

# Signature pétrographique et paléobiologique des variations bathymétriques pendant l'Arenig inférieur dans la Montagne Noire (versant sud, région de Saint-Chinian) \*

*Petrographical and palaeobiological signatures  
of bathymetric change during the Early Arenig  
in the Saint-Chinian region of the southern Montagne Noire*

Marie-Pierre DABARD <sup>(1)</sup> et Jean-Jacques CHAUVEL <sup>(1)</sup>

Mots-clés : Grès, Siltstone, Arenig, Tempestite, Paléobathymétrie, Faune trilobite, Trace organique.  
Hérault, Montagne Noire.

## Résumé

Sur le versant sud de la Montagne Noire, l'Arenig inférieur est représenté par une puissante série détritique, localement marquée par l'influence des tempêtes. Dans la région de Saint-Chinian (Hérault), l'analyse pétrographique et géochimique des sédiments permet de cerner l'évolution des conditions de dépôt. L'alimentation de la sédimentation ne montre aucune variation significative et le flux silicoclastique provient du remaniement de zones sources plutoniques et/ou métamorphiques situées vraisemblablement au niveau de la chaîne panafricaine. Le développement du phénomène de glauconitisation met en évidence un approfondissement du bassin s'effectuant en deux étapes. Cette analyse est confirmée par l'évolution des communautés d'organismes et de traces fossiles. La permanence des Asaphidés et l'absence des Cyclopygidés dans les peuplements de trilobites permettent de penser que la profondeur du bassin n'a pas excédé 200 m environ.

## Abstract

In southern Montagne Noire (France), Lower Arenig clastic sediments constitute a thick succession, partly dominated by storms deposits. In the Saint-Chinian area (Hérault) petrographical and geochemical data indicate that the source area has always been the same during the whole period of sedimentation. The siliciclastic input was provided by plutonic and/or metamorphic areas probably located in the Pan-African basement. During this period the development of glauconitization can be related to two successive increases of basin depth. This is confirmed by the study of ichnofacies and trilobites communities of which the distribution is linked to depth variations. Since the Asaphids are persistent and the Cyclopygids absent, it seems reasonable to infer a depth less than 200m at the end of Early Arenig times.

## Introduction

Les relations entre, d'une part les paléoenvironnements et, d'autre part, la répartition et la morphologie des organismes constituent, depuis quelques années, un domaine d'étude privilégié. Des zonations bathymétriques et hydrodynamiques ont été proposées pour les traces fossiles (Frey et Seilacher, 1980) et pour différents groupes d'organismes tels que les trilobites (Clarkson, 1967 ; Fortey, 1975 ; Fortey et Owens, 1987) et les brachiopodes (Emig, 1986).

A partir d'un exemple situé dans l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire, et sur la base des informations fournies par l'analyse pétrographique et géochimique des faciès détritiques terrigènes, le travail pré-

senté ici se propose de préciser et de compléter le modèle d'évolution bathymétrique qui peut être établi d'après la seule analyse des faunes.

Sur le versant sud de la Montagne Noire, la sédimentation d'âge ordovicien inférieur est caractérisée par des dépôts détritiques terrigènes de plate-forme stable, mis en place à faible profondeur (Thoral, 1941 ; Gèze, 1949 ; Eschard, *in* Courtessole *et al.*, 1985). Dans la région de Saint-Chinian (Hérault), la base de l'Arenig est marquée par la prédominance des faciès silteux et arénacés, la sédimentation devenant ensuite plus fine à la fin de l'Arenig inférieur (tabl. 1).

Les informations concernant les paléoenvironnements, fournies par l'étude des faunes de trilobites livrées par les dépôts étudiés ici, n'ont donné lieu jusqu'à ce jour à aucune hypothèse en matière de

\* Manuscrit reçu le 4 avril 1991, accepté le 17 juin 1991.

(1) Laboratoire de Pétrologie Sédimentaire, Centre Armoricaïn d'Étude Structurale des Socles (UPR 4661 du CNRS), Université de Rennes-I, Campus de Beaulieu, avenue du Général-Leclerc, 35042 Rennes Cedex.

ARENIG INFÉRIEUR	Schistes du Landeyran (250 m)	sup.	Pélites vert sombre, rares plaques de calcaires noirs
		incl.	Pélites beiges à vert sombre nodules siliceux à gastéropodes
	Grès du Foulon (80m)		Grès tendres et schistes gréseux Rares nodules calcaires
	Grès de la Cluse de l'Orb (200m)		Alternances de grosses barres quartzitiques et psammitiques et de schistes gréseux
	Grès et Schistes de la Maurerie (1000m)		"Schistes de Setso", noirs pélitiques Alternances de schistes pélitiques ou gréseux et de bancs de grès durs plus ou moins quartzitiques
TREMADOC	Schistes de Saint Chinian (600m)		Schistes gréseux ou pélitiques, vert Plusieurs niveaux à nodules siliceux
	Grès de la Daneyre (500m)		Schistes gréseux, beiges, très fissibles, niveaux à petits nodules siliceux et à grands nodules limoniteux et calcaires
	Grès de la Daneyre (500m)		Schistes et grès grauwaqueux. Lentilles dolomitiques ou calcairifères Schistes verts avec plusieurs niveaux de schistes rouges et limoniteux Schistes gréseux et grès verts vacuolaires Schistes gréseux et grès grauwaqueux

Tabl. 1. - L'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire dans la région de Saint-Chinian: unités lithostratigraphiques (d'après Courtessole *et al.*, 1985).

Table 1. - The Early Ordovician of the Montagne Noire in the Saint-Chinian region: lithostratigraphic units (after Courtessole *et al.*, 1985).

variations bathymétriques. Toutefois le passage entre ces dépôts et la sédimentation fine du sommet de l'Arenig inférieur semble souligné par une modification ou un renouvellement des associations de trilobites (Dean, 1966 ; Courtessole *et al.*, 1983 ; Courtessole *et al.*, 1983), de hyolithidés (Marek, *in* Courtessole *et al.*, 1985) et d'échinodermes (Ubaghs, *in* Courtessole *et al.*, 1983).

## Situation et cadre géographiques

Les formations sédimentaires d'âge cambrien à viséen terminal de la Montagne Noire constituent un système complexe de nappes superposées résultant de l'orogénèse hercynienne (Mattauer et Proust, 1963 ; Arthaud, 1970 ; Alabouvette *et al.*, 1982). Les formations étudiées dans la région de Saint-Chinian appartiennent à la nappe du Mont Peyroux. Cette nappe est surmontée par la nappe de Pardailhan et repose, soit sur la nappe des Monts de Faugères soit sur les formations présumées autochtones du flanc sud de la zone axiale (fig. 1).

La nappe du Mont Peyroux comprend essentiellement un flanc inverse constitué de formations appartenant à l'Ordovicien, au Dévonien et au Carbonifère inférieur. Ce flanc inverse est affecté par deux plis pluri-kilométriques principaux, l'antiforme de Vieussan au nord et le synforme de Roquebrun au sud. Parmi les

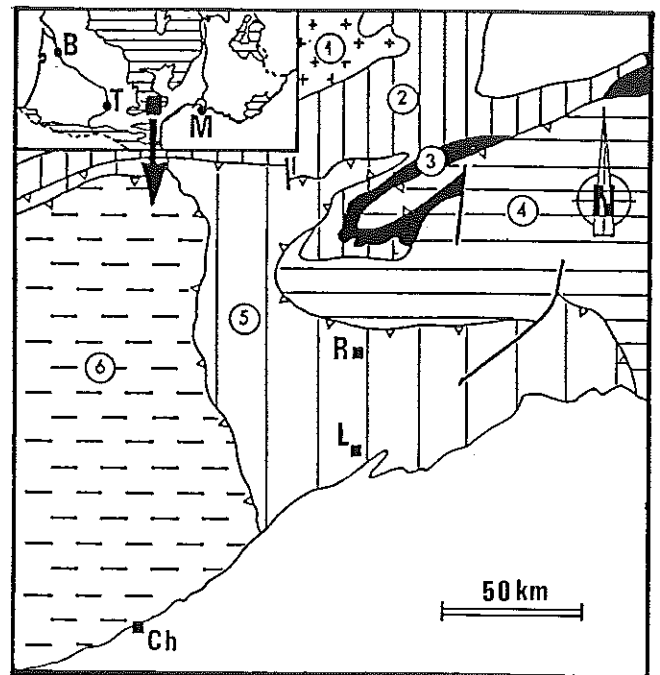


Fig. 1. - Carte géologique synthétique de la région de Saint-Chinian (d'après carte géologique de la France à 1/50 000. Feuille de Saint-Chinian et Engel *et al.*, 1982).

