

LE BASSIN TRIASIQUE DE LA BRANCHE CASTELLANE DE LA CHAÎNE IBERIQUE. II. GEOCHIMIE

Par M. GARCÍA PALACIOS * et J. LUCAS *

RÉSUMÉ

Les sédiments triasiques de la Branche Castellane de la Chaîne Ibérique ont fait l'objet d'analyses chimiques et minéralogiques fines. L'analyse chimique (éléments majeurs et éléments traces) des différentes espèces argileuses et de quelques roches totales, jointe à l'étude de la cristallinité de l'illite, permet de reconstituer l'évolution géochimique synsédimentaire et diagénétique du bassin.

RESUMEN

Los sedimentos triásicos de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica han sido objeto de un análisis químico y mineralógico de detalle. El estudio de elementos mayores y traza de diferentes especies arcillosas y de algunas rocas totales, junto al análisis de la cristalinidad de la illita, permiten la reconstrucción de la evolución geoquímica, sedimentaria y diagénética de la cuenca.

ABSTRACT

A detailed chemical and mineralogical analysis of the Triassic sediment of the Castillian branch of the Iberian Range has been made. The reconstruction of the geochemical, sedimentary and diagenetic evolution of the basin has been made possible by the study of major and minor elements of different argillaceous species and of some rocks and by illite cristallinity.

L'étude pétrographique et minéralogique des sédiments du Bassin triasique de la branche Castellane de la Chaîne Ibérique (GARCÍA PALACIOS & al., 1976) a permis de définir la séquence lithologique générale de l'ensemble de la formation. Comme dans les autres séries triasiques, on distingue un

* Centre de Sédimentologie et de Géochimie de la Surface (C.N.R.S.) et Université Louis Pasteur (Strasbourg).

Trias inférieur détritique à illite, un Trias moyen dolomitique à illite, un Trias supérieur à caractère évaporitique et à minéralogie variée: minéraux argileux à \AA , sépiolite, bypse, magnésite. Les variations à travers le bassin sont schématisées sur la figure 1, qui montre la traduction minéralogique locale, en fonction de la situation paléogéographique, d'une évolution géochimique gnérale. L'analyse chimique des roches totales ou de la fraction inférieure à 2μ extraite de ces roches, apporte des enseignements complémentaires permettant d'avancer une interprétation génétique des séries observées.

LE TRIAS MOYEN

L'évolution géochimique au cours du Trias est caractérisée par un accroissement régulier du magnésium qui se manifeste sur les bords du bassin par l'apparition de minéraux argileux interstratifiés ($14_C - 14_M$) dont la teneur en MgO atteint 5 % dans la partie moyenne, alors que les illites inférieures ne contiennent pas plus de 2,5 % de MgO . En même temps, le carbonate apparaît en quantité notable, c'est la calcite. Ainsi au bord du bassin, l'augmentation assez légère du magnésium est entièrement absorbée par les argiles.

Toujours dans le Trias moyen, la teneur en magnésium de la roche totale augmente avec la distance à la côte, les argiles deviennent de plus en plus magnésiennes, les interstratifiés se régularisent jusqu'à atteindre le stade de la corrensite; parallèlement la dolomite se développe, remplaçant la calcite. Ici, argiles et carbonates se partagent le magnésium.

Au centre du bassin, le magnésium encore plus abondant est presque entièrement contenu dans les carbonates formés presque exclusivement de dolomite; la calcite a pratiquement disparu. Les argiles restent des illites dont la teneur en magnésium, qui ne dépasse pas 3,70 %, a peu augmenté par rapport à celle des illites inférieures. Cependant la composition de ces illites est susceptible de variation puisque leur teneur en fer baisse de la moitié, passant de 16-20 % à 8-10 % dans la série moyenne.

LE TRIAS SUPERIEUR

C'est vers le centre du bassin, dans la région de Teroleja, que la variation de la teneur en magnésium, accompagnée par le développement général des sulfates, introduit la plus grande diversité minéralogique. Etant donné l'abondance du gypse dans toute la série, l'échantillonnage a été effectué préférentiellement dans les niveaux argileux intercalés. Le détail de l'évolution minéralogique verticale de la roche totale et de la fraction inférieure à 2μ est représenté sur la figure 2. Tout à fait à la base, les niveaux plus détritiques intercalés ont une composition minéralogique assez semblable à celle de la série moyenne, avec de la dolomite et de l'illite. Puis les carbonates disparaissent et les minéraux argileux interstratifiés se développent aux cotés de l'illite. Vers le milieu de la série un nouvel épisode carbonaté se manifeste par la présence de magnésite, carbonate de magnésium, les argiles restant magnésiennes sous forme de corrensite. Après un rapide épisode dolomitique, les carbonates disparaissent à nouveau laissant la place

