

Le Toarcien supérieur-Aalénien dans la région de Villefranche-de-Rouergue (sud-ouest de la France). Biostratigraphie et évolution sédimentaire*

Carine LEZIN (1)
René CUBAYNES (1)
Philippe FAURÉ (1)
Thierry PELISSIÉ (1)
Jacques REY (1)

The Upper Toarcian-Aalenian in the Villefranche-de-Rouergue area (southwest France). Biostratigraphy and sedimentary evolution.

Géologie de la France, n°4, 1997, pp. 3-14, 8 fig.

Mots-clés : Toarcien, Aalénien, Faune ammonite, Biostratigraphie, Microfacies, Stratigraphie séquentielle, Plate-forme carbonatée, Faille-décrochement, Subsidence, Aveyron, Quercy.

Key words: Toarcian, Aalenian, Ammonites, Biostratigraphy, Microfacies, Sequence stratigraphy, Carbonate platforms, Strike-slip faults, Subsidence, Aveyron, Quercy, France.

Résumé

Les séries du Toarcien supérieur et de l'Aalénien de la partie orientale du Quercy méridional s'intègrent dans deux formations :

- la Formation de Lexos (Toarcien supérieur) qui comprend quatre unités lithologiques successives : les marnes silteuses, l'assise à gryphées, le niveau à brachiopodes et le niveau de remaniement du Toarcien terminal ;

- la Formation d'Autoire (aalénobajocienne) qui comprend trois unités lithologiques différentes : les calcaires bioclastiques à lamellibranches, le niveau de remaniement aalénien et les calcaires bioclastiques à oncolithes.

Durant la période étudiée, l'évolution générale en comblement et le passage progressif du domaine circalittoral, à l'infra-littoral et à la base du médiolittoral soulignent l'installation d'une plate-forme carbonatée peu profonde.

La distribution spatiale des faciès montre une sédimentation à caractère plus proximal en direction de l'est durant le Toarcien supérieur et l'Aalénien basal. A l'Aalénien, cette tendance s'inverse avec un caractère plus littoral vers l'ouest.

*L'étude biostratigraphique (200 ammonites) permet un découpage à l'échelle de la sous-zone et de l'horizon. quatre sous-zones ont été définies : la sous-zone à *Pseudoradiosa*, la sous-zone à *Mactra* (horizon à *Mactra* et horizon à *Subcompta*), la sous-zone à *Lugdunense* (horizon à *Celtica*, horizon à *Lugdunense* et horizon à *Buckmani*) et la sous-zone à *Opalinum*.*

Une hypothèse d'évolution géodynamique basée sur l'étude biostratigraphique et sédimentologique a été proposée. A la limite Lias-Dogger, une dynamique de blocs engendrée par une tectonique locale en décrochement et décomposée en sept stades paraît s'être instaurée dans le secteur étudié.

Abridged English version

Many outcrops near Villefranche-de-Rouergue in the Quercy region along the northeastern edge of the Aquitaine Basin, enable a precise analysis of the Upper Lias and Lower Dogger formations.

The Lias-Dogger transition in French sedimentary basins constitutes an important period during which sedimentary regime changes, tectonic events and eustatic variations are superimposed. Through the analysis of 12 sections, our goal was to describe the stratigraphic succession, establish a biozonal division and define a paleoenvironmental and sequential evolution model.

Study of the Lias-Dogger boundary in the Villefranche-de-Rouergue area has identified seven lithofacies that can be assigned to two formations: the top of the Lexos Formation (Cubaynes, 1986) for four lithofacies (silty marls, Gryphaea beds, brachiopod beds and an end-Toarcian reworked bed), and the base of

* Manuscrit reçu le 15 juillet 1997, accepté le 26 décembre 1997.

(1) Université Paul Sabatier, URA CNRS 1405, 39, allées Jules-Guesde, 31062 Toulouse Cedex (France).

the Autoire Formation for three lithofacies (basal Aalenian lamellibranch bioclastic limestone, an Aalenian re-worked bed, and the Toulzaine oncolithic limestone member [Pélissié, 1982]).

The faunal abundance in the first five lithofacies of this lithological decomposition makes it possible to establish a precise biochronological division at horizon scale for the Upper Toarcian and at sub-zone scale for the basal Aalenian:

- two zones are identified for the Upper Toarcian: the *Pseudoradiosa* zone (represented by the *Pseudoradiosa* sub-zone) and the *Aalensis* zone (represented by two sub-zones: the *Mactra* sub-zone with two horizons [*Mactra* and *Subcompta*] and the *Lugdunense* sub-zone with three horizons [*Celtica*, *Lugdunense* and *Buckmani*]);

- only one zone is identified for the Aalenian: the *Opalinum* zone (represented by the *Opalinum* sub-zone).

This biozonation, which involves the use of new terminology (Elmi et al., 1997), presents some significant differences to that established in the Lexos area by Rey et al. (1995).

Based on the biochronological and lithostratigraphic divisions, a correlation has been established between the various sections. This correlation reveals a high shoal area to the northwest and north-northwest (east of the Villeneuve Fault), and an area of greater subsidence to the southeast and south-southeast (near the Villefranche-de-Rouergue Fault) for the Upper Toarcian and basal Aalenian. This pattern was reversed during the course of the Aalenian.

In considering the paleoenvironmental evolution, the sedimentological and paleontological data reveal a regressive trend from the base to the top of the succession. The sedimentation was more proximal to the east during the Upper Toarcian and basal Aalenian, and to the west during the Aalenian.

The Upper Toarcian and Aalenian formations are condensed in the Villefranche-de-Rouergue area. Nevertheless, two main boundaries of tectono-eustatic origin are identified, each at the base of a reworked bed; these constitute sequence boundaries and transgressive intervals.

The first, dated to the Buckmani horizon, separates the To7 and To8 sequences; the second, dated to the Aalenian, separates the To8 and Aal sequences.

Although eustatic variations appear to constitute the main factor controlling sedimentary evolution, the influence of extensional sedimentary tectonism is unquestionable (Pélissié et al., 1996). During the Lias and Dogger, the paleogeography was affected by Tethyan rifting. The biostratigraphic and sedimentological correlations suggest an influence of block dynamics broken down into seven stages.

Introduction

Dans les bassins sédimentaires français, le passage du Lias au Dogger constitue généralement une période importante (Gabilly et al., 1985 ; Sadki, 1992 ; Pélissié et al., 1996) durant laquelle se superposent changement du régime sédimentaire, événements tectoniques et variations eustatiques. A la suite de travaux synthétiques réalisés sur le Lias (Cubaynes, 1986) et le Dogger (Pélissié, 1982) de l'ensemble du Quercy, il nous a paru intéressant d'examiner en détail les termes de passage du Jurassique inférieur au Jurassique moyen aux abords de la faille de Villefranche-de-Rouergue. Le Quercy, sous-bassin de la bordure nord-est du Bassin aquitain, présente aux abords de Villefranche-de-Rouergue de nombreux affleurements jurassiques. Le domaine d'étude, au nord-ouest de Villefranche-de-Rouergue (fig. 1A), s'étend de part et d'autre de la faille de Villeneuve. Il est délimité à l'est par la faille de Villefranche et s'étend jusqu'au village de Laumière à l'ouest.

A partir du levé de douze coupes (fig. 1B), notre objectif était de détailler la série stratigraphique, de proposer un découpage biozonal des termes de passage du Lias au Dogger, de proposer une évolution paléoenvironnementale et séquentielle et d'identifier un contrôle tectonique éventuel lié au jeu de la faille de Villefranche.

Les unités lithostratigraphiques

Les dépôts de passage du Lias au Dogger appartiennent à deux formations :

la formation de Lexos (Toarcien supérieur) définie par Cubaynes et Fauré (1981) et la formation d'Autoire (Aalénien) définie par Delfaud (1969) avec, en particulier, à la partie inférieure, le membre des calcaires à oncolithes de la Toulzanie (Pélissié, 1982 ; Cubaynes et al., 1987).

L'analyse sédimentologique des diverses coupes étudiées a permis de distinguer sept lithofaciès superposés, correspondant à autant d'unités lithostratigraphiques élémentaires.

La description, ci-après, correspond à l'analyse sédimentologique de la coupe de Méjanet prise comme référence (fig. 2).

La formation de Lexos

1 - sommet des « marnes silteuses » (77,5 cm) : marnes à nombreux éléments de quartz silteux, oolithes ferrugineuses, lamellibranches tels *Entolium* sp., et rares bélémnites, sections de brachiopodes, d'échinodermes et de lenticulines.

Microfaciès : oobiomicrite wackestone.