1 : Zone axiale, 2 : Autochtone (?), 3 : Parautochtone, 4 : Nappe des Monts de Faugères, 5 : Nappe du Mont Peyroux, 6 : Nappe de Pardailhan.

M : Marseille, T : Toulouse, B : Bordeaux, Ch : Saint-Chinian, L : Lugné, R : Roquebrun.

Fig. 1. - Geological map of the Saint-Chinian region (adapted from the 1:50,000-scale Geological Map of France, Saint-Chinian sheet, and from Engel *et al.*, 1982).

1: Axial, 2: Autochthon, 3: Parautochthon, 4: Monts de Faugères nappe, 5: Mont Peyroux nappe, 6: Pardailhan nappe.

M: Marseille, T: Toulouse, B: Bordeaux, Ch: Saint-Chinian, L: Lugné, R: Roquebrun.

formations ordoviciennes du synforme de Roquebrun, celles de l'Arenig inférieur ont été étudiées dans la région de Saint-Chinian. On rencontre, de bas en haut, les Grès et Schistes de La Maurerie dont la partie supérieure est connue sous le nom de Schistes de Setso, les Grès de la Cluse de l'Orb, les Grès du Foulon et les Schistes du Landeyran (tabl. 1). Ces dépôts ont récemment fait l'objet d'une analyse sédimentologique et biostratigraphique détaillée (Courtessole *et al.*, 1985).

Les différentes coupes examinées (fig. 2) correspondent pour la plupart aux coupes-types étudiées par Courtessole *et al.* (1985) et ont toutes fait l'objet d'une analyse nouvelle. Ces coupes ne permettent pas d'établir une succession lithologique synthétique parfaitement continue ; elles rendent toutefois possible l'étude de l'évolution verticale et latérale des apports détritiques, tant sur le plan de la composition minéralogique que sur celui de la composition chimique globale.

## Méthodes analytiques

L'étude pétrographique est basée sur l'analyse micrographique (grès) ainsi que sur la diffraction des rayons X sur poudre désorientée (siltites). La détermination de certains constituants de la phase particulaire a

été complétée par l'analyse à la microsonde (Microsonde - Ouest, Brest. Analyste : M. Bohn).

Des analyses chimiques ont été effectuées sur des échantillons provenant de la coupe du Rieuberlou et appartenant à des classes granulométriques et texturales différenciées, arénites, wackes et siltites (analyses CRPG, Nancy).

## Étude pétrographique

Les formations étudiées présentent une certaine homogénéité, marquée, dans les faciès gréseux, par la prédominance des éléments de quartz monocristallin, la présence constante d'albite ainsi que par la très faible abondance de la fraction fine et du ciment. Il faut toutefois signaler le développement secondaire fréquent d'une phase carbonatée, dominée par la dolomite et surtout par la sidérite. Les minéraux lourds (zircon, rutile, tourmaline) sont généralement abondants et peuvent être concentrés dans des films de vannage.

Dans les niveaux schisteux, le quartz est accompagné par l'illite et par une phase chloriteuse qui peut présenter des variations locales de composition. Dans cette sédimentation homogène, les seuls accidents notables sont constitués par de minces niveaux carbonatés bioclastiques et par de rares passées à nodules siliceux, souvent très fossilifères.

## Les Grès et Schistes de La Maurerie

Parfois légèrement carbonatés (calcite ferrifère), les faciès arénacés de la partie basale sont toujours feldspathiques (albite et orthose) et sont surtout caractérisés par la présence constante de grains lithiques quartzofeldspathiques et par la présence locale de fragments de chert.

Dans les Schistes de Setso, les feldspaths des niveaux gréseux sont représentés par de l'albite et des feldspaths pigmentés. Dans la coupe de Setso, on note la présence fréquente d'éléments détritiques de biotite qui n'ont pas été observés dans la coupe du Rieuberlou. Dans les niveaux silteux supérieurs, la sidérite, qui paraît remplacer les éléments de biotite, peut envahir presque totalement la matrice.

## Les Grès de la Cluse de l'Orb (fig. 3)

D'après Eschard (*in* Courtessole *et al.*, 1985), les Grès de la Cluse de l'Orb sont très largement dominés par des séquences de tempêtes. Une des caractéristiques essentielles est l'extrême rareté des faciès grossiers, la taille des éléments étant le plus souvent inférieure à 200 µm, seuls quelques minces lits microconglomératiques à éléments phosphatés (pelotes fécales, fragments de tests de lingulidés...) étant présents.

Dans la coupe du Rieuberlou, la phase feldspathique, constamment présente, est dominée par l'albite ; les fragments lithiques sont rares.

En dépit de cette apparente homogénéité, une étude détaillée de la composition minéralogique des sédiments fait apparaître des variations organisées qui permettent

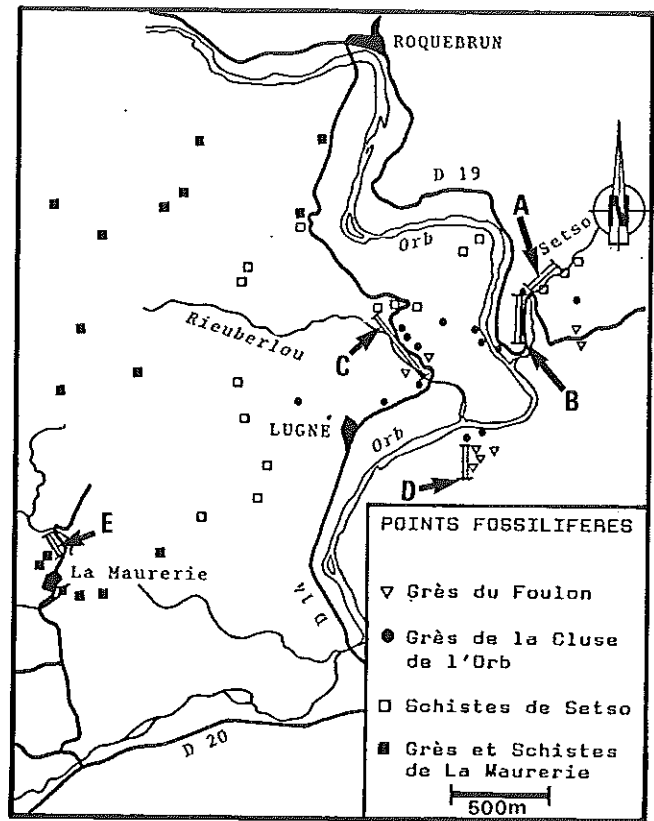


Fig. 2. - Localisation des coupes étudiées (d'après Courtessole *et al.*, 1985).

A : Coupe du ravin de Setso : Schistes de Setso (partie sommitale des Grès et Schistes de La Maurerie).

