

# Synthèse en termes de stratigraphie séquentielle du Dogger et de la base du Malm dans les Grands Causses\*

Richard CISZAK (1)  
Bernard PEYBERNÈS (1)  
Jacques THIERRY (2)  
Philippe FAURÉ (1)

*Sequence stratigraphy synthesis of the Dogger-Early Malm series in the Grands Causses area*

Géologie de la France, n° 4, 1999, pp. 45-58, 5 fig.

Mots-clés : Stratigraphie séquentielle, Dogger, Oxfordien, Faune ammonite, Faune brachiopode, Grands Causses.

Key words: Sequence stratigraphy, Dogger, Oxfordian, Ammonoids, Brachiopods, Grands Causses.

## Résumé

*La série-type du Dogger et de la base du Malm dans les Grands Causses est agencée en séquences de dépôt généralement révélées par des intervalles condensés à concentration d'ammonites et de brachiopodes. Ces repères biostratigraphiques à valeur d'isochrones permettent de proposer des corrélations avec les cycles eustatiques de moyenne (3<sup>ème</sup> ordre) et de basse fréquence (2<sup>ème</sup> ordre) reconnus par ailleurs dans les domaines subméditerranéen et subboréal de l'Europe occidentale. Ces fluctuations eustatiques se développent durant une période d'instabilité tectonique en distension quasi permanente dont une des phases paroxysmales a induit l'émergence d'une large partie de la plate-forme caussearde, au passage Bajocien-Bathonien, puis son ennoiement sous de faibles épaisseurs d'eau, à partir du Bathonien moyen. Ces événements tectono-eustatiques, modifiant les conditions du milieu de vie, gèrent ainsi la composition et la distribution de la biophase. Les ammonites, encore présentes lors des périodes d'inondation maximale de l'Aalénien et*

*du Bajocien inférieur (cycle régressif-transgressif C1), ne subsistent plus au Bajocien supérieur-Bathonien, pour ne réapparaître ponctuellement qu'au Callovien (cycle régressif-transgressif C2). Elles sont remplacées par des communautés benthiques à brachiopodes mieux adaptées à une faible bathymétrie et des conditions encore marines mais proches de l'émergence.*

## Abstract

*The characteristic Dogger-Early Malm series in the Grands Causses area (south of France) can be subdivided into several depositional sequences that are mainly marked by their ammonite- and brachiopod-bearing condensed intervals. These biostratigraphic key markers, regarded as isochrons, are used to propose correlations with the medium- (3<sup>rd</sup> order) and low- (2<sup>nd</sup> order) frequency eustatic cycles already established in other regions of Western Europe (submediterranean and subboreal realms). Such eustatic fluctuations occurred within a period of extensional tectonic instability, more or less permanent, characterized by peaks that induced the emergence of a large part of the*

*shelf (Bajocian-Bathonian transition), followed by its flooding from the Middle Bathonian under shallow water. These tectonic/eustatic events not only modified the environmental conditions, but also controlled the composition and distribution of the palaeontologic assemblages. Ammonites, still present during the maximum flooding periods of the Aalenian and Early Bajocian (regressive-transgressive cycle C1) disappeared during the Late Bajocian-Bathonian only to return punctually from the Callovian (regressive-transgressive cycle C2). During the Late Bajocian-Bathonian interval, they were replaced by benthonic assemblages of brachiopods, well adapted to shallow marine environments locally submitted to emersion.*

## Introduction

Une synthèse régionale, en termes de stratigraphie séquentielle, du référentiel du Dogger et de la base du Malm affleurant dans la partie centrale et orientale des Grands Causses, au nord du Larzac, est proposée. Elle se fonde sur l'analyse des faciès recensés dans une trentaine de coupes levées sur l'ensemble du secteur

\* Manuscrit reçu le 6 octobre 1999, accepté le 5 janvier 2000.

1) Université Paul Sabatier, Toulouse III, Laboratoire Dynamique des Bassins sédimentaires, 39 Allées Jules-Guesde, 31062 Toulouse Cedex, France.

2) Université de Bourgogne, Centre des Sciences de la Terre & UMR CNRS 5561 « Biogéosciences - Dijon », 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France.