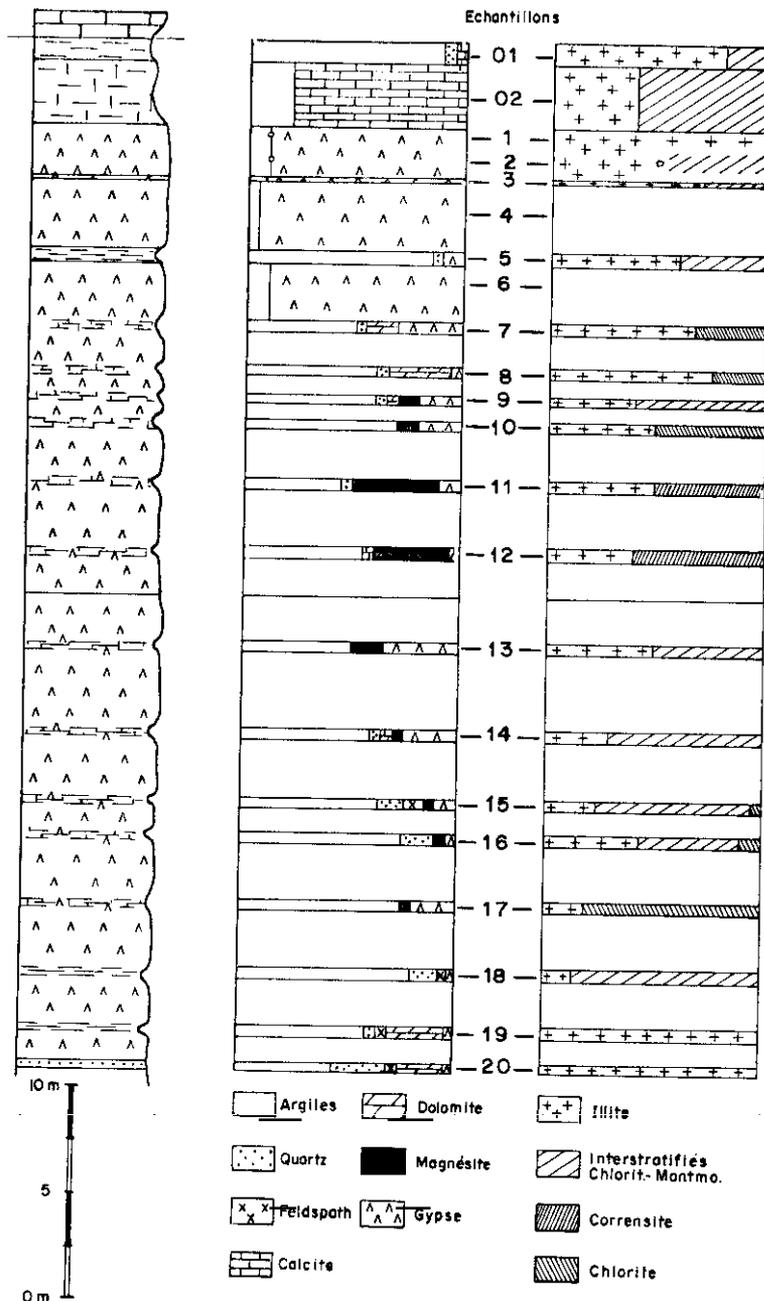


Fig. 2. Variation minéralogique des niveaux argileux du Trias Supérieur de Teroleja

au gypse seul. Les analyses chimiques (Fig. 3 et 3 bis) rendent bien compte de cette évolution et de la répartition des éléments entre les différents minéraux. La variation des argiles est bien représentée par celle de l'alumine; le parallélisme entre les courbes d'Al₂O₃ et de Si O₂ contre le peu de place

que tient le quartz dans cette région où la sédimentation est essentiellement chimique. Les autres éléments directement associés aux argiles sont Ti, K, Ga, Fe, V, Ni, Cr, Co (Fig. 3).

Le magnésium montre bien son indépendance relative vis-à-vis des minéraux argileux dont il n'épouse les variations que dans la partie supérieure de la série. Quelques tendances à suivre le calcium se manifestent dans la partie inférieure, mais sa contribution à l'élaboration de la magnésite est nettement marquée par l'originalité de ses variations au milieu de la série.

Le calcium, quant à lui, a des variations systématiquement opposées à celles de l'aluminium. Il ne s'agit pas là d'un effet de bouclage, car la somme $Al_2O_3 + CaO$ est loin d'approcher de 100, mais bien d'une non association systématique de ces deux éléments; le calcium est isolé dans le gypse, quelques fois associé au magnésium dans la dolomie, jamais participant des argiles dont l'aluminium est le témoin.

Quelques éléments, B, Sr, Ba, Cu, paraissent avoir un comportement hésitant quoique souvent assez voisin de celui des argiles. Enfin, le plomb et le zinc ne sont notablement présents que dans le niveau 7 où ils atteignent d'emblée des valeurs élevées, respectivement 222 et 274 ppm.

Près des bords du bassin, où l'étude a été faite avec moins de détails étant donné la plus grande monotonie des faciès, la série reste plus détritique jusqu'au sommet du Trias formé de marnes sableuses à quartz très fins. Ici, pas de gypse visible aux rayons X; il est cependant présent d'une façon diffuse, puisqu'il est fréquent d'observer sur le terrain des fissures remplies de gypse secondaire; mais son importance pondérale reste faible. Le carbonate reste essentiellement la calcite. Dans ce cas les argiles seules utilisent l'accroissement de la teneur en magnésium: la corrensite puis l'attapulgitite et la sépiolite se développent. La composition chimique de la fraction inférieure à 2μ (tableau I) montre bien la teneur élevée en magnésium de ces minéraux, en particulier de la sépiolite.