B : Coupe de l'« épingle à cheveux » : Grès de la Cluse de l'Orb (partie basale).

C : Coupe du Rieuberlou : Schistes de Setso (partie sommitale), Grès de la Cluse de l'Orb, Grès du Foulon (partie basale).

D : Coupe du ruisseau de Siala : Grès du Foulon.

E : Coupe de La Maurerie : Grès et Schistes de La Maurerie (partie basale).

Fig. 2. - Location of studied sections (after Courtessole *et al.*, 1985).

A: Setso ravine section: Setso Schist (top of the La Maurerie Sandstone and Schist).

B: «Epingle à cheveux» («hairpin») section: Cluse de l'Orb Sandstone (bottom part).

C: Rieuberlou section. Setso Schist (top part): Cluse de l'Orb Sandstone and Foulon Sandstone (bottom part).

D: Siala stream section: Foulon Sandstone.

E: La Maurerie section: La Maurerie Sandstone and Schist (basal part).

de proposer la zonation suivante, de la base vers le sommet (fig. 3) :

— Zone A (unité 1 et base de l'unité 2) : comme dans les Schistes de Setso, la fraction particulière est caractérisée par une phase feldspathique dominée par l'albite et marquée par la présence de feldspaths pigmentés. Dans les faciès gréseux, on observe quelques fragments quartzofeldspathiques.

— Zone B (sommet de l'unité 2 et unités 3 et 4) : dans cette zone, la fraction feldspathique s'enrichit progressivement en microcline et feldspaths perthitiques. Les feldspaths pigmentés sont toujours présents ainsi que les fragments quartzofeldspathiques. Les éléments détritiques de biotite apparaissent épisodiquement.

— Zone C (unités 5 à 8) : seule l'albite persiste dans la fraction feldspathique, la biotite disparaît et les

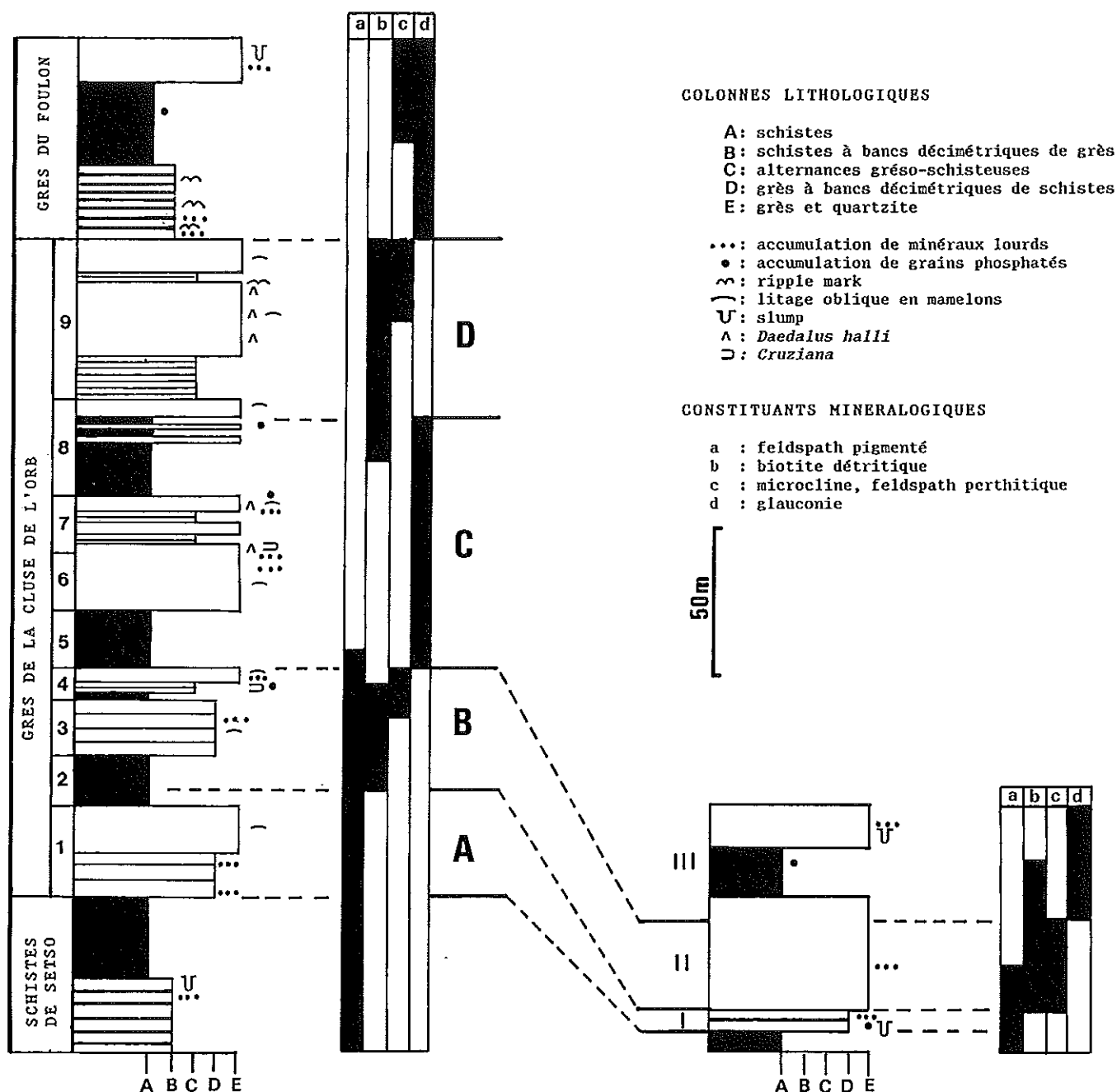


Fig. 3. - Caractéristiques sédimentologiques et pétrographiques de l'Arenig inférieur de la région de Saint Chinian. Coupes du Rieuberlou et de l'« épingle à cheveux ».

a : glauconie, b : microcline et feldspaths perthitiques, c : biotite détritique, d : feldspaths pigmentés. Les zones de fréquence maximale sont figurées en noir.

Fig. 3. - Sedimentological and petrographical characteristics of the Early Arenig of the Saint-Chinian region. Rieuberlou and «épingle à cheveux» («hairpin») sections.

a: glauconite, b: microcline and perthitic feldspar, c: detrital biotite, d: pigmented feldspar. The areas of maximum frequency are shown in black.

fragments quartzo-feldspathiques deviennent très rares. En revanche, on voit apparaître de fréquents grains arrondis, vert-jaune, à structure microcristalline et ayant une composition d'illite ferrifère :  $\text{SiO}_2$  : 53,29 % ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  : 21,80 % ;  $\text{FeO}$  : 8,09 % ;  $\text{MgO}$  : 2,85 % ;  $\text{CaO}$  : 0,12 % ;  $\text{Na}_2\text{O}$  : 0,10 % ;  $\text{K}_2\text{O}$  : 7,57 % ;  $\text{TiO}_2$  : 0,03 % (moyenne de 10 anal.). La structure et la composition de ces éléments permettent

de les considérer comme le résultat de la transformation diagénétique de grains de glauconie (G.S. Odin, comm. pers.). Antérieurement à la normalisation de la nomenclature des « glauconies », de nombreux auteurs ont signalé, sous ce nom, la présence, dans des sédiments marins d'âges divers, de grains verts et microcristallins, à composition d'illite ferrifère ; ainsi par exemple, la « glauconie » éocène, analysée par Burst (*in* Weaver et

Pollard, 1973), a une formule structurale très voisine de celle obtenue à partir de la composition moyenne des grains de glauconie des Grès de la Cluse de l'Orb.

