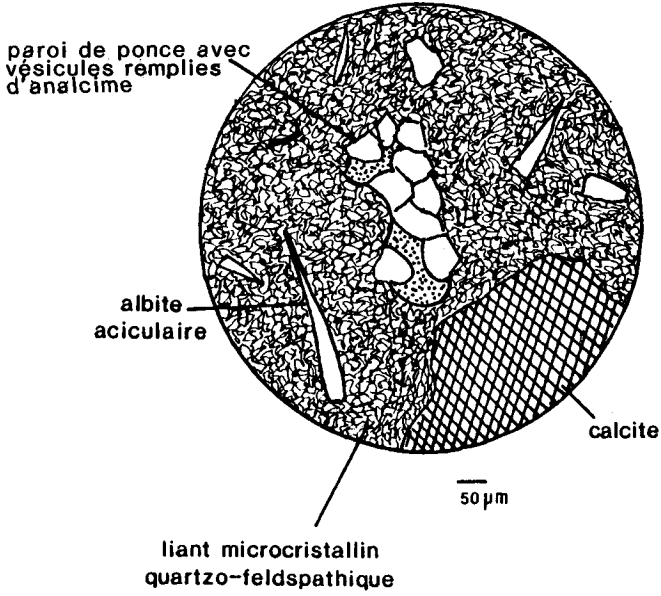


Figure 3.- Distribution typologique de la population de zircons de la cinérite V du Permien de Lodève (a). Elle est très comparable à celle de la rhyolite d'Eltru (b; Cinto, Corse; tirée de Pupin, 1976).

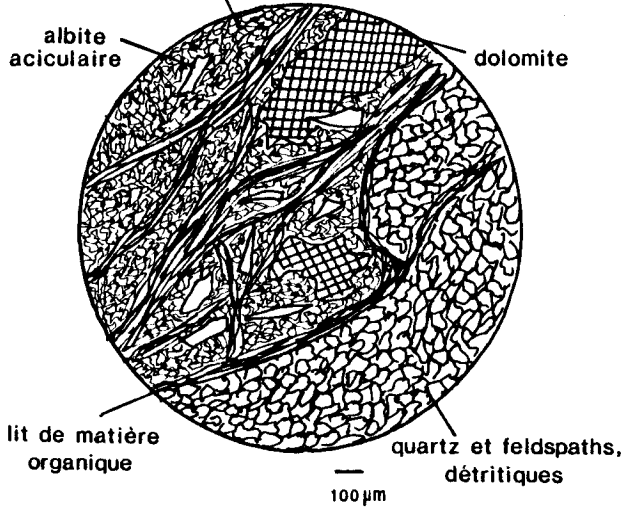
## PLANCHE 1

Textures pétrographiques de trois cinérites, X, VII et II, intercalées dans le Permien inférieur du bassin de Lodève.

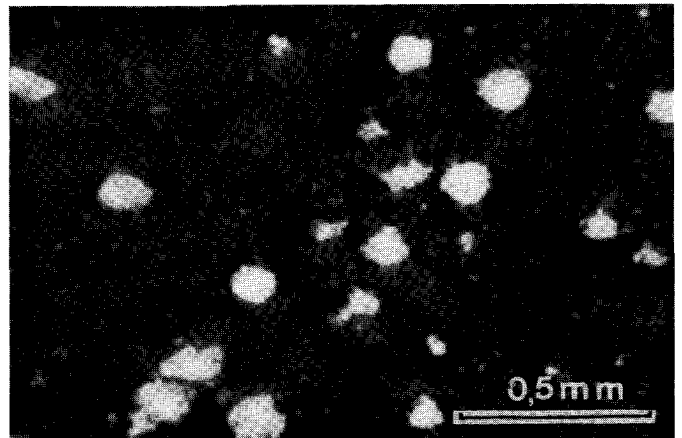
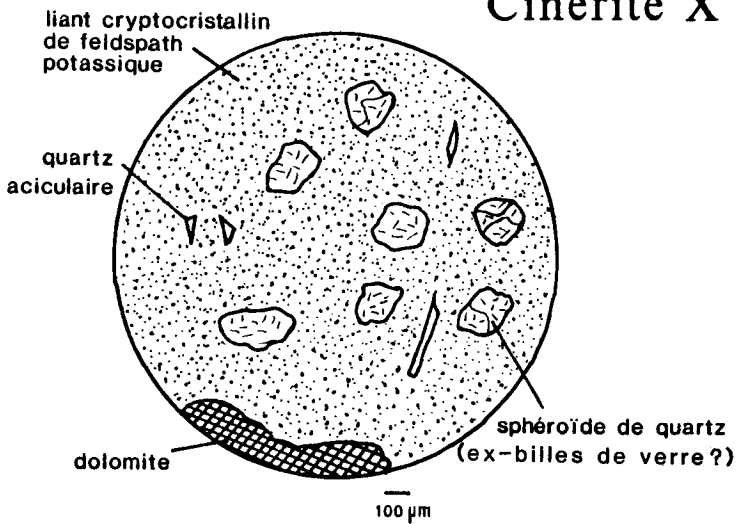
### Cinérîte II - Groupe 5