Quelques niveaux dolomitiques existent cependant intercalés dans la série. Dans ce cas les argiles sont moins magnésiennes, ne dépassent pas le stade des interstratifiés irréguliers.

TABLEAU I

Composition chimique de quelques fractions inférieures à 2μ extraites de roches des faciès de bordure

Echantillons	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Mg O	Ca O	F, O ₂	Mn ₂ O ₃	Ti O ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Perte à 1.000° C.
L 1	45,9	22,7	3,80		14,2	0,04	0,86	0,51	6,27	5,58
L 7 C	45,9	12,1	20,5		5,4	0,06	0,40	1,48	2,14	9,68
CA.T.54	47,4	19,2	11,2		9,7	0,04	0,78	0,26	5,05	6,88
CA.T.61	48,6	20,2	8,63		9,8	0,03	0,89	0,26	4,24	7,45

L 1: illite 70*; chlorite 30

L 7 C: illite 30; $14_C(14-14_M)$ 25; sépiolite 45

CA.T.54: illite 45; corrensite 55

CA.T.61: illite 25; (14_C-14_M) irr. 75

* Ces chiffres sont une estimation semi-quantitative.

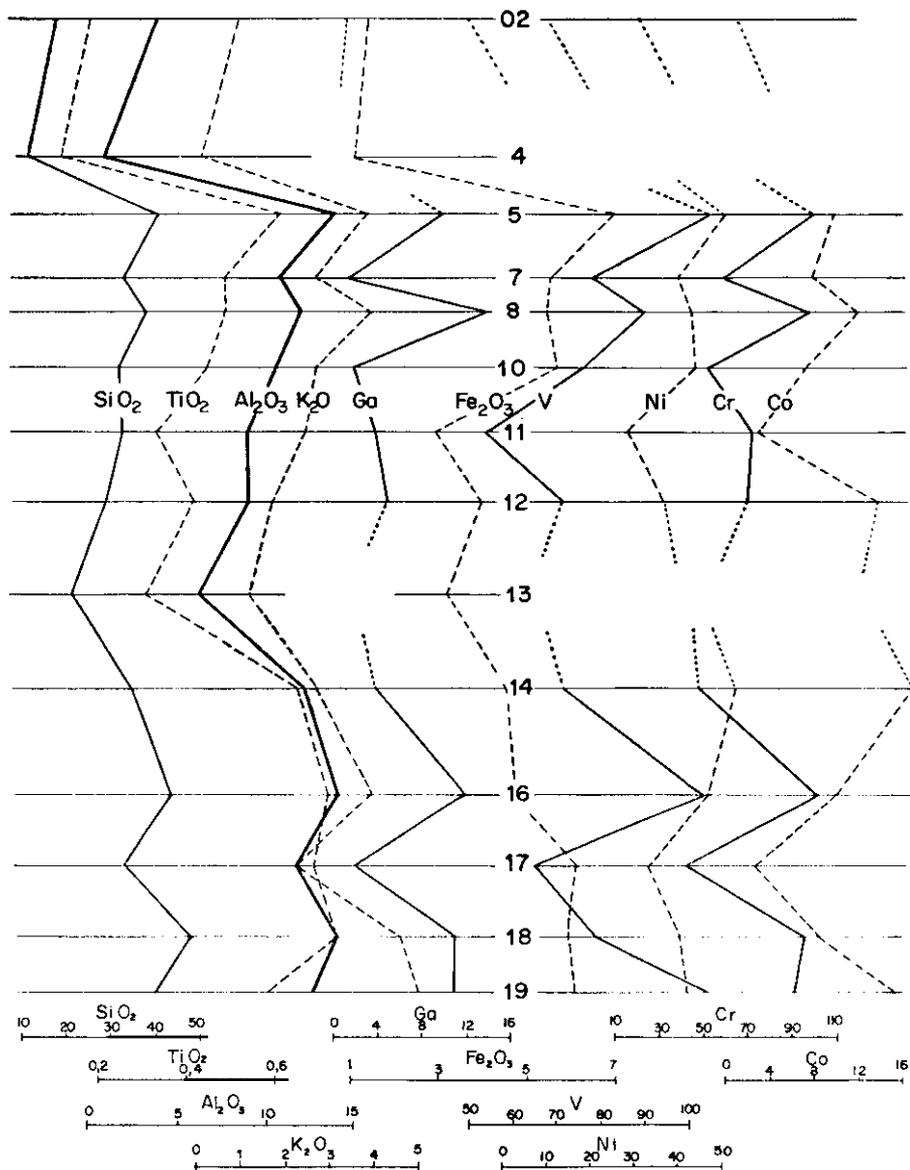


Fig. 3. *Composition chimique des niveaux argileux du Trias Supérieur de Teroleja*