— Zone D (sommet de l'unité 8 et unité 9) : cette zone présente des caractères très voisins de ceux de la zone B. La glauconie disparaît, la fraction feldspathique s'enrichit en microcline et en feldspaths perthitiques, les éléments détritiques de biotite et les fragments quartzo-feldspathiques réapparaissent.

La fraction particulière des Grès de la Cluse de l'Orb évolue donc de manière organisée, depuis la base qui possède les mêmes caractéristiques que les Schistes de Setso sous-jacents, jusqu'au sommet. Cette évolution est marquée par l'alternance de zones à microcline, feldspaths perthitiques, fragments quartzo-feldspathiques, biotite détritique et de zones où ces constituants sont rares ou absents mais où la glauconie devient fréquente.

Dans la coupe de l'« épingle à cheveux », l'étude minéralogique précise met également en évidence des variations organisées permettant de distinguer trois zones, du bas vers le haut (fig. 3) :

— Zone I : la fraction feldspathique est essentiellement constituée d'albite et de feldspaths pigmentés.

— Zone II : l'albite est toujours accompagnée par le microcline et localement par les feldspaths perthitiques. Les éléments détritiques de biotite sont présents et les feldspaths pigmentés les accompagnent dans la moitié inférieure de la zone. Des fragments quartzo-feldspathiques sont localement présents.

— Zone III : les fragments quartzo-feldspathiques, le microcline et les feldspaths perthitiques disparaissent brutalement, la biotite plus progressivement. La glauconie se développe.

Les zones I, II et III ont des caractéristiques minéralogiques respectivement proches de celles des zones A, B et C définies dans la coupe du Rieuberlou.

### Les Grès du Foulon

Les grès et siltites de cette formation sont généralement feldspathiques (albite principalement) et riches en minéraux lourds. Le passage des Grès de la Cluse de l'Orb aux Grès du Foulon est souligné par une variation de la composition de la phase particulière marquée par le développement de la glauconie et par la disparition du microcline et des éléments détritiques de biotite (fig. 3). Cette variation relativement brutale est identique à celle qui caractérise la limite entre les zones B et C des Grès de la Cluse de l'Orb et paraît correspondre à la répétition d'un même phénomène. L'analyse de la coupe du ruisseau de Siala montre que la glauconie est présente sur toute la puissance des Grès du Foulon.

### Étude géochimique

Les arénites, wackes et siltites sont caractérisées par leur extrême pauvreté en calcium ( $\text{CaO} < 0,5\%$  ;

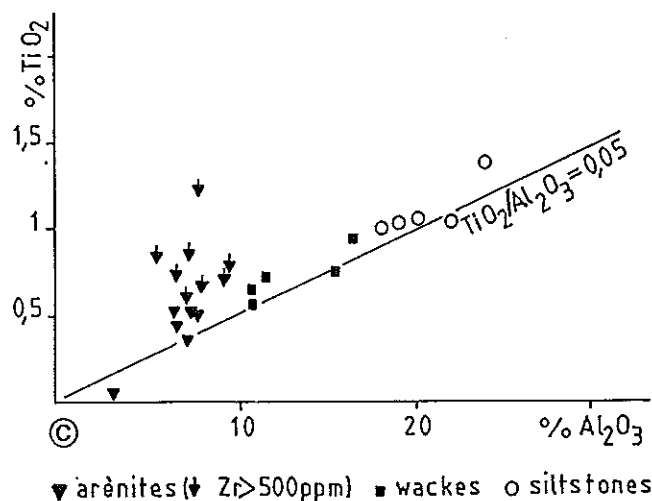
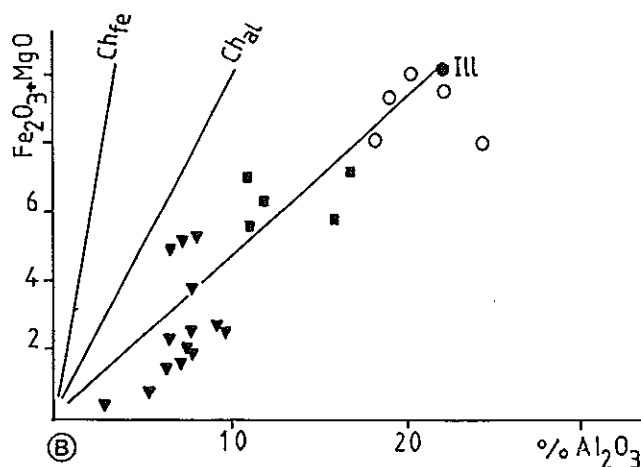
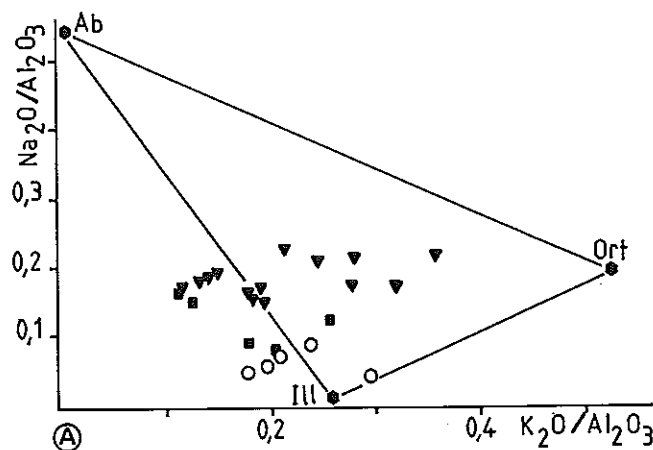


Fig. 4. - Diagrammes de répartition des oxydes dans les sédiments de la coupe du Rieuberlou.

Ab : albite ; Ort : orthose ; Ill : Illite ; ChlFe : Chlorite ferrifère ; ChAl : chlorite alumineuse.

Fig. 4. - Oxide distribution diagrams for the Rieuberlou section. Ab: albite, Ort: orthoclase, Ill: Illite, ChlFe: ferriferous chlorite, ChAl: aluminous chlorite.

tabl. 2) sauf dans quelques échantillons où la présence d'un ciment carbonaté se traduit par des teneurs plus élevées.