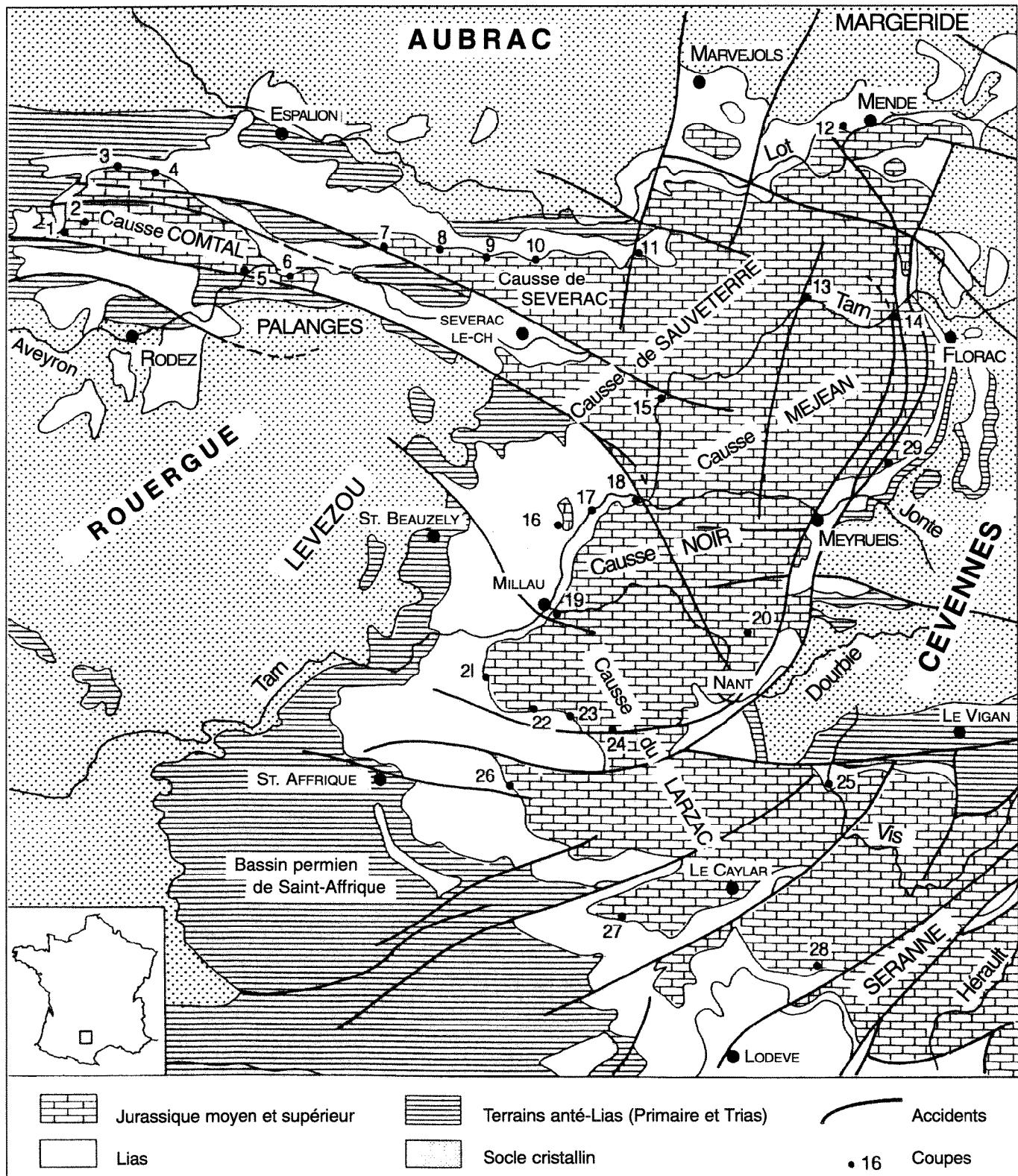


Fig. 1.- Carte géologique simplifiée des Grands Causses et situation des principales coupes étudiées (numéros) :