QUELQUES CONSIDERATIONS SUR LA REPARTITION DES MINERAUX

Tout au long du bassin et à travers le temps, l'élément déterminant de la diversité minéralogique est la magnésium pénétrant tantôt dans les argiles, tantôt dans les carbonates qui paraissent ainsi se livrer à une incessante compétition. Cependant si le magnésium est l'enjeu, il ne paraît pas être le moteur des opérations; sa participation à l'un ou l'autre des minéraux dépend

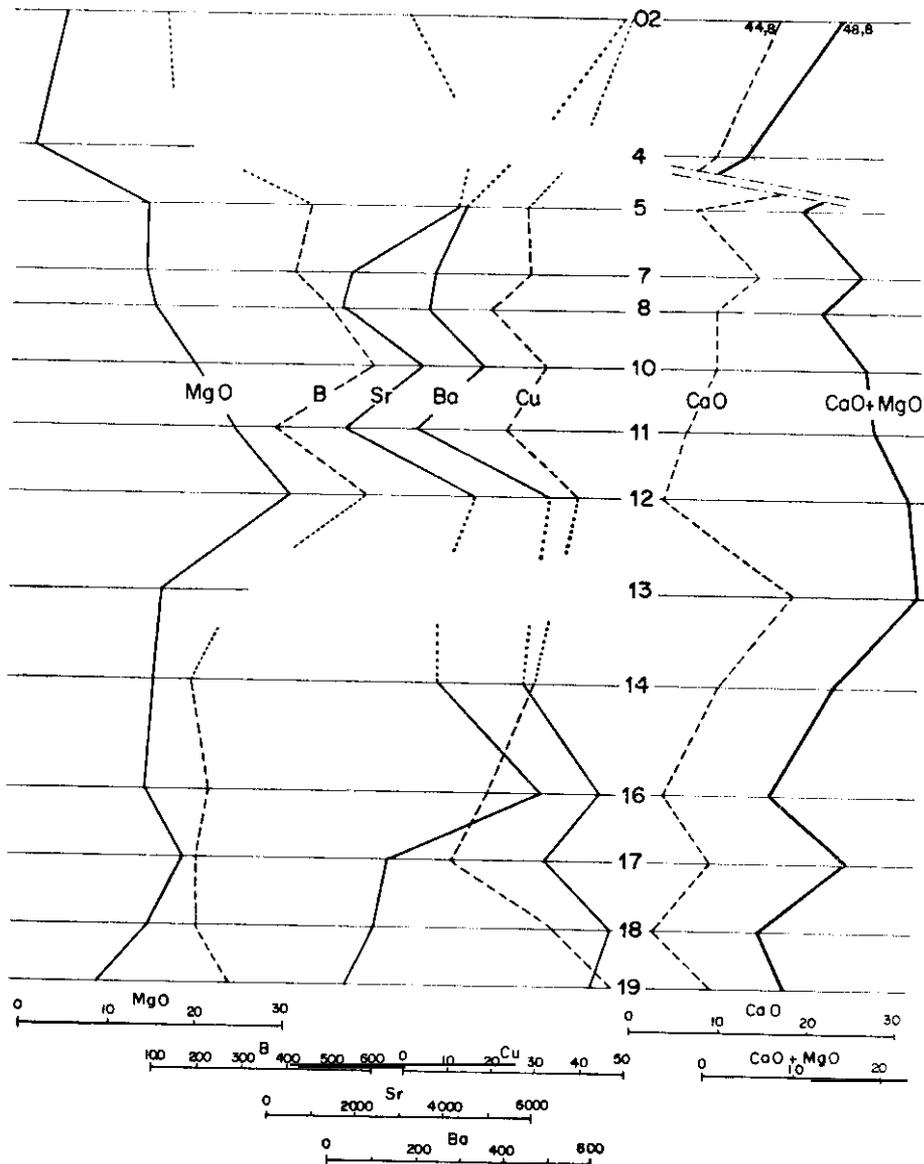


Fig. 3. bis. *Composition chimique des niveaux argileux du Trias Supérieur de Teroleja (suite)*

certes de sa concentration dans le milieu, mais surtout des autres éléments présents.

On reconnaît ici la transformation des minéraux argileux souvent mise en évidence dans tout le Trias à faciès germanique (LUCAS, 1974) qui se traduit par l'apparition d'édifices interstratifiés évoluant jusqu'à la corrensite. Lorsque l'apport de minéraux argileux détritiques est abondant, comme c'est le