N°ech	Orb7	Orb9	Orb15	Orb20	Orb21	Orb32	Orb34	Orb37	Orb44	Orb48	Orb50	Orb52	Orb53	Orb55
SiO <sub>2</sub>	88.99	94.18	80.62	85.50	83.46	81.82	86.43	81.56	85.77	85.25	82.87	81.24	81.21	78.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.35	2.93	8.99	7.08	7.09	7.48	6.30	9.30	6.39	7.53	7.56	7.75	7.05	6.23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.61	0.25	2.22	1.41	1.56	2.02	2.06	1.97	1.13	1.70	3.15	4.58	4.52	3.64
MnO	tr	tr	tr	0.02	0.02	0.03	tr	0.01	t	tr	tr	0.02	0.07	0.10
HgO	0.16	0.16	0.40	0.24	0.36	0.44	0.22	0.40	0.34	0.22	0.48	0.50	0.56	1.02
CaO	0.40	0.22	0.22	0.17	0.46	0.76	0.19	0.20	0.43	0.10	0.22	0.11	0.93	3.02
Na <sub>2</sub> O	0.79	0.44	1.89	1.18	1.22	1.66	1.08	1.52	1.37	1.56	1.43	1.33	1.29	1.20
K <sub>2</sub> O	1.04	0.54	2.54	2.29	1.98	1.61	1.22	1.72	2.29	1.87	1.08	0.91	0.93	0.93
TiO <sub>2</sub>	0.83	0.03	0.70	0.34	0.88	1.20	0.50	0.76	0.43	0.52	0.50	0.64	0.59	0.69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.29	0.08	0.13	0.12	0.20	0.24	0.16	0.14	0.14	0.13	0.22	0.12	0.51	0.17
P.F.	1.29	1.07	1.99	1.45	2.02	2.34	1.70	2.20	1.51	1.38	2.30	2.63	2.10	4.81
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.63	32.14	8.97	12.07	11.77	10.94	13.72	8.77	13.42	11.32	10.96	10.48	11.52	12.54
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	0.76	0.81	0.74	0.52	0.62	1.03	0.89	0.88	0.60	0.83	1.32	1.46	1.39	1.29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +HgO	0.77	0.41	2.62	1.65	1.92	2.46	2.28	2.37	1.47	1.92	3.63	5.08	5.08	4.66
Ba	205	93	448	573	295	264	141	223	467	256	204	158	200	169
Be	<.5	<.5	.8	<.5	.6	<.5	.5	.6	.6	.5	.6	.6	.6	.5
Co	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5	<.5
Cr	29	9	33	23	33	45	20	42	27	29	31	41	34	33
Cu	9	<.5	15	8	9	9	7	9	11	6	10	9	10	8
Ga	16	<.5	<.5	7	14	<.5	5	11	12	14	<.5	<.5	11	10
Nb	13	<.5	12	6	14	18	6	13	10	9	9	11	10	12
Ni	<.5	<.5	<.5	10	<.5	7	6	9	10	8	<.5	20	37	12
Rb	30	17	63	56	54	45	33	52	51	47	35	31	28	29
Sc	4.59	<.1	5.9	3.2	6.09	7.59	3.5	6.09	4.9	4.8	5.3	6.9	7.3	6.19
Sr	87	12	90	70	84	102	45	70	75	51	63	47	72	57
Th	20	<.5	19	<.5	22	50	<.5	17	10	11	12	11	10	12
V	22	<.5	34	24	34	37	19	42	25	27	26	34	36	31
Y	31	<.5	36	8	43	80	24	37	12	23	23	33	68	21
Zn	16	10	74	30	25	26	22	27	15	12	22	33	26	29
Zr	>1000	25	845	211	>1000	>1000	357	673	320	469	398	477	522	558

N°ech	Orb1	Orb2	Orb17	Orb26	Orb41	N°ech	Orb5	Orb13	Orb23	Orb31	Orb45
SiO <sub>2</sub>	75.31	75.40	68.99	67.12	76.52	SiO <sub>2</sub>	56.90	59.27	60.72	62.79	53.79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.48	10.58	15.23	15.94	10.67	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.64	19.20	17.92	17.32	22.89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.01	5.80	4.44	5.50	4.57	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.25	7.44	7.41	6.41	5.72
MnO	tr	0.03	tr	tr	tr	MnO	tr	0.03	tr	tr	tr
HgO	1.08	0.98	1.12	1.31	0.75	HgO	1.56	1.97	1.31	1.23	1.75
CaO	0.15	0.22	0.17	0.17	0.25	CaO	0.29	0.34	0.10	0.28	0.22
Na <sub>2</sub> O	1.68	1.79	1.81	1.10	0.89	Na <sub>2</sub> O	0.94	1.06	1.18	1.45	0.83
K <sub>2</sub> O	1.45	1.25	3.94	3.27	1.86	K <sub>2</sub> O	3.70	3.79	3.74	4.16	6.78
TiO <sub>2</sub>	0.69	0.63	0.72	0.88	0.54	TiO <sub>2</sub>	0.96	1.00	0.96	0.96	1.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.17	0.17	0.20	0.22	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.29	0.28	0.26	0.22	0.20
P.F.	2.96	2.95	3.18	4.28	3.58	P.F.	7.20	6.04	6.18	4.89	6.23
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.56	7.13	4.53	4.21	7.17	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.76	3.09	3.39	3.62	2.35
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	1.16	1.43	0.46	0.34	0.48	Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	0.25	0.28	0.32	0.35	0.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +HgO	6.09	6.78	5.56	6.81	5.32	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +HgO	11.16	9.41	8.72	5.21	7.47
Ba	242	211	549	442	349	Ba	498	491	455	540	1027
Be	1.1	1.1	1.79	1.7	1	Be	3.2	2.7	2.5	2.7	4.5
Co	<.5	10	8	8	<.5	Co	6	16	7	10	18
Cr	49	48	57	78	43	Cr	107	100	90	84	130
Cu	19	20	24	26	20	Cu	38	41	33	37	42
Ga	17	28	42	30	20	Ga	45	54	39	58	45
Nb	13	13	14	16	9	Nb	18	18	17	18	25
Ni	<.5	36	28	33	9	Ni	64	44	46	65	52
Rb	53	43	113	109	59	Rb	135	155	114	133	224
Sc	9.1	8.3	10.3	13.3	7.5	Sc	20.7	19	17.2	14.3	23.6
Sr	69	70	87	61	48	Sr	109	92	79	89	122
Th	7	7	7	<.5	<.5	Th	13	12	5	9	20
V	58	55	73	91	52	V	125	114	110	98	155
Y	26	28	20	29	21	Y	39	36	33	28	33
Zn	53	74	66	155	53	Zn	101	91	104	83	61
Zr	290	270	288	273	223	Zr	203	219	261	384	363

Tabl. 2. - Composition chimique des arénites (A), wackes (B) et siltites (C). Coupe du Rieuberlou.

Schistes de Setso : Orb1 à Orb5.

Grès de la Cluse de l'Orb : Orb7 et Orb9 (unité 1, zone A) ; Orb13 (unité 2, zone B) ; Orb15 et Orb17 (unité 3, zone B) ; Orb20 et Orb21 (unité 4, zone B) ; Orb23 et Orb26 (unité 5, zone C) ; Orb31 et Orb32 (unité 7, zone C) ; Orb34, Orb37 et Orb41 (unité 8, zone C) ; Orb44, Orb45 et Orb48 (unité 9, zone D).

Grès du Foulon : Orb50, Orb52, Orb53 et Orb55.

Table 2. - Chemical composition of the arenites (A), wackes (B) and siltites (C). Rieuberlou section.

Setso Schist: Orb1 to Orb5.

Cluse de l'Orb Sandstone: Orb7 and Orb9 (unit 1, zone A); Orb13 (unit 2, zone B); Orb15 and Orb17 (unit 3, zone B); Orb20 and Orb21 (unit 4, zone B); Orb23 and Orb26 (unit 5, zone C); Orb31 and Orb32 (unit 7, zone C); Orb34, Orb37 and Orb41 (unit 8, zone C); Orb44, Orb45 and Orb48 (unit 9, zone D).

Foulon Sandstone : Orb50, Orb52, Orb53 and Orb55.

Les arénites sont assez différenciées, avec un rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  variant entre 12 et 32. Les teneurs en alcalins s'échelonnent entre 1 % et plus de 3,5 % avec un rapport  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  relativement élevé et compris entre 0,6 et 1,6. Dans les sédiments provenant des Grès du Foulon, ce rapport est toujours supérieur à 1. Certains échantillons sont caractérisés par des teneurs élevées en zirconium (> 500 ppm) s'accompagnant d'une plus grande richesse en thorium (10 à 50 ppm). Ces anomalies traduisent la présence de niveaux d'accumulation de minéraux lourds, riches en zircon. Dans les wackes, les valeurs de la somme  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$  sont supérieures à 5 % et le rapport  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  s'échelonne entre 0,34 et 1,43. Dans les siltites, la somme  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$  est comprise entre 8 et 10 % et le potassium est plus abondant que le sodium ( $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} < 0,4$  %).