2 - « assise à gryphées » (62,5 cm) : marnes calcaires à gryphées caractérisées par deux niveaux lumachelliens à *Gryphaea sublobata* (Deshayes) de toutes tailles, en position de vie et associées à des *Homoeorhynchia cenocephala* (Richard), *Entolium* sp. et *Inoperna* sp.

Microfaciès : les oobiomicrites wackestones-packstones évoluent vers des biomicrites packstones bioclastiques à silts quartzeux.

3 - « niveau à brachiopodes » (52,5 cm) : alternance marnes calcaires, calcaires argileux à concentration de brachiopodes tels *Homoeorhynchia cenocephala* (Richard) et *Zeilleria (Z.) lycetti* Delance.

Microfaciès : biomicrites packstones à grainstones.

4 - « niveau de remaniement du Toarcien terminal » (7,5 cm) : marnes argileuses à nodules calcaires, à croûte ferrugineuse, à lignite et à lamellibranches. La macrofaune est mal conservée. Ce banc est limité à sa base par une surface d'érosion.

La formation d'Autoire
(le membre des calcaires
à oncolithes
de la Toulzanie)

Trois lithofaciès ont été identifiés à la base de cette formation, soit :

5 - « calcaires bioclastiques à lamellibranches » de l'Aalénien basal (1,45 m) : le faciès passe progressivement de calcaires marneux à condensation de lamellibranches tels *Trigonia* sp., *Ceratomya* sp., *Trichites* sp., *Pholadomya* sp., *Pleuromya* sp., *Lima* sp... à des calcaires massifs bioclastiques à lamellibranches, gastéropodes, rares oncolithes et à gravelles.

Microfaciès : il évolue d'une biomicrocrite wackestone-packstone à une dolomicrosparite wackestone-packstone.

6 - « niveau de remaniement aalénien » (20 cm) : calcaire marneux à nombreux galets de remaniement.

Microfaciès : biomicrosparite grains-tone de même composition faunique que le niveau sous-jacent (5).

7 - « calcaires bioclastiques à oncolithes » (1,17 m) : dans cette coupe, ce membre est composé de calcaire massif bioclastique composé de nombreux fragments d'échinodermes, de lamellibranches et de gravelles.

Microfaciès : biomicrosparite grains-tone.

8 - les dolomies cristallines oolithiques sus-jacentes appartiendraient au Bajocien. Elles sont séparées du niveau 7 par une surface ravinante qui matérialiserait la discontinuité D.10 (Pélissié, 1982 ; Cubaynes *et al.*, 1987).

La coupe de Méjanet correspond à une des coupes les plus dilatées du secteur. Les cinq mètres de puissance cumulée de sédiments datés du Toarcien supérieur et de l'Aalénien témoignent d'un faible apport sédimentaire durant cette période.

**Étude et corrélations
biostratigraphiques**

Biozonation

La richesse en macrofaune, et particulièrement en ammonites, dans les cinq premiers niveaux a permis une étude

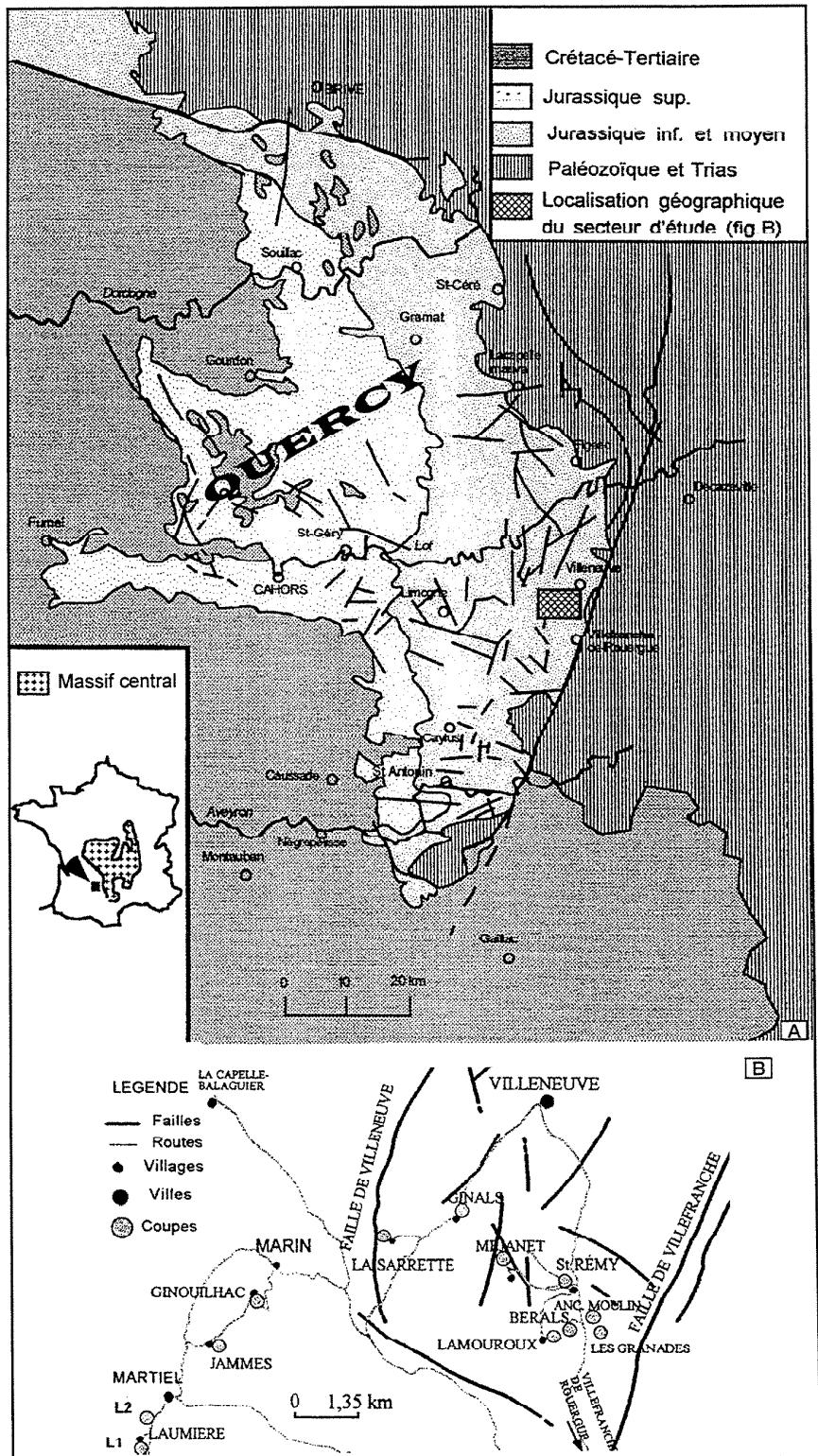


Fig. 1.- A) Situation géographique et géologique ; B) Localisation des coupes étudiées.

Fig. 1.- A) Geographical and geological setting; B) Location of the studied sections.

biostratigraphique précise, à l'échelle de l'horizon pour le Toarcien supérieur et à l'échelle de la sous-zone pour l'Aalénien basal.