### Cinérîte VII - Groupe 7



### Cinérîte X - Groupe 1



du volcanisme d'autant plus qu'au Permien, la Corse n'avait pas encore subi sa rotation vers le SE.

Des centres plus proches, comme le complexe de l'Estérel, ont pu contribuer à ce volcanisme. Seule, une étude plus approfondie des zircons de l'ensemble des cinérites rencontrées dans le bassin, peut apporter un nouvel éclairage.

## CONCLUSION

La période stéphano-permienne est marquée par une intense activité volcanique qui tend à s'atténuer au cours du Permien supérieur. Ce volcanisme évolue en intensité depuis le Stéphanien - où les tonsteins (cendres volcaniques ayant subi des transformations pédogénétiques importantes) sont très abondants - dans un contexte en distension.

A Lodève, la concentration de la majorité des cinérites dans le Permien inférieur, traduit bien l'ouverture progressive et la structuration du bassin durant cette période. En l'état actuel des données, nous constatons que ce volcanisme actif est relayé par la subsidence durant le Permien supérieur.

La nature fortement explosive de ce volcanisme continental, acide, provenant de l'anatexie de la croûte granitique, est à l'origine de la grande dispersion des cendres au sein de plusieurs bassins du Massif Central, permettant ainsi des corrélations dans un cadre stratigraphique renouvelé.

## BIBLIOGRAPHIE

- BELLON, H., ELLENBERGER, F. & MAURY, R., 1974.- Sur le rajeunissement de l'illite des pélites saxoniennes du bassin de Lodève. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, (D), 278 (4) : 413-415.
- CLEMENT, J.Y. (1986).- Minéralogie, pétrographie et géochimie du Permien de Lodève (Hérault, France). Diagenèse précoce, altération feldspathisante et mise en place des minéralisations uranifères. Thèse de Docteur en Sciences de l'Université de Poitiers, 136 p.
- CONRAD, G., MONTIGNY, R. & ODIN, B. (1986).- Datation K-Ar de cinérites du Permien inférieur du bassin de Lodève (Hérault, France). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, (II), 302 (14) : 887-890.
- DOUBINGER, J., ODIN, B. & CONRAD, G., 1986.- Les associations sporo-polliniques du Permien continental du bassin de Lodève (Hérault, France): caractérisation de l'Autunien supérieur, du «Saxonien» et du Thuringien. *Ann. Soc. Géol. Nord*, Lille, CVI : 103-109.
- FISHER, R.V. & SCHMINCKE, H.U., 1984.- Pyroclastic rocks. Springer Verlag, Berlin, 472 p.
- LAVERSANNE, J., 1976.- Sédimentation et minéralisation du Permien de Lodève (Hérault, France). Thèse de Docteur-Ingénieur, Orsay, 299 p.
- ODIN, B., 1986.- Les formations permienues, Autunien supérieur à Thuringien, du «bassin» de Lodève (Hérault, France): stratigraphie, minéralogie, paléo-environnements, corrélations. Thèse de Docteur en Sciences de l'Université d'Aix-Marseille III, 392 p.
- ODIN, B., DOUBINGER, J. & CONRAD, G., 1986.- Attribution des formations détritiques rouges, du Permien du Sud de la France, au Thuringien, d'après l'étude du bassin de Lodève: implications géologiques, paléontologiques et paléoclimatiques. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, (II), 302 (16) : 1015-1020.
- PUPIN, J.P., 1976.- Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique; applications. Thèse d'Etat, Nice, 394 p.
- SPEARS, D.A. & KANARIS-SOTIRIOU, R., 1979.- A geochemical and mineralogical investigation of some British and other European tonsteins. *Sedimentology*, Amsterdam, New York, 26 : 407-425.
- WINCHESTER, J.A. & FLOYD, P.A., 1977.- Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical geology*, Amsterdam, 20 : 325-343.