La distribution des oxydes entre les phases minéralogiques peut être illustrée par divers diagrammes :

- le diagramme  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , en fonction de  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  permet de différencier les trois minéraux principaux susceptibles de porter les alcalins (fig. 4A) ; pour la majorité des échantillons, les rapports se distribuent entre les rapports correspondant à l'albite et à l'illite. Le déplacement vers le pôle orthose de certaines arénites, appartenant aux Grès de la Cluse de l'Orb, traduit la présence de feldspaths potassiques en quantité non négligeable. Ces échantillons sont dépourvus de glauconie ;
- le fer et le magnésium sont essentiellement portés par la phase alumineuse (fig. 4B). Les concentrations élevées résultent de la richesse de la matrice en chlorite et en illite ferrifère et, occasionnellement, dans les arénites, de la richesse en glauconie. Ce comportement exclut la présence originelle de ces éléments dans d'autres phases minéralogiques telles que les fragments volcaniques ou les oxydes de fer ;
- le titane présente deux types d'associations (fig. 4C). Dans les siltites, les wackes et quelques arénites, il est associé à la fraction alumineuse, soit adsorbé à la surface des minéraux phylliteux, soit incorporé dans leur réseau. Le rapport moyen  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  est alors de 0,05. Dans les autres arénites, l'enrichissement relatif en  $\text{TiO}_2$  est accompagné de teneurs plus élevées en zirconium et est lié à la présence de rutile dans les lits de minéraux lourds.

## Interprétation

### Origine du matériel

Les sédiments terrigènes appartenant à l'Arenig inférieur de la région de Saint-Chinian, l'apparition de la glauconie, à deux reprises, constitue un fait remarquable. Le développement de ce minéral n'est accompagné par aucune variation significative de la composition chimique des sédiments. D'autre part, l'homogénéité de taille entre les grains de glauconie et les particules détritiques semble montrer que l'apparition de la glauconie résulte de facteurs externes au stock particulaire lui-même.

La glauconie est un minéral authigène qui se forme en milieu marin par épigénie d'un support préexistant (Odin et Fullagar, 1988). La taille des grains de glauconie, observés dans les sédiments étudiés, exclut la possibilité d'une épigénie de pelotes fécales ou de fragments de tests de Lingulidés, ceux-ci ayant des tailles généralement comprises entre 200  $\mu\text{m}$  et 1 mm.

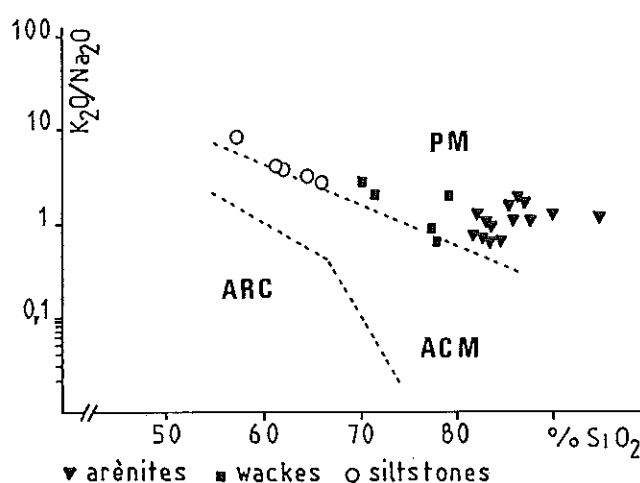


Fig. 5. - Diagramme de caractérisation des sites géodynamiques (d'après Roser et Korsch, 1986).

PM : marges passives ; ACM : marges actives ; ARC : arcs océaniques.

Fig. 5. - Characterization diagram of the geodynamic sites (after Roser and Korsch, 1986).

PM: passive margins, ACM: active margins, ARC: ocean arcs.

## Paléoenvironnements

Dans l'Arenig inférieur de la région de Saint-Chinian, l'apparition de la glauconie, à deux reprises, constitue un fait remarquable. Le développement de ce minéral n'est accompagné par aucune variation significative de la composition chimique des sédiments. D'autre part, l'homogénéité de taille entre les grains de glauconie et les particules détritiques semble montrer que l'apparition de la glauconie résulte de facteurs externes au stock particulaire lui-même.

La glauconie est un minéral authigène qui se forme en milieu marin par épigénie d'un support préexistant (Odin et Fullagar, 1988). La taille des grains de glauconie, observés dans les sédiments étudiés, exclut la possibilité d'une épigénie de pelotes fécales ou de fragments de tests de Lingulidés, ceux-ci ayant des tailles généralement comprises entre 200  $\mu\text{m}$  et 1 mm.

En revanche, l'antagonisme de répartition entre la glauconie et certains constituants, tels que biotite, feldspaths potassiques et fragments lithiques, permet de penser que ceux-ci ont pu servir de support au phénomène de glauconitisation. Cette hypothèse est renforcée par la présence, dans les Grès de la Cluse de l'Orb, de rares grains de feldspath dont la partie périphérique est glauconitisée ainsi que par les variations de distribution des alcalins (fig. 4A) entre les sédiments des zones à glauconie (mélange illite + albite) et ceux des zones sans glauconie (mélange illite + albite + feldspaths potassiques).

Dans les sédiments actuels et récents, la glauconie apparaît à des profondeurs généralement comprises entre 60 m et 600-700 m et pouvant atteindre 1 000 m, notamment dans les zones de marges actives (Bornhold et Giresse, 1985 ; Odin et Fullagar, 1988 ; Odin et Fröhlich, 1988). Le développement de la glauconie dans la succession étudiée ici peut donc être relié à des variations bathymétriques correspondant à un approfondissement lié à des phénomènes de subsidence ou à des phases transgressives. Cette dernière hypothèse s'intègre mieux dans le schéma global admis pour l'Arénig inférieur, période correspondant à une remontée eustatique globale du niveau marin (Fortey et Cocks, 1986). Les variations brutales de composition de la phase particulière sont donc synchrones à l'échelle du bassin et il devient possible d'établir des corrélations latérales qui mettent en évidence une importante réduction de puissance des unités sédimentaires entre les coupes du Rieuberlou et de l'« épingle à cheveux » (fig. 3). Les variations latérales de faciès et de puissance s'intègrent bien dans le modèle de sédimentation, dominée par les tempêtes, proposé par Eschard (In Courtessole *et al.*, 1985).

Les résultats fournis par l'analyse pétrographique et géochimique des sédiments étudiés permettent d'envisager que l'augmentation d'épaisseur de la tranche d'eau s'est développée en deux phases successives, situées, l'une pendant le dépôt des Grès de la Cluse de l'Orb (passage de la zone B à la zone C) et l'autre au début de la mise en place des Grès du Foulon.

La répartition verticale des traces fossiles dans les Grès de la Cluse de l'Orb permet de préciser les conclusions précédentes. En effet, dans les Grès de la Cluse de l'Orb, la disparition de la glauconie dans la zone D est accompagnée par le remplacement de l'ichnogenre *Cruziana* par *Daedalus halli* (fig. 3). Or, d'après les études menées sur la distribution des traces fossiles dans les environnements phanérozoïques, on rencontre, du littoral vers le large, successivement les ichnofaciès à *Trypanites*, à *Skolithos*, à *Cruziana* puis à *Zoophycos* (Crimes, 1975 ; Frey et Seilacher, 1980), la répartition de *Daedalus halli* étant restreinte à l'ichnofaciès à *Skolithos* (Durand, 1985). La diminution d'épaisseur de la tranche d'eau entre les zones C et D se trouve donc ainsi confirmée. On peut d'autre part penser que si l'approfondissement du bassin s'est opéré en plusieurs phases, chacune traduite par le développement de la glauconie et une modification de l'ichnofaciès, c'est la phase située au début de la période de sédimentation des Grès du Foulon qui est la plus importante puisqu'elle n'a pas permis la restauration de l'ichnogenre *Cruziana* (fig. 6).