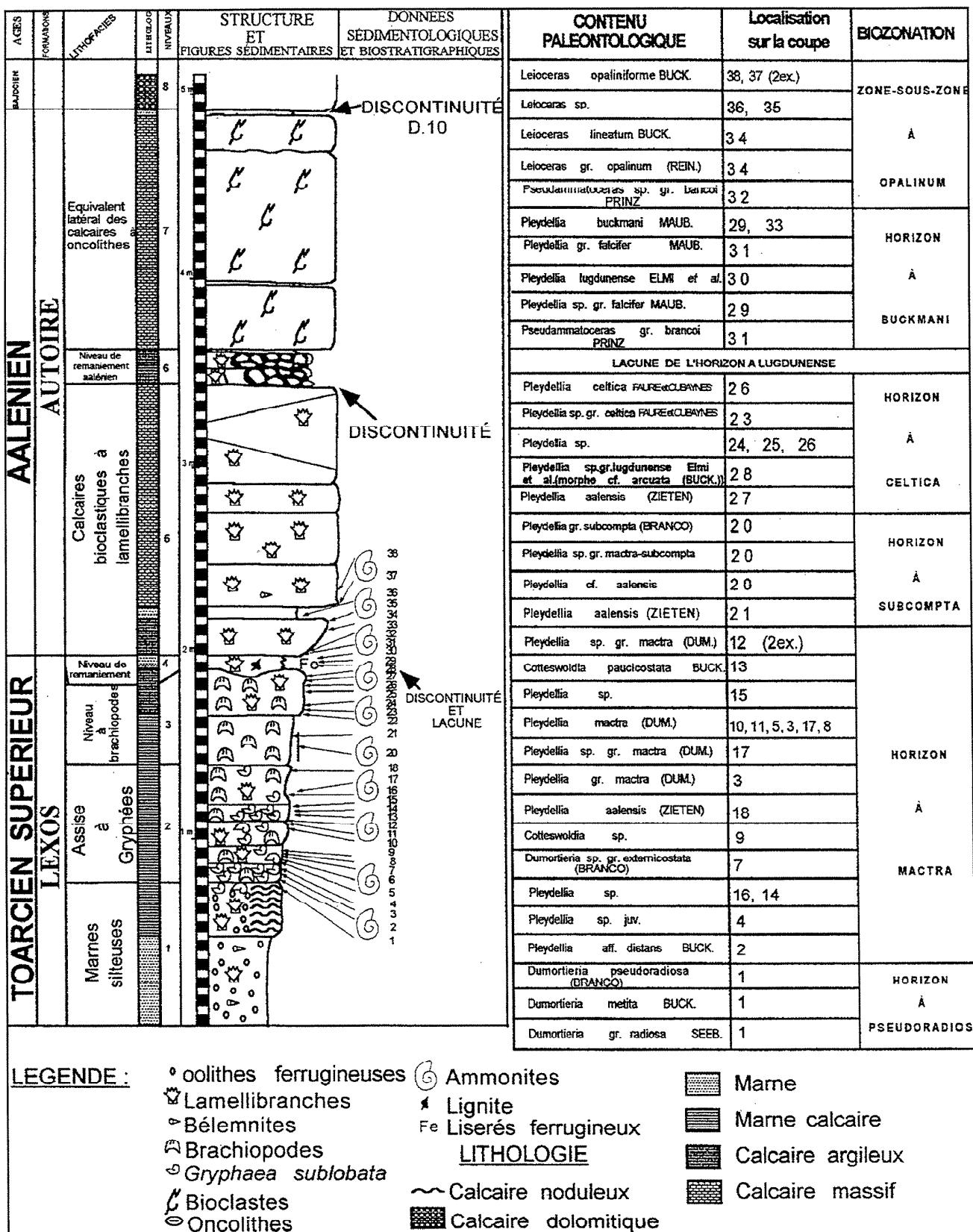


Fig. 2.- Coupe de Méjanet : évolution sédimentologique, paléontologique et découpage biozonal.

Fig. 2.- Mejanet section: sedimentological and paleontological evolution and biochronological division.

La figure 2 présente un exemple de biozonation sur l'une des coupes (Méjanet) basée sur la détermination d'une cinquantaine d'ammonites. Dans ce cas précis, l'horizon à *Lugdunense* est absent par érosion ; mais il a été reconnu dans d'autres affleurements de la région de Villefranche-de-Rouergue.

Un découpage biochronologique nouveau pour le bassin d'Aquitaine, fondé sur la récolte de 200 ammonites (toutes référencées et conservées dans la collection de Ph. Fauré⁽¹⁾ dans les douze coupes analysées, est ainsi proposé :

Toarcien supérieur

Zone à *Pseudoradiosa*

Sous-zone à *Pseudoradiosa*

Association faunique : *Dumortieria pseudoradiosa* (Branco), *Dumortieria metita* Buck., *Dumortieria gr. radiosa* (Seebach), *Dumortieria sp. gr. tectiforme* (Elmi et Caloo), *Dumortieria gr. explana* Buck.

Zone à *Aalensis*

Sous-zone à *Mactra*

- Horizon à *Mactra*

Association faunique : *Pleydellia mactra* (Dum.), *Pleydellia aff. distans* Buck., *Pleydellia aalensis* (Zieten), *Dumortieria sp. gr. externicostata* (Branco).

- Horizon à *Subcompta*

Association faunique : *Pleydellia subcompta* (Branco), *Pleydellia gr. mactra-subcompta*, *Pleydellia aalensis* (Zieten), *Cotteswoldia paucicostata* Buck., *Pleydellia sp. cf. hinsbergi* (Benecke).

- Horizon à *Celtica*

Association faunique : *Pleydellia celtica* Fauré et Cubaynes, *Pleydellia aalensis* (Zieten), *Pleydellia sp. cf. arcuata* Buck., *Pleydellia sp. gr. falcifer* Maub.

Sous-zone à *Lugdunense*

- Horizon à *Lugdunense*

Association faunique : *Pleydellia lugdunense* (Elmi et al.), *Pleydellia falcifer* Maub., *Pleydellia cf. subcandida* Buck., *Pleydellia gr. lugdunense-falcifer*.

- Horizon à *Buckmani*

Association faunique : *Pleydellia buckmani* Maub., *Pleydellia gr. buckmani-falcifer*, *Canavarina* sp., *Pseudamatoceras gr. brancoi* Prinz, *Pleydellia gr. lugdunense* (Elmi et al.), *Pleydellia gr. lotharingica* Branco, *Pleydellia aff. pseudoarcuata* Maub.

Aalénien

Zone à *Opalinum*

Sous-zone à *Opalinum*

Association faunique : *Leioceras opalinum* (Rein.), *Leioceras opaliniforme* Buck., *Pleydellia gr. lotharingicum* Branco, *Costileioceras* sp.

Ainsi, la région de Villefranche-de-Rouergue permet de dater précisément les unités du Toarcien supérieur. Par contre, du fait de la rapide disparition des faunes d'ammonites, l'âge des différents niveaux aaléniens reste incertain.

Quelques différences notables apparaissent avec la biozonation établie dans le secteur de Lexos par Rey et al. (1995). En effet, ces derniers avaient décomposé la zone à *Aalensis* en deux sous-zones :

- la sous-zone à *Fluitans* (associant l'horizon à *Aalensis* et l'horizon à *Buckmani*),

- la sous-zone à *Mactra* (associant l'horizon à *Mactra* et l'horizon à *Celtica*).

Dans notre domaine d'étude, l'utilisation d'une nouvelle terminologie (Elmi et al., 1997) a déterminé le remplacement de la sous-zone à *Fluitans* par la sous-zone à *Aalensis* et de l'horizon à *Fluitans* par l'horizon à *Lugdunense*. Nous plaçons la limite inférieure de la sous-zone à *Lugdunense* au sommet de l'horizon à *Celtica* et non au sommet de l'horizon à *Mactra*. Enfin, la présence de *Pleydellia subcompta* et de *Pleydellia sp. gr. mactra-subcompta* entre l'horizon à *Mactra* et l'horizon à *Celtica* permet d'individualiser un nouvel horizon : l'horizon à *Subcompta*.

Les paléoenvironnements et leur évolution spatio-temporelle

L'inventaire des principaux lithofaciès, leur évolution dans le temps et leur répartition dans l'espace a permis d'aboutir à une reconstitution des milieux de dépôts et de leurs variations latérales (fig.3). Elles peuvent être analysées à partir de deux coupes situées aux deux extrémités de la zone étudiée : la coupe de Laumiére la plus occidentale et la coupe de Bérals, la plus orientale.

Les marnes silteuses

Seul, le sommet de cette unité a été examiné. Ces marnes brunes parfois argileuses se caractérisent par une quasi-absence de bioclastes et une abondance en silts quartzeux associés à une forte concentration d'oolithes ferrugineuses à structures concentriques en allant vers l'ouest. Cubaynes (1986) situe, d'après son contenu faunique, le dépôt de cette série à la limite de l'étage circalittoral et de l'étage infralittoral.

L'assise à gryphées

Les gryphées se sont installées à proximité du rivage, à l'écart des forts apports terrigènes et sur des fonds d'hydrodynamisme faible. Le biotope à courants modérés, à faible taux de sédimentation et un substrat meuble étaient favorables à leur développement. Plusieurs coupes montrent de nombreux exemplaires fossilisés en position de vie (les deux valves en connexion et la valve gauche bombée enfouie dans un fond vaseux). Ces gryphées sont généralement associées, dans les zones où la subsidence est la plus importante, à des bivalves libres tels que *Entolium* sp. et *Pseudopecten* sp. et à d'abondants silts quartzeux. Les quartz hétérométriques anguleux fournissent la preuve d'apports continentaux. Leur concentration est plus importante vers l'est, ce qui pourrait indiquer le développement de faciès de plus en plus proxi-miaux en allant d'ouest en est. A l'ouest, les gryphées constituent une lumachelle et sont associées à des oolithes ferrugineuses (probablement transportées). En direction de l'est, ces constituants sont dispersés dans d'épais niveaux marneux. La densité des coquilles baisse lors de l'augmentation du taux de sédimentation et de la profondeur.