1 : Salles-la-Source, 2 : Pech Hiver, 3 : Muret-le-Château, 4 : Rodelle/Clamensonnerie, 5 : Gages, 6 : Bertholène, 7 : Galinières, 8 : Lenne, 9 : Lestang (Saint-Saturnin-de-Lenne), 10 : Campagnac, 11 : La Canourgue, 12 : Changefège, 13 : Sainte-Enimie, 14 : Chambonnet, 15 : Les Vignes, 16 : Compeyre, 17 : Rivière-sur-Tarn, 18 : Peyreleau, 19 : Millau, 20 : Saint-Sulpice, 21 : Saint-Geniez-de-Bertrand, 22 : Saint-Rome-de-Cernon, 23 : Lapanouse-de-Cernon, 24 : La Cavalerie, 25 : Alzon, 26 : Viala-du-Pas-de-Jaux, 27 : Le Clapier, 28 : Saint-Pierre-La-Fage, 29 : Col de Perjuret.

Fig. 1.- Geological sketch map of the Grands Causses and location of the main studied sections (see above for numbers and localities).

concerné (fig.1) et sur la reconstitution des milieux de dépôts correspondants. Les séquences de dépôt de 3<sup>ème</sup> ordre (SD), repérées dans l'intervalle Aalénien-Oxfordien inférieur apparaissent limitées par des discontinuités majeures coïncidant, comme par exemple au Bajocien ou au Bathonien, avec des surfaces interprétées comme des surfaces de régression maximale liées à des érosions subaériennes. Ces séquences sont identifiées généralement, soit par leur intervalle transgressif, constitué le plus souvent par des dépôts oolithiques ou bioclastiques, de haute énergie, soit par leur intervalle condensé repéré par des concentrations de macrofaune (ammonites ou/et brachiopodes). La description de ces séquences constitue l'objet du présent article. Elles se succèdent au sein de deux cycles régressif-transgressif de 2<sup>ème</sup> ordre (Jacquin *et al.*, 1992 et 1998) que nous nous proposons de décrire ici sous la nomenclature C1 et C2. Cette analyse permet, à partir des données biostratigraphiques les plus récentes bien souvent inédites obtenues par notre équipe sur le secteur, d'établir la succession des événements sédimentaires liée non seulement aux fluctuations du niveau marin mais surtout à une activité tectonique en extension active qui a façonné en blocs (seuil de Villefranche-de-Rouergue, seuil cévenol) et en grabens (graben des Grands Causses) ce secteur relativement excentré de la paléomarge ouest-téthysienne (Peybernès et Pélissié, 1985).

### Dynamique sédimentaire au 2<sup>ème</sup> ordre

**Les dépôts de l'intervalle Aalénien-Oxfordien inférieur** se répartissent dans deux cycles régressif-transgressif de 2<sup>ème</sup> ordre, appelés ici C1 et C2 (fig. 2), corrélables aux cycles de même ordre R1/T1 et R2/T2 définis en Europe (Jacquin *et al.* in Hardenbol *et al.*, 1998).

*Pendant le demi-cycle régressif R1 de C1, la sédimentation marneuse terrigène de bassin qui prévalait pendant le Toarcien moyen-supérieur jusqu'au dépôt des marnes noires euxiniques, à *Pleydellia*, de la zone à *Aalensis*, évolue progressivement (tendance bathydécroissante) vers une sédimentation carbonatée de rampe homoclinale distale avec les « Calcaires à miches » puis les « Calcaires à*

*Zoophycos* » d'âge Aalénien inférieur (zone à *Opalinum*) et moyen (zone à *Murchisonae*) à la fin duquel cette sédimentation devient plus proximale avec les calcaires à entroques (« entroquite »).

*Pendant le demi-cycle transgressif T1 de C1, la tendance s'inverse et devient bathydécroissante et transgressive avec, pour première étape, à l'Aalénien supérieur [probable car encore non daté, sauf en un point, à Alzon (25, fig. 1)], l'installation de barres oobioclastiques (« Calcaires oolithiques de Campagnac »), rétrogradantes sur une plate-forme homoclinale très probablement émergée à l'ouest (lacune). Au-dessus, le dépôt des dolomies noires (« Dolomies I ») du Bajocien inférieur résulte d'une nouvelle phase d'inondation masquée par le caractère secondaire de la dolomitisation ; ces dolomies correspondent en effet à une ouverture du milieu matérialisée par la présence ponctuelle d'ammonites de la zone à *Humphriesia num* (sommet du Bajocien inférieur) dans l'axe du graben des Grands Causses. Ces dolomies enregistrent donc l'enniolement maximal du domaine des Grands Causses au Bajocien.*