cas pour une bonne partie du Trias moyen et supérieur des faciès de bordure, le magnésium nourrit, en quelque sorte, ces minéraux. A l'époque la plus chimique du Trias supérieur les apports détritiques s'affaiblissent même en bordure où le continent proche se manifeste par la fourniture d'un matériel très dégradé ou en solution. Le matériel très dégradé est instable dans le milieu concentré où il se trouve subitement placé; il se dissout, et les éléments libérés, silice et alumine, s'associent immédiatement pour donner naissance à l'attapulgitite, suivant un mécanisme décrit par TRAUTH (1974) pour les sédiments du Paléogène. Les solutions riches en silice provoquent à leur arrivée dans le bassin où le magnésium est abondant, la formation de sépiolite, silicate de magnésium «argileux» néoformé. Ici ce sont les argiles et la silice qui ont l'initiative et utilisent le magnésium disponible; le carbonate peu abondant ne participe pas et reste essentiellement calcique. Avec l'éloignement des côtes l'influence détritique est moins marquée, le milieu est plus riche en carbonate dont la concurrence est de plus en plus vive vis à vis des silicates. En l'absence d'autre anion, lorsque les carbonates sont devenus fortement majoritaires par rapport aux minéraux argileux, ils utilisent tout le magnésium disponible, la dolomite pratiquement pure est alors associée à une illite non transformée.

En présence d'ion SO_4 , le calcium est utilisé pour le gypse dans lequel le magnésium n'a pas sa place. Si le milieu n'est pas carbonaté le magnésium transforme les minéraux argileux, si le milieu est carbonaté, carbonate et argiles se partagent le magnésium, la magnésite est associée à la corrensite.

Ainsi la paragenèse du Trias moyen et supérieur peut s'expliquer en termes d'antagonisme pour l'utilisation des cations, antagonisme qui dépend des conditions provoquées par le croisement des variations dans l'espace c'est-à-dire de la place dans le bassin et des variations dans le temps. Au cours du Trias chaque période est plus chimique que la précédente, les faciès chimiques étant «transgressifs».

ETUDE DE L'ILLITE

L'étude de la cristallinité de l'illite, par mesure de la largeur du pic à mi-hauteur (KUBLER, 1968; DUNOYER DE SEGONZAC, 1969) et de sa variation par rapport à la valeur $I \frac{(002)}{(001)}$ (ESQUEVIN, 1969) apporte également des données

intéressantes. Ces diagrammes établis pour l'ensemble de chacun des niveaux du Trias sont représentés sur la figure 4. Ils indiquent des illites fermées et plutôt ferrifères au Trias inférieur, plus ouvertes et plus alumineuses au Trias moyen, encore plus dispersées au Trias supérieur. Il faut signaler qu'au Trias inférieur les illites les plus ouvertes et les plus alumineuses correspondent à de petits niveaux de lutites interstratifiés dans les grès et conglomérats.

Ces variations ont été précisées suivant les deux vecteurs déjà reconnus: dans le temps à chaque endroit du bassin (Fig. 5), dans l'espace à chaque période du Trias (Fig. 6).

Tout au bord du bassin (Cuevas de Ayllón, Liceras) la cristallinité reste bonne, l'illite ayant tendance à s'ouvrir au Trias moyen et à se refermer, au Trias supérieur. Vers le centre du bassin, la tendance à l'ouverture est conti-