(1) 3, rue Corne Basse 81 100 Castres.

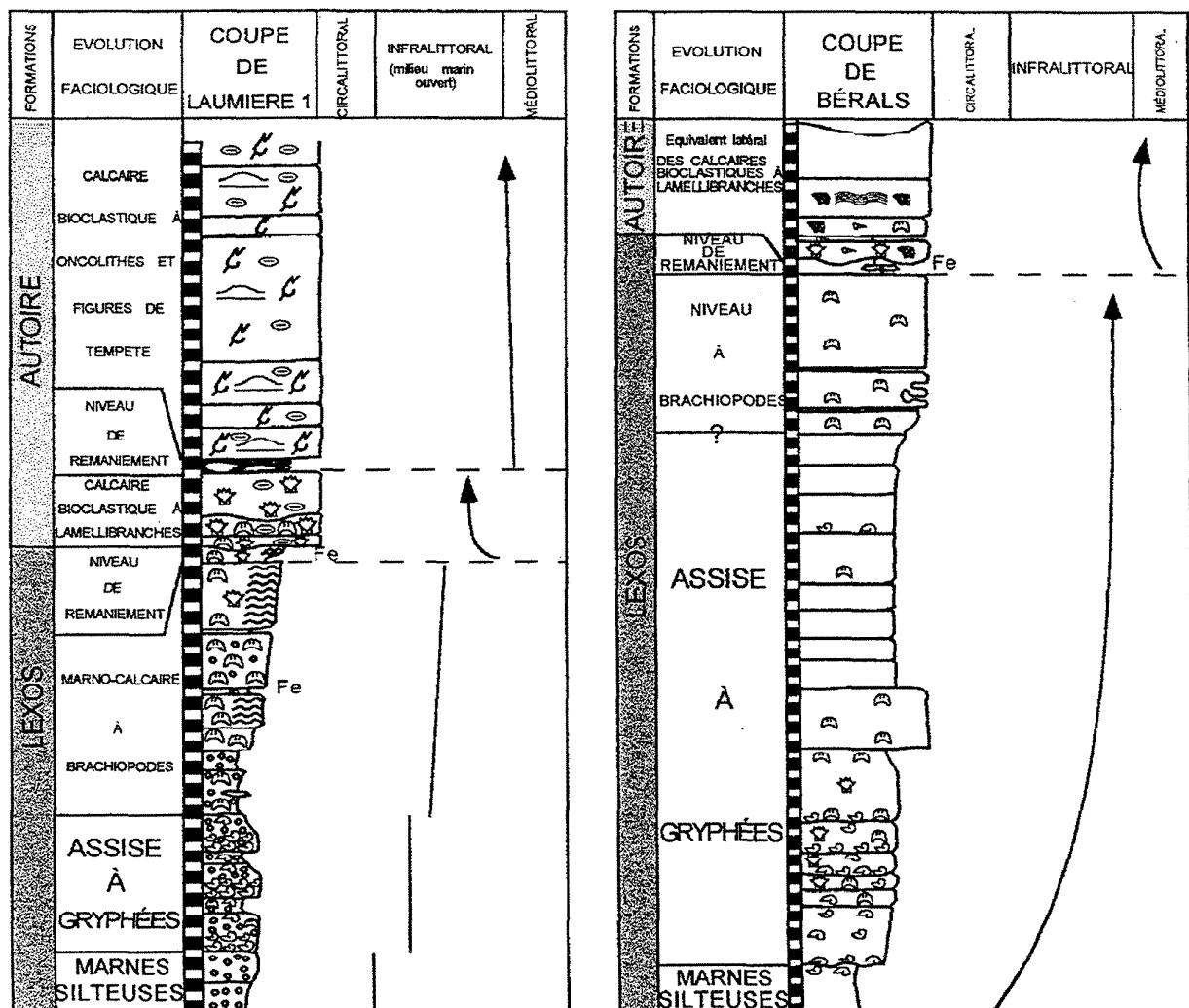


Fig. 3.- Evolution paléoenvironnementale dans le secteur de Villefranche.

Fig. 3.- Paleoenvironmental evolution in the Villefranche-de-Rouergue area.

Le contenu paléontologique, dans son ensemble, est caractéristique des milieux infralittoraux peu profonds (Cubaynes, 1986).

Le niveau à brachiopodes

Il correspond à des alternances de marnes calcaires et de calcaires argileux, avec une concentration croissante vers le haut d'*Homoeorhynchia cynocephala* et de *Zeilleria (Z.) lycetti*. Cette unité est de plus en plus calcaire en direction de l'est. Généralement, les *H. cynocephala* commencent à apparaître en petit nombre dans l'assise à gryphées. Lorsque les deux espèces de brachiopodes sont associées dans un banc, elles le sont en concentrations inégales. Le microfaciès dominant est constitué d'ooobiomicrites ou biomicrites

packstones à grainstones, avec de nombreux bioclastes de lamellibranches, échinodermes, nodosariidés, gastéropodes et brachiopodes associés à des silts quartzeux. Y. Alméras et G. Moulan (1982) ont indiqué comme facteurs favorables au développement et à l'installation des brachiopodes : un substrat de fixation, un taux de sédimentation faible ou nulle, des eaux claires et oxygénées et une énergie modérée ou faible permettant la fixation et le renouvellement de la matière organique en suspension. L'arrivée de brachiopodes semble être en relation avec l'évolution des dépôts vers le pôle carbonaté.

Le microfaciès passe progressivement d'un mudstone (marnes silteuses) à une biomicrite packstone (calcaire argileux à brachiopodes). Ce changement de faciès

(plus bioclastique et plus carbonaté) est en relation avec l'augmentation de l'énergie du milieu. Ainsi le contenu paléontologique et le faciès seraient caractéristiques de l'étage infralittoral sous une tranche d'eau plus faible que le niveau précédent.

Le niveau de remaniement daté de l'horizon à Buckmani

Une matrice de marnes argileuses renferme de nombreux nodules calcaires, une macrofaune mal conservée, remaniée des niveaux sous-jacents (gryphées, brachiopodes ou lamellibranches suivant les coupes et l'intensité de l'érosion). Ce niveau est aussi caractérisé par de riches associations d'ammonites (dont l'état de conservation est variable) et par une

croûte ferrugineuse au sommet (associée sur certaines coupes à du lignite).

Le niveau bioclastique à gros lamellibranches

Le microfaciès passe progressivement d'une biomicrite à microfaune faiblement remaniée à une biomicrosparite à composants paléontologiques bien conservés. Ce niveau voit apparaître les premiers oncolithes associés aux lamellibranches. En direction de la faille de Villefranche, le faciès passe à des calcaires faiblement bioclastiques dans lesquels on peut observer, ponctuellement, des structures algaires et stromatolitiques. Le microfaciès de la partie supérieure du niveau change, quant à lui, d'ouest en est, d'une biomicrosparite grainstone à une dolomicrosparite mudstone à wackestone. La présence des premiers oncolithes caractériserait toujours l'étage infralittoral mais la sédimentation se serait effectuée sous une tranche d'eau plus faible.

Ainsi, cette unité lithostratigraphique présente un caractère plus littoral à l'est qu'à l'ouest (argumentation paléontologique et faciologique). Dans ce même niveau, l'évolution du microfaciès et la présence de plus en plus affirmée d'oncolithes en allant vers le sommet indiquerait une nette tendance à la régression ou/et à la diminution de la profondeur.

Le niveau de remaniement aalénien

Les calcaires argileux sont riches en galets qui résultent d'un remaniement du niveau sous-jacent (calcaire bioclastique à lamellibranches). Le microfaciès correspond généralement à une biomicrosparite packstone caractérisée par le même contenu micropaléontologique que le niveau inférieur, mal conservé.

Le niveau bioclastique à oncolithes et à figures de tempête

Il s'agit de calcaires massifs contenant des oncolithes en nombre et en taille croissant vers le haut de la série. Ces oncolithes sont associés, vers l'ouest, à de nombreux bioclastes de lamellibranches, d'échinodermes, de bryozoaires et de nodosariidés dans un microfaciès biomicrosparitique à dolobiomicrosparitique. Vers l'est, les oncolithes sont beaucoup moins abondants et même très rares (Ginals,

Méjanet) ; ils sont accompagnés de nombreux microbioclastes et de gravelles.

Le microfaciès se caractérise à l'ouest par une biopelmicrosparite grainstone à abondants oncolithes de très grande taille (Ginouilhac) et à gravelles. En direction de l'est, il passe à une biomicrosparite graveleuse grainstone composée d'une accumulation de microbioclastes, de rares oncolithes alternant avec de rares niveaux à concentration d'échinodermes.