*Le demi-cycle régressif R2 de C2 débute avec des dépôts paralliques de domaine inter- à supratidal (lignites) et de lagon (calcaires à foraminifères benthiques) exprimés notamment dans le Causse Comtal par les « Calcaires de Muret-le-Château » (sommet du Bajocien inférieur probable). Les « Calcaires oolithiques blancs » (Bajocien supérieur) qui leur succèdent montrent une organisation complexe de barres oolithiques et bioclastiques, accumulées sous l'influence des vagues et des marées, et de dépôts plus fins de milieux protégés. Ils enregistrent successivement une phase d'inondation, qui n'atteint pas l'extension paléogéographique des « Dolomies I » sous-jacentes, puis une phase de progradation marquée à leur sommet par des indices d'émersion (dissolution et karstification). A la base du Bathonien, des dépôts lenticulaires de calcarénites, peu épais et d'extension limitée à la bordure orientale des Grands Causses, signent encore une nouvelle et brève inondation. Celle-ci est suivie, à la fin du Bathonien inférieur, par une régression généralisée accentuée par le jeu de failles synsédimentaires (régression forcée), conduisant localement à la formation de paléosols. Certaines de ces failles ont vrai-*

semblablement permis la montée de magmas fluides tels les basaltes des Vignes.

*Le demi-cycle transgressif T2 de C2 se situe dans l'intervalle Bathonien moyen - Bathonien supérieur ; il se caractérise par le dépôt des « Calcaires à stipites ». Ceux-ci proviennent d'une sédimentation carbonatée et/ou argileuse dans des conditions le plus souvent très proches de l'émersion, comme le révèlent des surfaces karstiques (Charcosset, 1998, Charcosset *et al.*, 2000), des sols palustres (racines), et, également, l'accumulation de débris charbonneux (« stipites ») jadis exploités comme combustible. La paléoprofondeur pourrait ensuite augmenter comme le montre, au Callovien *s.l.*, le dépôt de calcaires massifs, bioclastiques à graveleux, renfermant parfois de grandes trocholines (Alzon) et largement dolomitises secondairement (= Dolomies II). L'enniolement maximal s'exprime par la réapparition d'ammonites (au Callovien moyen) et la fréquence des lacunes de sédimentation et des niveaux condensés ; il culmine avec les dépôts glauconieux à très faible taux de sédimentation de l'Oxfordien inférieur (zone à *Cordatum*) reconnus, à l'est, dans le Causse Méjean (Marchand *et al.*, 1983).*

**Les dépôts de l'Oxfordien moyen et supérieur**, dont l'enchaînement en séquences n'a pas encore fait l'objet d'une étude détaillée, constituerait le demi-cycle régressif R3 (Jacquin *et al.*, in Hardenbol *et al.*, 1998) d'un nouveau cycle C3.

### Cycles régressif-transgressif et séquences de dépôt de 3<sup>ème</sup> ordre

#### Cycle C1 (Toarcien moyen ? à Bajocien inférieur)

Le cycle C1 débuterait, comme c'est généralement le cas en Europe occidentale, dans le Toarcien moyen, zone à *Bifrons* (Graciansky *et al.*, 1993, Jacquin *et al.*, in Hardenbol *et al.*, 1998). Le Toarcien terminal (zone à *Aalensis*) est représenté sur la bordure occidentale des Grands Causses, notamment à Compayre/Pech de Luzergue, Rivièrel-sur-Tarn, Saint-Geniez-de-Bertrand et Lapanouse-de-Cernon, (16, 17, 21, 23, fig. 1) par des marnes noires limitées à leur base par une