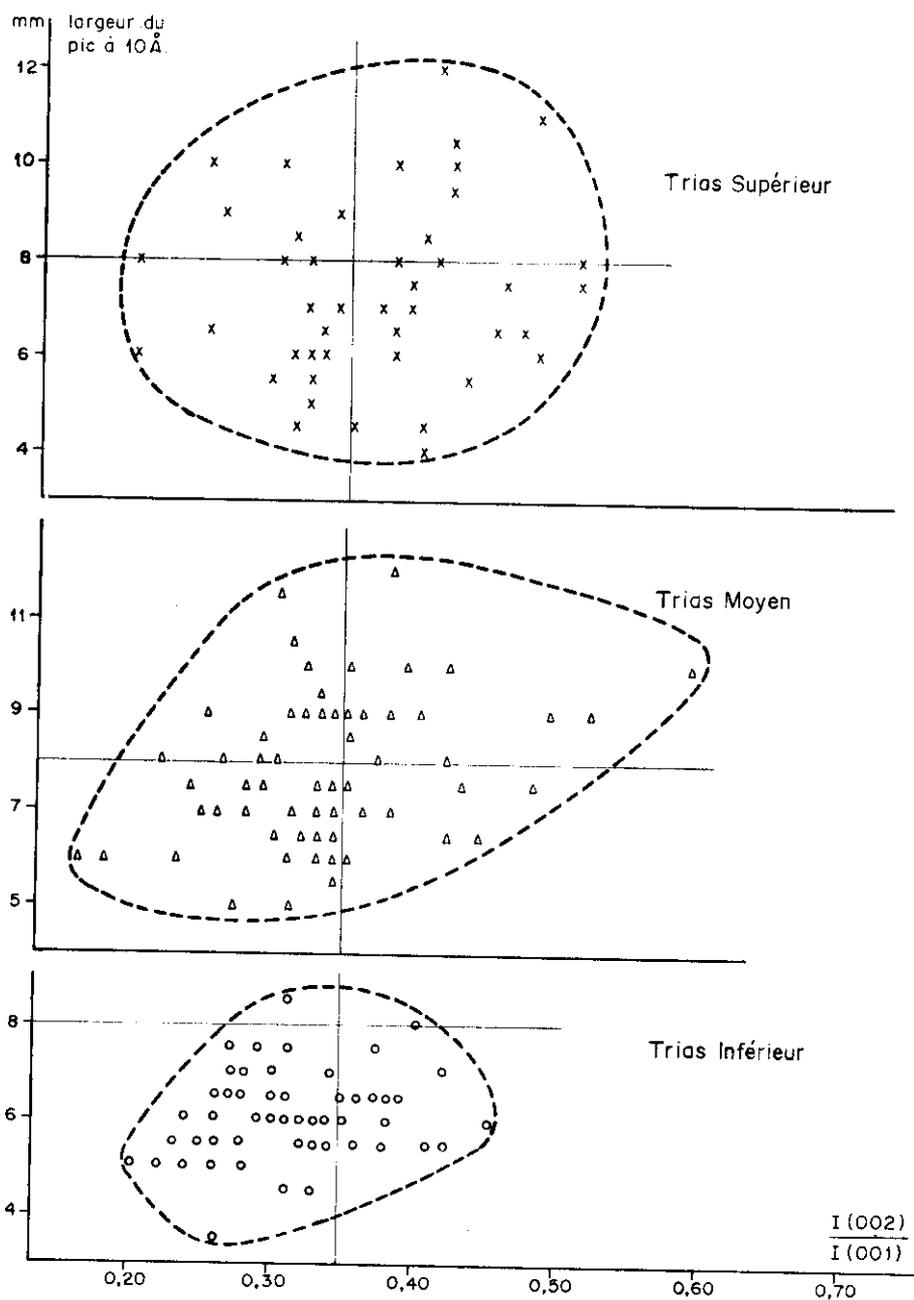
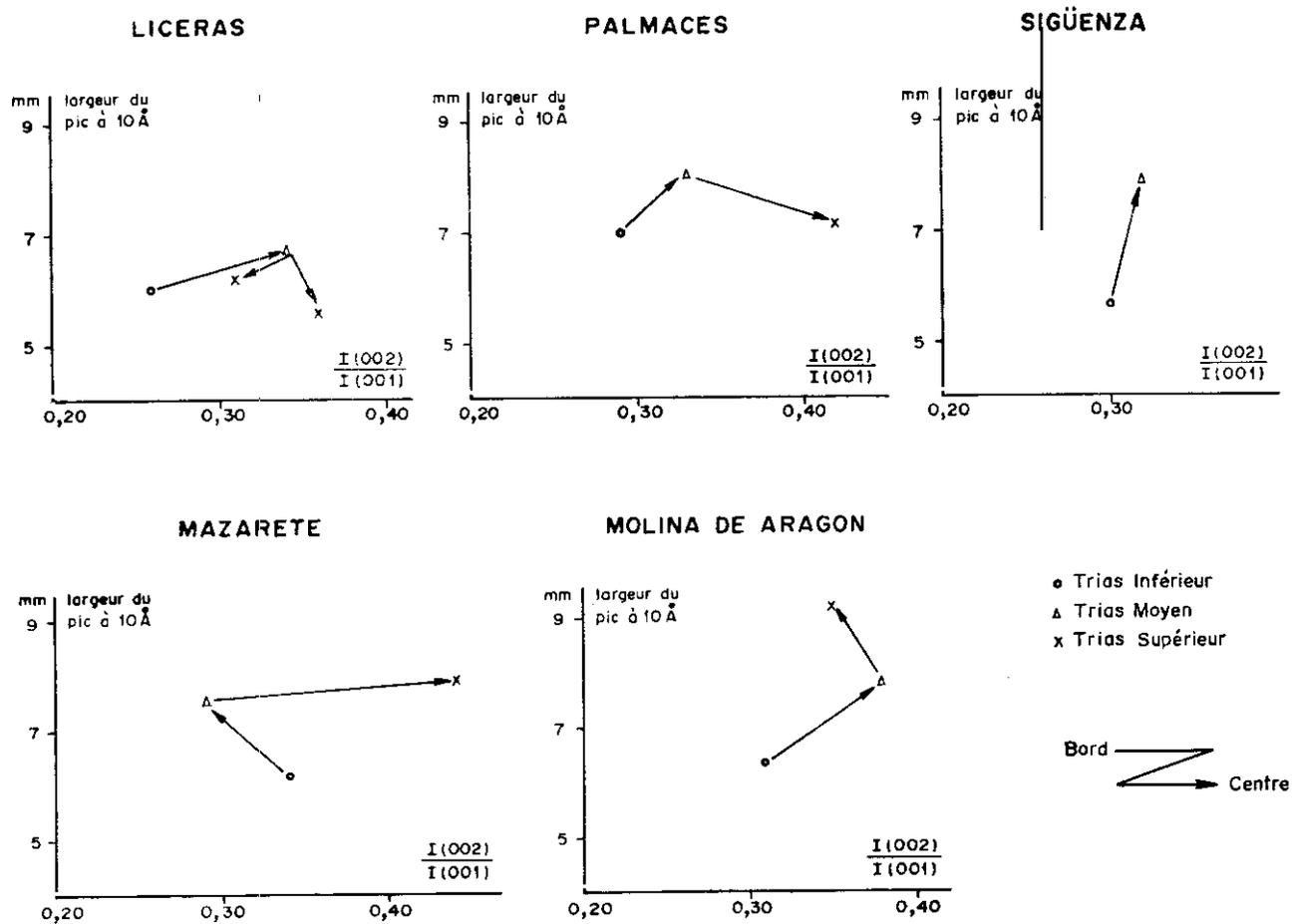