Les oncolithes, du fait de leur forme et de leur taille (Pélissié, 1982), se sont formés dans un milieu agité (énergie moyenne à forte) situé au-dessus de la limite de la zone photique. Le faciès à figures de tempête se présente sous forme de bancs à stratifications ondulées, à grande longueur d'onde et faible amplitude caractéristiques d'un faciès à stratification quasi-planaire (Ferry *et al.*, 1995). Lorsque l'énergie du milieu augmente, ce faciès alternent avec un faciès à HCS en accrétion verticale (Robin, 1995). Les faisceaux élémentaires, dont la structure interne correspondrait à des accumulations de coquilles (Guillocheau, 1983), se disposent en dômes et en dépressions. Ces deux types de faciès se rencontrent dans le shoreface et ainsi caractérisent une sédimentation proximale.

La polarité des marqueurs biologiques (augmentation de densité des microbioclastes vers l'est et disparition corrélative des oncolithes qui abondent dans les affleurements les plus occidentaux) pourrait indiquer un approfondissement du milieu de dépôt d'ouest en est.

En résumé, la reconstitution paléoenvironnementale témoigne d'une évolution générale régressive de la base au sommet. La sédimentation est de plus en plus proximale en direction de l'est durant le Toarcien supérieur et l'Aalénien basal. A l'Aalénien, le faciès acquiert un caractère moins profond vers l'ouest. On remarque, de plus, une nette diversification et concentration de la faune au niveau des hauts-fonds, au NW et au NNW. Ces deux caractéristiques s'atténuent en direction de l'ombilic, au SE et au ESE. Cette constatation rejoue les observations faites par Elmi *et al.* en Algérie occidentale (1989).

Corrélations biostratigraphiques et sédimentologiques

Les corrélations sont basées à la fois sur les découpages biostratigraphiques (pour le Toarcien supérieur et la base de l'Aalénien) et sur le découpage lithostratigraphique (pour l'Aalénien).

Divers transects ont été analysés.

Transect NNW-SSE passant par La Sarrette, Méjanet et Saint Rémy (fig. 4)

Les faits suivants peuvent être relevés :

- Toarcien supérieur (anté-Buckmani) : les corrélations révèlent une dilatation de la série compactée vers le SSE (60 cm à 4,10 m) et l'érosion des termes représentatifs de l'horizon à Lugdunense, puis de l'horizon à Celtica en direction du NNW.

- Horizon à Buckmani : son épaisseur est quasi constante sur l'ensemble des coupes. Il est limité à sa base par une surface érosive, et au sommet par une surface très légèrement ravinante.

- Aalénien basal (75 cm à 1,45 m) : ce niveau montre un épaississement vers le SSE, de la Sarrette à Méjanet. Plus au SSE, la troncature de la discontinuité D.10 ne permet pas d'apprécier l'épaisseur initiale de l'Aalénien.

- Niveau de remaniement intra-Aalénien : son épaisseur est quasi constante sur l'ensemble des coupes.

- Aalénien (calcaire à oncolithes) : la série se réduit très significativement vers le SSE.

Transect NW-SE passant par Ginals, Méjanet et Bérals (fig. 5)

- Toarcien supérieur (anté-Buckmani) : nous pouvons faire la même constatation que sur le précédent transect c'est-à-dire une dilatation de cette série vers le SE (50 cm à 3,65 m) associée à une érosion de l'horizon à Lugdunense (Méjanet).

- Aalénien basal : ce niveau s'épaissit également en allant vers le SE (40 cm à plus de 1,40 m).

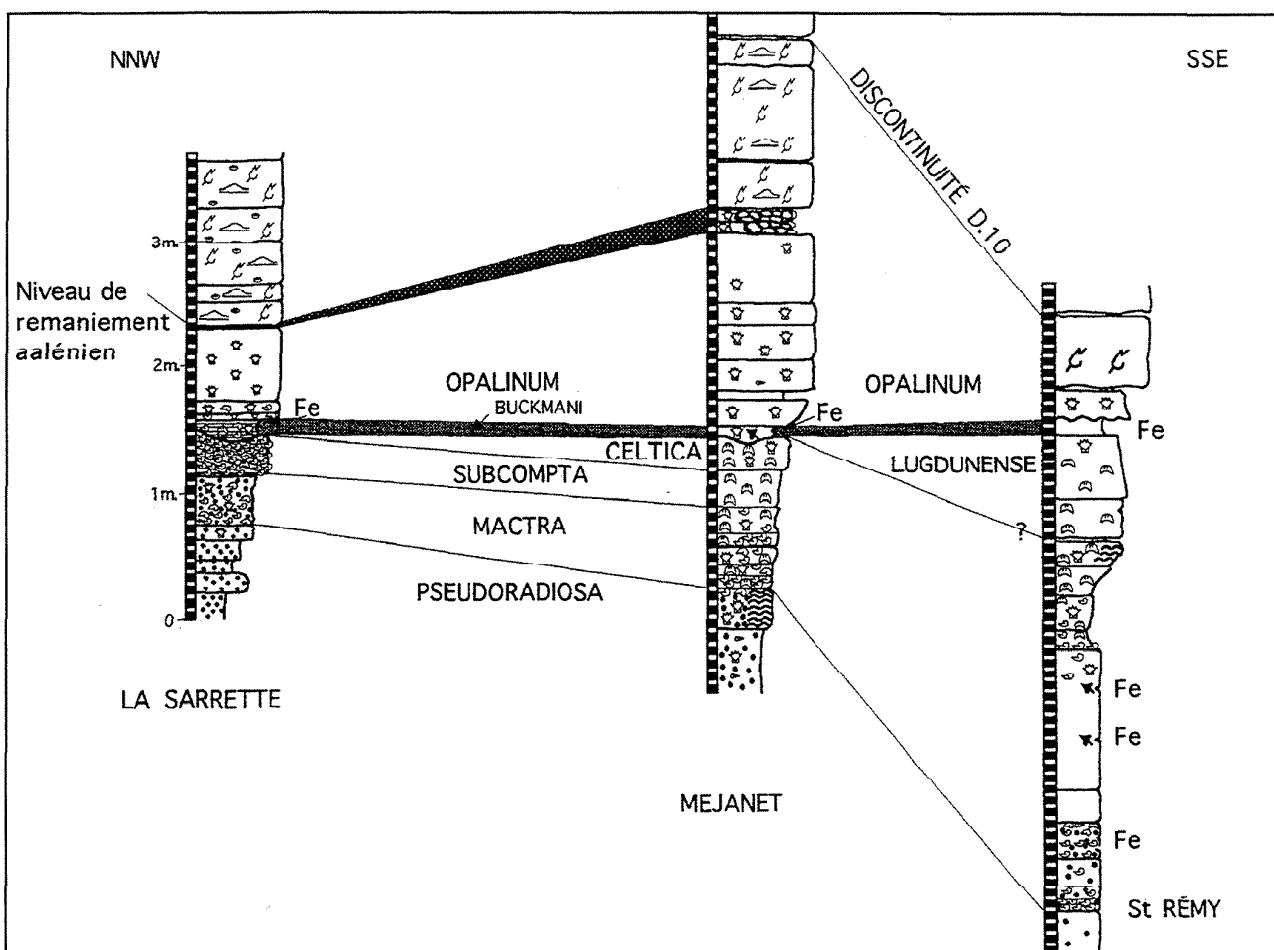


Fig. 4.- Corrélations biostratigraphiques et sédimentologiques (NNW-SSE).

Fig. 4.- Biostratigraphical and sedimentological correlations (NNW-SSE).

- Aalénien : ce niveau se réduit fortement en direction du SE (3 m à 1,30 m).

Transect SW-NE (Ginouilhac, La Sarrette, Ginals) (fig. 6)

- Toarcien supérieur (anté-Buckmani) : il est important de souligner la diminution d'épaisseur de la série vers le NE, avec le passage d'une série réduite (érosion de l'horizon à Lugdunense et à Celtica à la Sarrette) à une série condensée (présence de tous les horizons à Ginals).

- Aalénien basal : ce niveau se réduit nettement vers le NE (1,40 m à 40 cm).

- Aalénien : les calcaires bioclastiques à oncolithes s'épaissent en direction du nord-est.