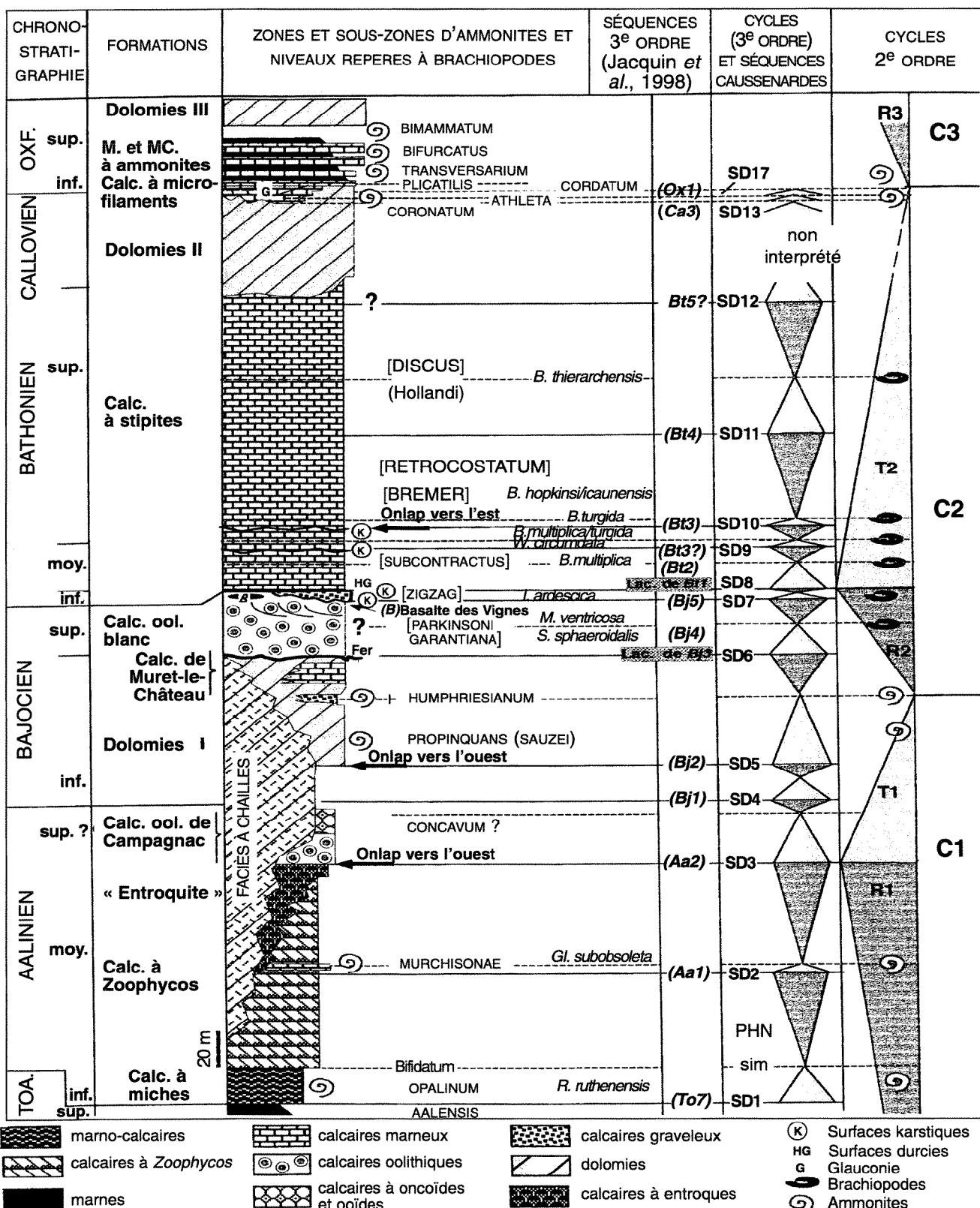


Fig. 2.- Stratigraphie séquentielle de la série aaléno-oxfordienne des Grands Causses. Les séquences de dépôt SD (3<sup>ème</sup> ordre) sont corrélées avec les unités séquentielles de Jacquin *et al.* (*in* Hardenbol *et al.*, 1998) reconnues en Europe. La présence des faunes d'ammonites (zones en lettres majuscules) et/ou de brachiopodes (lettres en italiques) est reportée sur les cycles de faciès régressif (R) - transgressif (T) de 2<sup>ème</sup> ordre, reconnus pour cette période. Les brachiopodes sont considérés comme des espèces-indices déterminant des « zones » corrélées avec les zones d'ammonites (entre parenthèses) selon une échelle biozonale établie pour le domaine nord-téthysien (Alméras *et al.*, 1992).