Fig. 4. Caractérisation des illites du Trias selon la méthode d'ESOUÉVIN (1969)

Fig. 5. Variation dans le temps de la moyenne des points représentatifs des illites pour chaque région du bassin



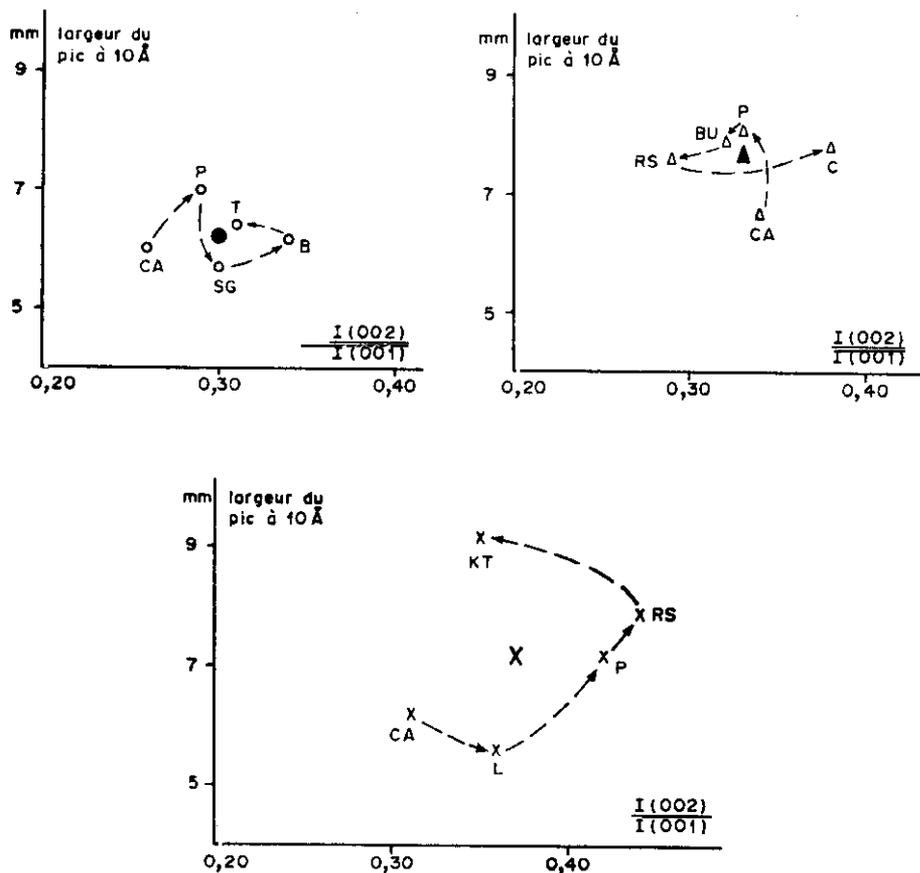


Fig. 6. Variation dans l'espace de la moyenne des points représentatifs des illites à chaque période du Trias

nue de la base au sommet du Trias. Au Trias inférieur la dispersion des points moyens est faible, ainsi qu'au Trias moyen. Par contre au Trias supérieur la dispersion est grande, les illites étant bien cristallisées au bord et de plus en plus ouvertes vers le centre du bassin.

Ces variations paraissent liées à l'état des particules héritées d'une part et à la porosité du sédiment d'autre part. Au Trias inférieur les particules héritées sont peu dégradées, elles sont assez bien cristallisées et cette cristallinité est améliorée par une circulation diagenétique des eaux dans un milieu poreux.

Au Trias moyen, les particules héritées sont un peu plus dégradées, la porosité a presque disparu dans les dolomies sauf en bordure où les faciès restent détritiques, la diagenèse agit en bordure seulement.

Au Trias supérieur les particules héritées sont très dégradées, les plus dégradées sont transformées dès l'arrivée au bassin (interstratifiés, attapulgite), les moins dégradées sont rajeunies (LUCAS, 1974); vers le centre du bassin, en milieu gypseux, le rajeunissement ne se fait plus, les illites restent de plus en plus ouvertes.

Il faut remarquer que toutes ces variations de cristallinité se font sans grande modification de la teneur en potassium des illites. L'action diagénétique ne semble pas modifier la composition des illites mais seulement améliorer la régularité du réseau. De toute façon cette diagenèse reste très faible puisqu'elle n'affecte pas des minéraux ou des édifices aussi fragiles que les interstratifiés.