En conclusion, l'analyse des faciès a précédemment montré que les zones les moins subsidentes, topographiquement les plus élevées, se caractérisent par une sédimentation calcaire dominante, des faciès de haute énergie et des condensations de faune ; tandis que les zones les plus subsidentes sont les plus basses et à dominantes marneuses au Toarcien supérieur. A l'Aalénien basal, des variations sédimentologiques sont, également, associées aux variations d'épaisseurs (cf. III, niveau bioclastique à gros lamellibranches).

Le passage Aalénien-Bajocien, se caractérise par une inversion des points hauts et des zones les plus basses.

Stratigraphie séquentielle (fig. 7)

Signification des niveaux de remaniement

Niveau de remaniement daté de l'horizon à Buckmani

Dans le secteur de Saint Rémy, la lacune, sous ce niveau de remaniement, est

d'importance croissante vers le NNW, soit par une érosion plus forte dans la direction de la zone haute de La Sarrette, soit par non-dépôt couvrant un intervalle de temps plus élevé dans cette même direction. Le caractère érosif plus affirmé à La Sarrette, le remaniement que l'on y observe de brachiopodes sous-jacents, l'absence d'indices d'émergence et la présence d'une série condensée à Ginals plaident en faveur de la première hypothèse.

A La Sarrette, le niveau de remaniement recouvre en onlap cette surface d'érosion et impliquerait donc une remontée du niveau marin, pendant sa sédimentation. D'un point de vue sédimentologique, il sépare deux unités en comblement, l'unité sus-jacente étant moins profonde.

La base du niveau de remaniement correspond, donc, à une surface érosive qui signale une chute brusque du niveau

marin confondu avec une surface de transgression.

Ces caractéristiques indiquent donc que le niveau de remaniement de l'horizon à Buckmani succède à une baisse du niveau marin relatif, suivie d'une reprise des sédiments lors de la remontée des eaux.

L'affleurement de Bérals présente un ensemble de petits blocs basculés, d'échelle métrique et à décalage centimétrique, dont le jeu est scellé par le niveau de remaniement.

Ce fait prouve qu'au moins localement la diminution de l'espace disponible est en relation avec une pulsation tectonique.

Niveau de remaniement aalénien

D'un point de vue sédimentologique et tout comme le niveau de remaniement sous-jacent, ce niveau sépare deux unités en comblement, la sus-jacente étant la moins profonde.

Le niveau de remaniement aalénien qui s'est formé par reprise de sédiments lors de la remontée des eaux, a donc une nature eustatique.

Les surfaces basales de chacun des niveaux de remaniement pourraient, donc, être interprétées comme les témoins d'une brusque réduction de l'espace disponible par baisse du niveau marin succédant (pour le niveau de remaniement intra-buckmani) à une phase de tectonique.

Évolution séquentielle

Du fait de leur épaisseur quasi constante, de l'uniformité des faciès, des dispositifs en onlap localement observés (La Sarrette), les deux niveaux de remaniements sont interprétés comme de minces intervalles transgressifs. Les surfaces basales érosives confondraient une limite de séquence et une surface de transgression accompagnées d'une reprise des dépôts sous-jacents de bas niveau ou de haut niveau, comme cela a été observé dans des dépôts de plage par Posamentier *et al.* (1993).

La synthèse de l'étude de l'évolution sédimentologique et paléoenvironnementale associée à l'analyse précise des

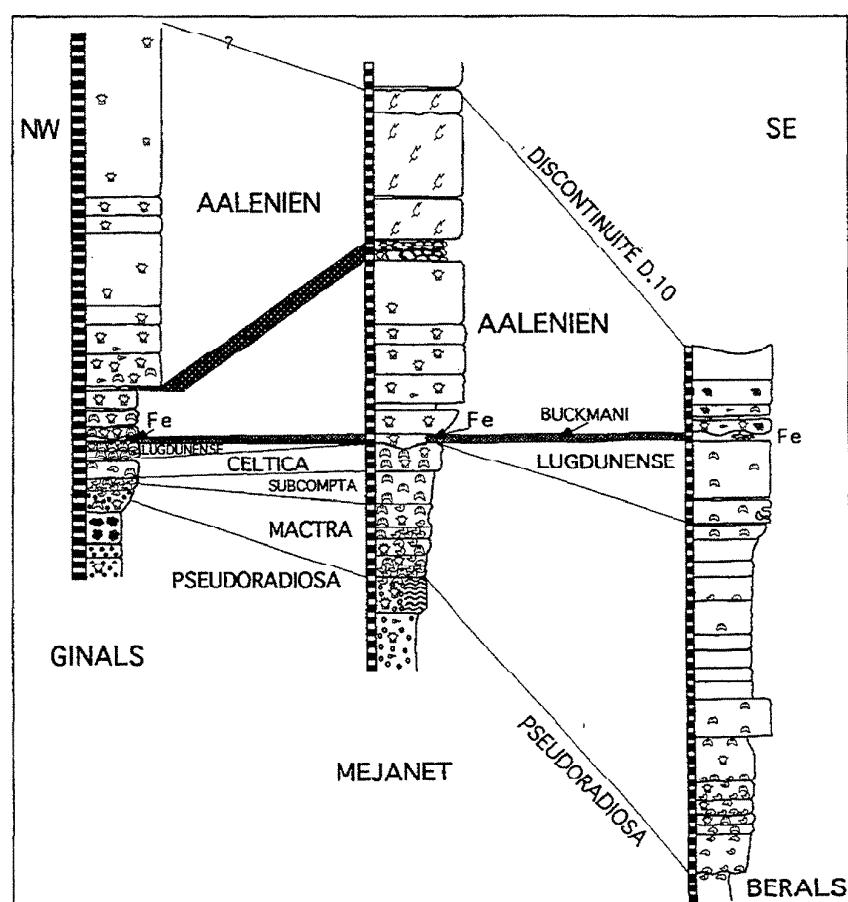


Fig. 5.- Corrélations biostratigraphiques et sédimentologiques (NW-SE).

Fig. 5.- Biostratigraphical and sedimentological correlations (NW-SE).

diverses discontinuités nous permettraient, ainsi, de définir trois séquences de dépôts qui se succèdent durant la période étudiée :

1) *Première séquence* : la diminution de profondeur lors du dépôt de la série anté-Buckmani permet d'y reconnaître un cortège de haut niveau. On se situe ainsi, au sommet d'une séquence de dépôt. Il semblerait que l'on puisse l'assimiler à la séquence Toa7 décrite par Rey *et al.* (1995).

2) *Seconde séquence* : le niveau de remaniement intra-Buckmani serait interprété comme intervalle transgressif dont la surface basale, érosive, d'origine tectono-eustatique correspondrait à la fois à une limite de séquence et à une surface de transgression. La surface basale de cette séquence daterait vraisemblablement de la partie sommitale de l'horizon à Lugdunense. L'absence de bas niveau, soit par non dépôt, soit par érosion ne

permet pas de la dater plus précisément. Le faciès bioclastique à abondants lamellibranches, déposé sous un tranché d'eau plus faible que précédemment, correspondrait à un nouveau cortège de haut niveau.

3) *Troisième séquence* : le niveau de remaniement aalénien pourrait correspondre à l'intervalle transgressif de cette nouvelle séquence. Sa surface basale, d'origine eustatique, correspondrait à la fois à une limite de séquence et à une surface de transgression. L'évolution bathymétrique permettrait d'associer le faciès à oncolithes à un nouveau cortège de haut niveau limité en son sommet par la discontinuité D.10.

Il apparaît quelques différences avec les séquences de dépôt décrites dans le sud du Quercy (Rey *et al.*, 1995) et dans le sud-est de la France (De Graciansky *et al.*, 1993). La limite supérieure de la séquence Toa7 est placée dans l'horizon à