Fig. 2.- Sequence stratigraphy in the Aalenian-Oxfordian interval of the Grands Causses series. Correlations between the depositional sequences SD (3<sup>rd</sup> order) and sequential units of Hardenbol *et al.* (1998). The presence of ammonites (zones with capitals) and/or brachiopods (italics) is reported on the 2<sup>nd</sup> order regressive/transgressive facies cycles.

discrète discontinuité ferrugineuse. Elles renferment, à quelques mètres de leur sommet, des petits nodules et de nombreuses ammonites, dont *Pleydellia buckmani* Maub., *P. lotharingica* (Branco), *P. falcifer* Maub., *P. fluitans* (Dum.), *P. gr. folleata* (Buck.), *P. leura* Buck., *P. sp. aff. subcandida* Buck. et *Alococytoceras* sp., qui signent la sous-zone à *Lugdunensis* (= sous-zone à *Fluitans auct.*), horizon à *Buckmani*. Le cycle C1 se poursuit dans l'Aalénien par une succession de séquences de dépôt du 3<sup>ème</sup> ordre notées SD1, SD2, SD3, SD4 et du seul intervalle transgressif de la séquence SD5 (fig. 2).

Ce cycle C1 peut apparaître partiellement masqué par une dolomitisation secondaire plus ou moins intense. Celle-ci s'accompagne d'une silicification composite soit concentrée dans des rognons isolés (chailles), souvent alignés dans la stratification, soit épigénisant les bancs dans leur totalité (« Calcaires/dolomies à chailles »).

#### Demi-cycle régressif R1 (Aalénien inférieur et moyen)

Deux séquences de 3<sup>ème</sup> ordre, SD1 et SD2, lui sont rapportées. Ce sont essentiellement des séquences de comblement (Jacquin *et al.*, 1992) dépourvues de prisme de bas niveau marin ; chacune d'elle comporte en effet, un intervalle transgressif (IT), peu épais (quelques mètres) comparativement au prisme de haut niveau marin (PHN) pluridécamétrique.

L'intervalle transgressif (4 à 6 m) de la **séquence SD1** correspond à une alternance de marnes et de marno-calcaires, à débit en boules (« Calcaires à miches ») et à ammonites, remplacés parfois par des bancs lumachelliques très riches en *Rhynchonelloidea ruthenensis* (Reynes) (fig. 2) caractérisant (Alméras *et al.*, 1997) la zone à *Opalinum* (Aalénien inférieur). Les ammonites *Leioceras (Cypholeioceras) gr. opaliniforme* Buck. et *Phylloceras* sp. gr. *P. perplanum* Prinz récoltées sur la bordure nord du Causse de Séverac, à La Canourgue (11, fig. 1), situent le début de l'intervalle transgressif dans la sous-zone à *Opalinum* (base de la zone à *Opalinum*). Par ailleurs, l'abondance des ammonites récoltées sur plusieurs coupes [Rivière-sur-Tarn, Compeyre, Millau et Col de Perjuret au nord de Meyrueis (fig. 3)] : *Leioceras (Cylicoceras) uncinatum* Buck., *Lytoceras*

sp., *Leioceras gr. opalinum* (Rein.), *Plannammatoceras* sp. aff. *planinsigne* (Vacek), *Ericytes* sp. aff. *fallifax* Arkell, *Leioceras (Cypholeioceras) gr. bifidatum* (Buck), *Breydia alleoni* (Dum.), *Leioceras comptum* (Rein.) et *Tmetoceras scissum* (Ben.) permet de placer le premier maximum d'inondation de ce demi-cycle dans la sous-zone à *Bifidatum* (sommet de la zone à *Opalinum*). Le PHN (20-30 m) est constitué par l'empilement de parassequences stratocroissantes constituées de calcaires marneux bleutés très riches en ichnofossiles de type *Zoophycos*. Compte tenu de la datation établie par ammonites, nous corrélons SD1 avec la séquence To7 de Jacquin *et al.* (1998). A l'image de To7, SD1 pourrait débuter avec la zone à *Aalensis* (sous-zone à *Lugdunensis*), au moins dans les coupes où cette zone a été caractérisée.