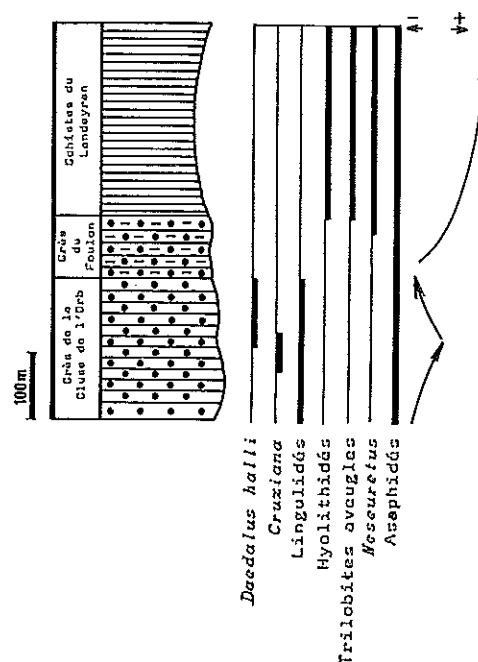


Fig. 6. - Répartition des traces fossiles et de quelques formes de trilobites dans l'Arénig inférieur de la région de Saint-Chinian (d'après les données de Dean, 1966 ; Courtessole *et al.*, 1981, 1983, 1985 ; Vizcaïno, comm. pers.). Les flèches indiquent les variations relatives de l'épaisseur de la tranche d'eau.

Fig. 6. - Distribution of trace fossils and some trilobite forms in the Early Arénig of the Saint-Chinian region (after data from Dean, 1966, Courtessole *et al.*, 1981, 1983, 1985, and Vizcaïno, pers. comm.).

The arrows indicate relative thickness variations of the water body.

L'examen de la distribution des associations de trilobites pendant l'Arénig inférieur dans la Montagne Noire (fig. 6) met en évidence quelques faits susceptibles de compléter l'étude des variations bathymétriques :

— Fortey et Morris (1982) signalent l'abondance de *Neseuretus* dans les environnements clastiques peu profonds de l'Ordovicien inférieur du Gondwana. En Montagne Noire, le genre *Neseuretus* est bien représenté dans les Grès du Foulon et dans les Schistes du Landeyran (Dean, 1967 ; Courtessole *et al.*, 1983 ; Courtessole *et al.*, 1985). D'après Vizcaïno (comm. pers.), ce genre n'apparaît qu'au sommet des Grès de la Cluse de l'Orb (un seul exemplaire connu), *Neseuretus lugneensis* Pillet 1983, récolté dans la partie inférieure de cette formation (Courtessole *et al.*, 1983), devant être indiscutablement rapporté au genre *Pradoela* Hammann 1977 ;

— la présence des Asaphidés dans tous les niveaux de l'Arénig inférieur de la région de Saint-Chinian (Courtessole *et al.*, 1981 ; Courtessole *et al.*, 1985) constitue un indice intéressant. En effet, Henry (1989) dans le Llanvirn-Llandeilo du Massif armoricain et Rabano (1989) dans l'Ordovicien moyen de la région centre-ibérique, n'observent ces formes que dans des environnements situés entre la zone de basse mer et environ 150 à 200 m de profondeur ;



— les formes aveugles de trilobites, *Ampyx* et *Gera-gnostus*, présents dans les Schistes de Saint-Chinian et les Grès et Schistes de La Maurerie, disparaissent au sommet des Schistes de Setso. Ces formes réapparaissent dans les Schistes du Landeyran inférieur et sont relayées par le genre *Hanchungolitus* dans les Schistes du Landeyran supérieurs (Dean, 1966 ; Courtessole *et al.*, 1985 ; Vizcaïno, comm. pers.). Clarkson (1967) ayant montré que le nombre des formes aveugles de crustacés marins actuels augmente avec la profondeur, la sédimentation des Schistes du Landeyran correspond donc vraisemblablement à un milieu plus profond que celui des Grès du Foulon. Néanmoins les Cyclopygidés qui accompagnent les formes aveugles dans les associations athéoptiques définies par Fortey et Owens (1987) sont absents dans le secteur étudié (Vizcaïno, comm. pers.). La présence de *Aeglina* (*Cyclopyge*) *bucculenta* ne peut pas être considérée comme significative dans la mesure où elle n'a jamais été confirmée depuis 1935, date à laquelle Thoral a décrit cette forme en soulignant sa rareté (Thoral, 1935). Compte tenu de ces données, la profondeur maximale atteinte pendant le dépôt des Schistes du Landeyran peut être estimée à environ 200 m.

## Conclusion

Les résultats de la présente étude montrent que les dépôts de l'Ordovicien inférieur de la région de Saint-Chinian (versant méridional de la Montagne Noire), largement dominés par les tempestites (Eschard *in* Courtessole *et al.*, 1985), ne peuvent en aucun cas être considérés comme des dépôts synorogéniques et que leur assimilation à des séries de type flysch (Andrieux et Matte, 1963) doit être abandonnée.

## Références bibliographiques

- ALABOUVETTE B., ARTHAUD F., BAMBIER A., FREYTET P., PALOC H. (1982). - Notice explicative. Carte géologique de la France (1/50 000), feuille de Saint-Chinian (1014). Éditions du BRGM, Orléans, 44 p.
- ANDRIEUX J., MATTE Ph. (1963). - Quelques traits sédimentologiques des flyschs cambro-ordovicien et viséen de la Montagne Noire (feuille de Saint-Chinian à 1/50 000). *Bull. Carte Géol. Fr.*, 273, 59, pp. 155-178.
- ARTHAUD F. (1970). - Étude tectonique et microtectonique comparée de deux domaines hercyniens : les nappes de la Montagne Noire et l'anticlinal de l'Iglesiente. Thèse Sci., Montpellier, 175 p.
- BORNHOLD B.D., GIRESSE P. (1985). - Glauconitic sediments and the continental shelf of Vancouver Island. British Columbia, Canada. *J. Sedimen. Petrol.*, 55, pp. 653-664.
- CLARKSON E.N.K. (1967). - Environmental significance of eye-reduction in trilobites and recent arthropods. *Mar. Geol.*, 5, pp. 367-375.
- COURTESSOLE R., MAREK L., PILLET J., UBAGHS G., VIZCAÏNO D. (1983). - Calymenina, Echinodermata et Hyolitha de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire (France méridionale). *Mém. Soc. Et. Sci. Aude*, Carcassonne, 62 p.
- COURTESSOLE R., PILLET J., VIZCAÏNO D. (1981). - Nouvelles données sur la biostratigraphie de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire. Révision des *Taihungshaniidae*, de *Megistaspis* (*Ekeraspis*) et d'*Asaphopoides* (Trilobites). *Mém. Soc. Et. Sci. Aude*, Carcassonne, 32 p.

Au cours de l'Arenig inférieur, la sédimentation détritique a été alimentée par des zones sources essentiellement métamorphiques et/ou plutoniques. Si, du point de vue géochimique, aucune variation significative n'apparaît, en revanche la composition minéralogique des sédiments montre une évolution verticale qui s'exprime par la répartition antagoniste de la glauconie, d'une part, et des feldspaths potassiques, des grains quartzo-feldspathiques et des éléments détritiques de biotite, d'autre part. Ces variations sont reliées à deux phases successives d'approfondissement qui, synchrones à l'échelle de l'aire de sédimentation, peuvent servir de base à l'établissement de corrélations latérales.