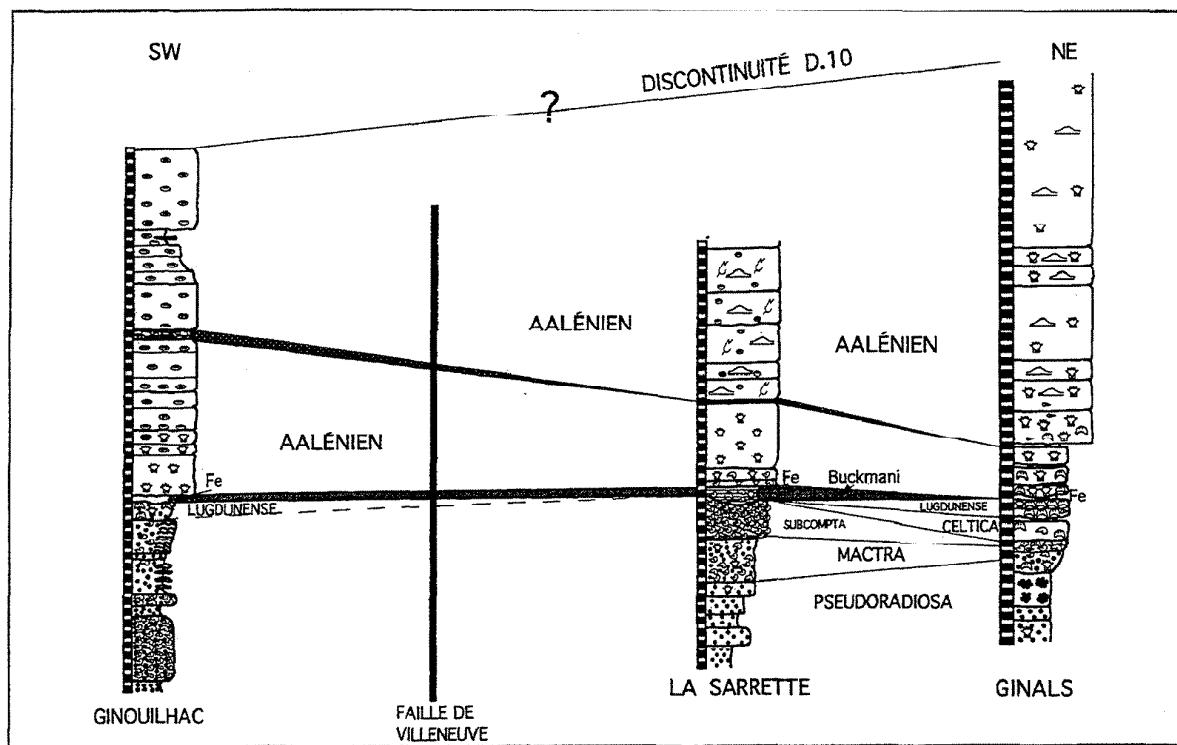


Fig. 6.- Corrélations biostratigraphiques et sédimentologiques (SW-NE).

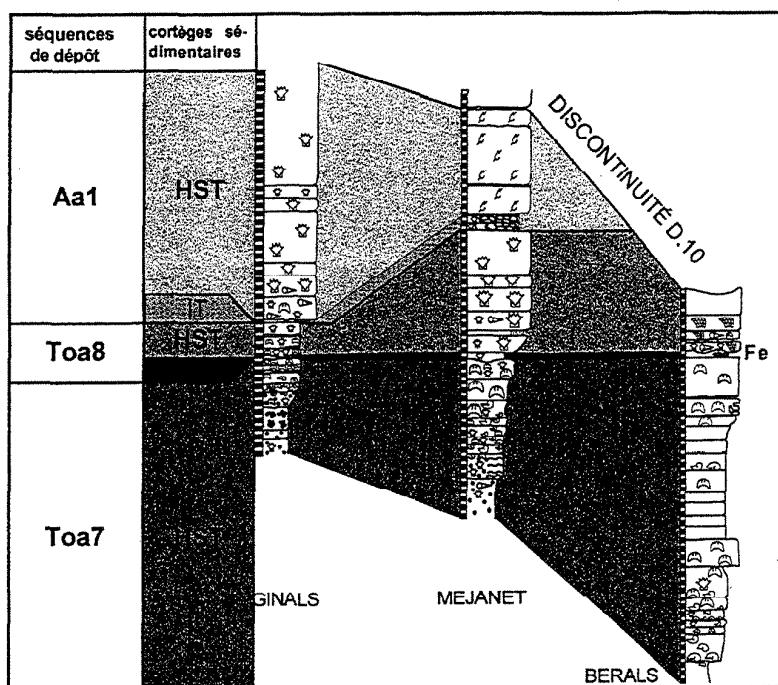
Fig. 6.- *Biostratigraphical and sedimentological correlations (SW-NE).*

Fig. 7.- Découpage et évolution séquentiels. HST : haut niveau marin, IT : intervalle transgressif.

Fig. 7.- *Sequence divisions and evolution. HST: highstand systems tract, IT: transgressive systems tract.*

Lugdunense et non dans l'horizon à Celtica (Rey *et al.*, 1995) ou au sommet de la sous-zone à Mactra (Dc Graciansky *et al.*, 1993), et la base de l'intervalle transgressif de la séquence Toa8 est datée de l'horizon à Buckmani.

Par ailleurs, d'après le découpage séquentiel de P.C. De Graciansky, la base de l'intervalle transgressif de la séquence Aa1 daterait de la partie supérieure de la sous-zone à Haugi. Aucun marqueur paléontologique ne permet, dans cette étude, d'admettre ou de réfuter cette attribution stratigraphique.

Évolution tectono-sédimentaire (fig. 8)

Durant le Lias et le Dogger, le secteur est sous l'influence du rifting thétysien. L'évolution latérale des faciès montre une sédimentation de plus en plus proximale en allant vers l'est durant le Toarcien supérieur et l'Aalénien basal, et un changement de polarité à l'Aalénien.

Les corrélations biostratigraphiques et sédimentologiques sur les divers tran-

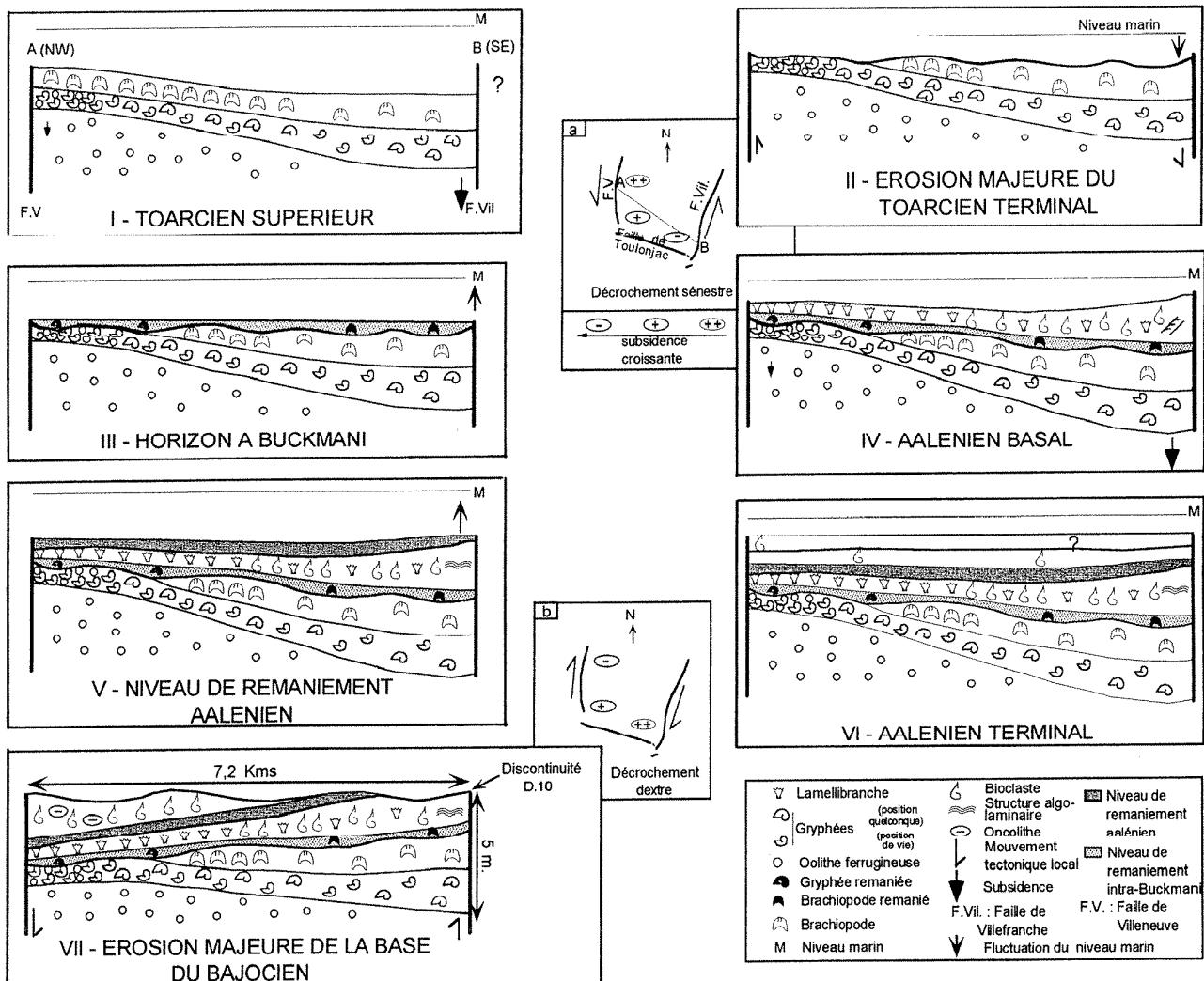


Fig. 8.- Evolution tectono-sédimentaire.