CONCLUSIONS

Le bassin triasique de la branche castellane de la Chaîne Ibérique présente une très belle séquence sédimentaire et géochimique continue, depuis les faciès détritiques grossiers de la base jusqu'aux faciès chimiques évaporitiques du sommet. Cette évolution géochimique est sensible aussi bien en bordure du bassin qu'au centre mais l'apport continental d'eau douce et de matériaux détritiques de plus en plus dégradés provoque une variation latérale progressive du milieu qui se traduit par une variation latérale progressive des minéraux. La succession calcite-dolomite-magnésite indique un confinement croissant du bassin qui prend des caractères voisins de ceux qui sont souvent décrits dans les milieux magnésiens évaporitiques actuels ou subactuels tels ceux du golfe persique (WOOD & WOLFE, 1969; PURSER, 1973) de lacs salés (MULLER & IRION, 1969), de sebkhas (PERTHUISOT, 1975). Cette succession minérale est due à la concurrence des ions $\text{CO}_3^{=}$ et $\text{SO}_4^{=}$.

La formation de la magnésite, précédée ou non de la huntite (CARPENTER in SCHMITT, 1962) nécessite un faible rapport $\frac{\text{Ca}^{++}}{\text{Mg}^{++}}$ qui peut être considérablement diminué par le piégeage du calcium par le gypse (PERTHUISOT, 1971; QUEMENEUR, 1975); l'augmentation de la concentration en Mg^{++} augmente sa réactivité vis-à-vis de la magnésite (CHRIST & HOSTETLER, 1970; SAYLE & FYFE, 1973). Dans ces conditions extrêmes, la magnésite se forme. Elle est ici syn-sédimentaire contrairement à celle décrite par QUEMENEUR (1975) au Pays Basque où elle est diagénétique tardive. En bordure du bassin, ce sont d'autres conditions extrêmes qui provoquent la formation de la sépiolite.

Très légèrement modifié par une faible diagenèse post-sédimentaire qui n'affecte presque exclusivement que les sédiments poreux du Trias inférieur, ce bassin conserve des caractères témoins de ses conditions de sédimentation

BIBLIOGRAPHIE

- CHRIST, C. L. et HOSTETLER, P. B. (1970): «Studies in the system $\text{MgO-SiO}_2\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ (II): the activity product constant of magnesite». *Ame. J. Sci.*, vol. CCLXVIII, pags. 439-453.
- DUNOYER DE SEGONZAC, G. (1969): «Les minéraux argileux dans la diagenèse. Passage au métamorphisme». *Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.* núm. 29, pag. 320. Strasbourg.
- ESQUEVIN, J. (1969): «Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité». *Bull. Centre Rech. Pau. S. N. P. A.*, 3, pags. 147-154.
- GARCÍA PALACIOS, M. C.; LUCAS, J.; DE LA PEÑA, J. A. y MARFÍ, R. (1976): «La cuenca Triásica de la rama castellana de la cordillera Ibérica. I. Petrografía y mineralogía». *I Coloquio de Estratigrafía y Paleografía del Trias y Pérmico en España*.

- KUBLER, B. (1968): «Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. Etat des progrès réalisés ces dernières années». *Bull. Centre Rech. Pau S. N. P.A.*, páginas 385-397.
- LUCAS, J. (1974): «Quelques considérations sur les argiles du Trias à faciès germanique». *Bull. de la Soc. Géol. de France*, (7), XVI, pags. 677-678.
- MULLER, G. et IRION, G. (1969): «Subaerial cementation and subsequent dolomitization of lacustrine carbonate muds and sands from Paleozotuz Gölü ("Salt Lake") Turkey». *Sedimentology*, vol. XII, núm. 3-4, pags. 193-204.
- PERTHUISOT, J. P. (1975): «La Sebkhâ El Malah de Zarzis. Genèse et évolution d'un bassin salin paraliqûe». *Travaux du Laboratoire de Géologie de l'École Normale Supérieure*. Paris, núm. 9, pag. 252.
- PURSER, B. H. (1973): «The Persian Gulf. Holocene carbonate Sedimentation and Diagenesis in a shallow Epicontinental Sea». Springer-Verlag, pag. 471.
- QUEMENEUR, J. (1975): «Essai d'interprétation synthétique de la formation de magnésite en milieu sédimentaire: application aux gisements du Pays Basque». *IX Congrès International de Sédimentologie*, thème VII, pags. 169-178. Nice.
- SAYLE, E. L. et FYFE, W. S. (1973): «The cristallization of magnesite from aqueous solution». *Geochim. Cosmochim. Acta.*, vol. XXXVII, núm. 1, pags. 87-100.
- SCHMITT, H. H. (1962): «Equilibrium diagrams for minerals». *Cambridge, Massachusetts*.
- TRAUTW, N. (1974): «Argiles évaporitiques dans la sédimentation carbonatée continentale tertiaire. Bassin de Paris, de Mormoiron et de Salinelles (France). Jbel Ghassoul (Maroc)». Thèse Doctorat d'Etat, pag. 309. Strasbourg.
- WOOD, G. V. et WOLFE, M. J. (1969): «Sebkhâ eyele in the arab/barb formation of the Turcial Coast of Arabia». *Sedimentology*, vol. XXII, núm. 3-4, pags. 165-192.