L'étude de l'évolution verticale de la composition des sédiments, jointe à celle des variations de la nature des associations paléobiologiques, permet de proposer une reconstitution de l'évolution des conditions bathymétriques au cours de l'Arenig inférieur dans la région de Saint-Chinian. Durant le dépôt des Grès de la Cluse de l'Orb, la première phase d'approfondissement maintient l'aire de sédimentation dans la zone d'action des tempêtes mais hors de l'influence des marées. Au début de la mise en place des Grès du Foulon, la profondeur s'accroît de nouveau et devient suffisante pour mettre le fond à l'abri des tempêtes et réduire le développement des organismes fouisseurs. Enfin, durant la sédimentation des Schistes du Landeyran, l'accroissement de l'épaisseur de la tranche d'eau conduit à une modification significative des associations de trilobites sans que la profondeur du bassin n'excède environ 200 mètres.

## Remerciements

Nous remercions Messieurs C. Babin, R. Feist, J.-L. Henry, G.-L. Pillola, M. Robardet et D. Vizcaïno pour leurs suggestions et critiques.

INSU-DBT. Contribution CNRS-INSU, 91 DBT 2-25, n° 148.

- COURTESSOLE R., PILLET J., VIZCAÏNO D., ESCHARD R. (1985). - Étude biostratigraphique et sédimentologique des formations arénacées de l'Arénigien du Saint-Chinianais oriental (Hérault) versant sud de la Montagne Noire (France méridionale). *Mém. Soc. Et. Sci. Aude*, Carcassonne, 99 p.
- CRIMES T.P. (1975). - The production and preservation of trilobites resting and furrowing traces. *Lethaia*, 8, pp. 35-48.
- DEAN W.T. (1966). - The lower Ordovician stratigraphy and Trilobites of the Landeyran Valley and the neighbouring district of the Montagne Noire, South-western France. *Bull. Br. Mus. nat. Hist.*, 12, 6, pp. 17-353.
- DICKINSON W.R., SUCZEK C.A. (1979). - Plate tectonics and sandstone compositions. *Bull. Am. Assoc. Petrol. geol.*, 63, pp. 2-31.
- DURAND J. (1985). - Le Grès armoricain. Sédimentologie. Traces fossiles. Milieux de dépôt. *Mém. Docum. Centre. Arm. Et. Struct. Soces*, Rennes, 3, 150 p.
- ÉMIG C.C. (1986). - Conditions de fossilisation du genre *Lingula* (Brachiopoda) et implications paléocéologiques. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 53, pp. 245-254.
- ENGEL W., FEIST R., FRANKE W. (1982). - Le Carbonifère anté-stéphaniens de la Montagne Noire : rapports entre mise en place des nappes et sédimentation. *Bull. BRGM Fr.*, (2), Section 1, 4, 1980-1981, pp. 341-389.
- FORTEY R.A. (1975). - Early Ordovician Trilobites communities. *In* : Martinsson A., Ed., Evolution and morphology of the Trilobita, Trilobitoidea and Merostoma. *Fossils and Strata*, 4, pp. 331-352.

FORTEY R.A., COCKS L.R.M. (1986). - Marginal faunal belts and their structural implications, with examples from the Lower Palaeozoic. *J. Geol. Soc. London*, **143**, pp. 151-160.

FORTEY R.A., MORRIS S.F. (1982). - The Ordovician Trilobite *Neseuretus* from Saudi Arabia, and the palaeogeography of the *Neseuretus* fauna related to Gondwanaland in the earlier Ordovician. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Geol.)*, **36**, pp. 63-75.

FORTEY R.A., OWENS R.M. (1987). - The Arenig series in South Wales. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Geol.)*, **41**, 3, pp. 69-307.

FREY R.W., SEILACHER A. (1980). - Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia*, **13**, pp. 183-207.

GEZE B. (1949). - Étude géologique de la Montagne Noire et des Cévennes méridionales. *Mém. Soc. géol. Fr.*, **29**, 62-1, 215 p.

HENRY J.-L. (1989). - Paléoenvironnements et dynamiques de faunes de Trilobites dans l'Ordovicien (Llanvirn supérieur-Caradoc basal) du Massif Armoricain (France). *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **73**, pp. 139-153.

MATTAUER M., PROUST F. (1963). - Sur le déversement vers le Sud et le style tectonique en têtes plongeantes des structures hercyniennes du versant sud de la Montagne Noire. *C.R. Acad. Sci. Fr., (D)*, **257**, pp. 3967-3970.

MAYNARD J.B., VALLONI R., YU H.S. (1982). - Composition of modern deep-sea sands from arc-related basins. *In* : Leggett J.K. Ed.,

Trench-Forearc Geology : Sedimentation and Tectonics on Modern and Ancient Active Plate Margins. *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, **10**, pp. 551-561.

ODIN G.S., FRÖHLICH F. (1988). - Glaucony from the Kerguelen Plateau. *In* : Odin G.S., Ed., Green marine clays. *Developments in sedimentology*, **45**, pp. 277-294.

ODIN G.S., FULLAGAR P.D. (1988). - Geological significance of the glaucony facies. *In* : Odin G.S., Ed., Green marine clays. *Developments in sedimentology*, **45**, pp. 295-332.

PARIS F., ROBARDET M. (1990). - Early Palaeozoic palaeobiogeography of the Variscan regions. *Tectonophysics*, **177**, pp. 193-213.

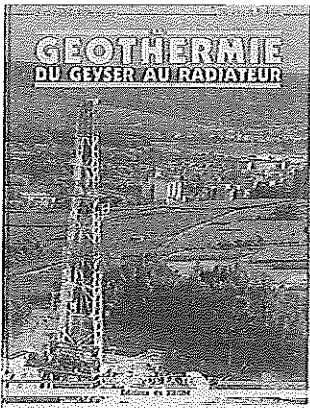
RABANO I. (1989). - Trilobites del Ordovicio Medio del sector meridional de la Centrobérica española. *Bol. Geol. Min., Publ. s.p.*, **233** p.

ROSER B.P., KORSCH R.J. (1986). - Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO<sub>2</sub> content and K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O ratio. *J. Geol.*, **94**, pp. 635-650.

THORAL M. (1935). - Contribution à l'étude géologique des Monts de Lacaune et des terrains cambriens et ordoviciens de la Montagne Noire. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, **38**, (192), pp. 1-637.

THORAL M. (1941). - Stratigraphie et facies de l'Arenig languedocien. *Ann. Sci. Nat. Univ. Lyon (C)*, **II**, 54 p.

WEAVER C.E., POLLARD L.D. (1973). - The chemistry of clay minerals. *Developments in sedimentology*, **15**, 213 p.



## LA GÉOTHERMIE du geyser au radiateur

Jean-Michel COUDERT  
et  
Florence JAUDIN

Géothermie : le nom peut paraître barbare, il est seulement d'origine grecque : « Gé », qui veut dire Terre et « thermé » qui signifie la chaleur. La géothermie concerne donc la chaleur de la Terre. D'où provient-elle, que peut-on en faire, comment peut-on l'utiliser, quel est son avenir, telles sont les principales questions auxquelles ce livre répond.

L'énergie géothermique, cette fausse énergie nouvelle utilisée bien avant le charbon ou le pétrole, est quelque peu méconnue par rapport à l'énergie solaire ou à l'énergie nucléaire. L'impact de l'énergie géothermique, au niveau mondial, ne sera jamais très important mais localement il peut être très significatif.

Cet ouvrage se veut plus un point de départ, un livre d'initiation que la somme des connaissances dans le domaine de la géothermie.

**Prix : 95,00 F**

**En vente chez votre libraire habituel ou à défaut aux :**

**Éditions du BRGM - BP 6009 - 45060 Orléans cedex 2 - France. Tél. 38 64 30 28**

**accompagné de votre titre de paiement auquel il convient d'ajouter 20 FF de frais de port et d'emballage.**