La ligne A-B portée dans la cartouche 8a correspond aux profils de répartition des faciès dessinés dans les cartouches I à VII. Il existe une distortion entre l'échelle des distances et l'échelle des épaisseurs.

Fig. 8.- Tectono-sedimentary evolution.

Line A-B on Fig. 8a corresponds to the facies distribution profiles in boxes I-VII. Different scales are used for the horizontal (~1:80,000) and vertical (~1:200) axes.

sects permettent d'identifier un coin subsident au SSE durant le Toarcien supérieur et l'Aalénien basal. Ce coin devient faiblement subsident durant l'Aalénien.

Les variations latérales de faciès, le changement de polarité de la subsidence différentielle, le caractère tectono-eustatique des diverses discontinuités et l'évolution géométrique des dépôts seraient liés à une dynamique de blocs, aux abords immédiats de la faille de Villefranche-de-Rouergue, comprenant plusieurs stades d'évolution au cours de la période étudiée.

Nous pouvons ainsi faire l'interprétation suivante, en considérant **sept stades d'évolution tectono-sédimentaire** :

1) Au Toarcien supérieur (anté-Buckmani), des séries marno-calcaires à calcaires se déposent sous l'influence d'une subsidence différentielle plus forte au SE et au SSE du secteur d'étude (fig. 8-I) ;

2) L'accentuation de la topographie par basculement et la chute brutale du niveau marin engendre une érosion importante des points les plus hauts. Cette éro-

sion est croissante en direction du NW comme le témoigne l'absence de l'horizon à Lugdunense à Méjanet et l'absence de l'horizon à Lugdunense et à Celta à La Sarrette (fig. 8-II) ;

3) Lors du dépôt de la série datée de l'horizon à Buckmani, l'extension généralisée et l'uniformité de l'épaisseur et du faciès de ce niveau semble indiquer un arrêt ou un fort ralentissement des contraintes tectoniques accompagné d'une pulsation eustatique (remontée des eaux) et d'un important remaniement (fig. 8-III) ;

4) Ensuite, on assiste à une reprise de la subsidence différentielle engendrée par la tectonique locale lors du dépôt de la série de l'Aalénien basal qui débute par une reprise de sédiments du niveau sous-jacent (fig. 8-IV) ;

5) La relative constance de l'épaisseur du niveau de remaniement aalénien pourrait indiquer un nouvel arrêt ou un ralentissement de la tectonique lors du dépôt de ce niveau intra-aalénien associé à une nouvelle pulsation eustatique (remontée des eaux) (fig. 8-V) ;

6) Pendant l'Aalénien, l'absence de variations latérales de faciès indiquerait une sédimentation relativement homogène et d'épaisseur constante à l'échelle du bloc de Saint Rémy (fig. 8-VI) ;

7) Le passage Aalénien-Bajocien se met en évidence par une surface érosive

majeure et par la présence des calcaires dolomitiques oolithiques. Il suit une nouvelle pulsation tectonique qui a engendré un changement de polarité de la subsidence différentielle (fig. 8-VII).

La disposition des failles majeures (faille de Villeneuve, faille de Villefranche-de-Rouergue et faille de Toulonjac) permet d'individualiser un bloc, le bloc de Saint Rémy qui pourrait être considéré comme un sous-bassin losangique.

Au sein de ce bloc, la localisation des zones subsidentes et des zones topographiquement hautes, le changement de polarité de la subsidence différentielle et les variations sédimentologiques associées témoigneraient d'une tectonique locale en décrochement (Crowel, 1974) engendrant un déplacement très faible et

des variations d'épaisseurs décimétriques à métriques.

Durant le Toarcien supérieur et l'Aalénien basal, le bloc de Saint Rémy est sous l'influence d'une tectonique locale en décrochement sénestre (fig. 8-a). Au passage Aalénien-Bajocien, le secteur est sous l'influence d'un décrochement dexter (fig. 8-b).

Ces changements tectoniques locaux pourraient être induits par des jeux alternés liés au rifting téthysien, d'une part, et à l'ouverture de l'Atlantique central, d'autre part.

Seule, une analyse plus générale, à l'échelle de la partie orientale du bassin d'Aquitaine, permettra de conforter et de préciser cette hypothèse argumentée seulement par des observations stratigraphiques locales.

Références

- Alméras Y., Moulan G. (1982) - Les Térébratulidés liasiques de Provence (paléontologie, biostratigraphie, paléoécologie, phylogénie). Docum. Lab. Géol. Lyon, 119 fig., 22 pl., 365 p.
- Crowel J.C. (1974) - Origin of late Cenozoic basins in southern California. *Tectonics and sedimentation Spec. Publ.* n°22, Soc. Econ. Pal. Min., 190-204.
- Cubaynes R. (1986) - Le Lias du Quercy méridional. Etude lithologique, biostratigraphie, paléoécologie et sédimentologie. *Strata*, (2), 6, 574 p.
- Cubaynes R., Fauré P. (1981) - Première analyse biostratigraphique du Lias supérieur du Sud-Quercy (bordure Nord-Est Aquitaine). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, (2), 292, 1031-1034.
- Cubaynes R., Fauré P., Hantzpergue P., Lefavrais-Raymond A., Pélissié T., Rey J. (1987) - Le Jurassique du Quercy. Généralités, livret-guide d'excursion. *Strata*, (2), 7, 159 p.
- Delfaud J. (1969) - Essai sur la géologie dynamique du domaine aquitano-pyrénéen durant le Jurassique et le Crétacé inférieur. Thèse Doc. Sci. Nat., Bordeaux.
- Elmi S., Alméras Y., Benshili K. (1989) - Influence de l'évolution paléogéographique sur les peuplements au cours du Lias dans le Moyen-Atlas marocain. *Sci. Géol. Mém.*, 83, 115-131.
- Elmi S., Rulleau L., Gabilly J., Mouterde R. (1997) - L'étage Toarcien. in Biostratigraphie du Jurassique ouest européen et méditerranéen (Cariou E. et Hantzpergue P. Coord.). *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine*, sous presse.
- Ferry S., Mangold C. (1995) - Faciès de dépôt et stratigraphie séquentielle des calcaires bajociens du Jura méridional. Docum. Lab. Géol. Lyon, n° 133, 96 p.
- Gabilly J., Cariou E., Hantzpergue P. (1985) - Les grandes discontinuités stratigraphiques au Jurassique : témoins d'événements eustatiques, biologiques et sédimentaires. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), I, 3, 391-401.
- Guillocheau F. (1983) - Les dépôts de tempêtes : le modèle de l'Ordovicien moyen ouest-armoricain. Thèse de Doct. de 3^e cycle. Université de Bretagne occidentale, 223 p.
- Graciansky P.C., Dardeau G., Dumont T., Jacquin T., Marchand D., Mouterde R., Vail P.R. (1993) - Depositional sequence cycles, transgressive-regressive facies cycles, and extensional tectonics : example from the southern Subalpine Jurassic basin, France. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 164, n° 5, 709-718.
- Pélissié T. (1982) - Le causse jurassique de Limogne-en-Quercy : stratigraphie, sédimentologie, structure. Thèse de 3^e cycle, 281 p.
- Pélissié T., Astruc J.G. (1996) - Tectonique synsédimentaire et dissolution d'évaporites dans les dépôts du Jurassique moyen et supérieur des Causses du Quercy. *Géologie de la France*, n° 4, 23-32.
- Posamentier H.W., Chamberlain C.J. (1993) - Sequence - Stratigraphic analysis of viking formation lowstand beach deposit at Joarcam Field, Alberta, Canada. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment.*, 18, 469-485.
- Rey J., Cubaynes R., Fauré P., Brunel F., Qajoun A. (1995) - Les séquences de dépôt et cycles Transgressifs-Régressifs du Lias moyen et supérieur du Quercy (Aquitaine oriental). *Strata*, (1), 7, 60-62.
- Robin Y. (1995) - Sédimentologie de faciès et analyse séquentielle du Bajocien du Jura. DEA Paléontologie, Dynamique sédimentaire et Chronologie. Inédit, 50 p.
- Sadki D. (1992) - Les variations de faciès et les discontinuités de sédimentation dans le Lias - Dogger du Haut-Atlas central (Maroc) : chronologie, caractérisation, corrélations. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 163, n°2, 179-186.