**La séquence de dépôt SD2** (fig. 2) est révélée par une discrète phase d'inondation à macrofaune localement bien exprimée. Par exemple, dans l'exceptionnelle coupe de Saint-Rome-de-Cernon/R.D. 999 (22, fig. 1), l'intervalle condensé de SD2 (fig. 4) comporte deux interlits centimétriques plus marneux, séparés par un banc calcaire (0,10 m), et renferme de nombreux brachiopodes, lamellibranches (trigones), bryozoaires, gastéropodes, ainsi que des ammonites. Des espèces des deux sous-zones, à *Haugi* et à *Murchisonae*, de la zone à *Murchisonae* (Aalénien moyen), superposées, y ont été récoltées. Dans l'interlit marno-calcaire inférieur et les bancs calcaires qui l'encadrent, des brachiopodes (dét. Y. Alméras) [*Globirhynchia subobsoleta* (Davidson), *Homoeorhynchia ringens* (V. Buch), *Conarothyris walteri* (Alméras et Moulan)] et une association d'ammonites, dont *Staufenia gr. sinon* (Bayle), *Ludwigia (Welchia) haugi* Douv., *Ancolioceras gr. opalinoides* Mayer et *Pseudographoceras* sp. signent la sous-zone à *Haugi* (zone à *Opalinoides auct.*). L'interlit marneux supérieur (0,40 m), interprété comme le maximum d'inondation, renferme *Ludwigia murchisonae* (Sow), *L. (Welchia) cf. crassa* Horn, *Pseudographoceras* sp. et *G. subobsoleta* de la sous-zone à *Murchisonae*. Son toit est constitué par un banc de calcaire à chailles (0,30 m), renfermant de rares ammonites et de nombreux brachiopodes (*H. ringens* et *C. walteri*), considéré comme le premier terme du cortège de haut niveau marin formé en grande partie

par des « Calcaires à *Zoophycos* » à chailles plus ou moins fréquentes. Dans le lit de la Vis (bordure sud cévenole), en aval d'Alzon (25, fig. 1), l'inondation maximale dans la zone à *Murchisonae* est nettement exprimée au sein des « Calcaires à *Zoophycos* » par un banc (0,25 m) de calcaires marneux très riches en lamellibranches et en ammonites (fig. 4) telles que *Ludwigia gr. murchisonae* (Sow.), *L. gr. haugi* Douv., *L. (Pseudographoceras) gr. litterata* Buck., *L. (Pseudographoceras) sp.*, *Staufenia opalinoides* (Mayer), *Staufenia* sp. et *Phylloceras* sp. signant la sous-zone à *Murchisonae* (partie inférieure). Dans les coupes de Millau et du Col de Perjuret (20 et 29, fig. 1) affleurent à ce niveau des bancs dolomités, à chailles, livrant *Ancolioceras opalinoides* (sous-zone à *Haugi*) ; en revanche celles de Peyreleau (18, fig. 1) et de Nant ne montrent que des débris d'ammonites indéterminables, de bélémnites et de brachiopodes. Cette séquence SD2 peut être corrélée avec la séquence Aa1 de Jacquin *et al.* (1998).

Sur la bordure septentrionale du Causse de Séverac (fig. 5 et Ciszak *et al.*, 1996), cette séquence SD2 est essentiellement formée par des calcaires argileux à rares *Zoophycos* mais très riches en débris de crinoïdes, constituant de véritables « entroques ». Ces calcaires bioclastiques fortement bioturbés, stratodécroissants, sont interprétés comme les dépôts de l'IT de la séquence SD2. En revanche, dans l'axe du graben, ce faciès de haute énergie s'intercale dans la partie supérieure des « Calcaires à *Zoophycos* » constituant le PHN de cette même séquence.

Ces dépôts bioclastiques à crinoïdes, progradants dans leur ensemble en direction de l'axe du graben des Grands Causses, coïncident avec une chute du niveau de base. A l'échelle du cycle de 2<sup>ème</sup> ordre, cette chute serait notamment liée à la tendance régressive qui culmine à la fin de l'Aalénien moyen ; elle pourrait être synchrone de celle identifiée par Graciansky *et al.* (1993) et Jacquin *et al.* (1998), au sommet de la sous-zone à *Bradfordensis*. La surface de ravinement, nettement exprimée à l'interface entre ces calcaires à entroques et les « Calcaires oolithiques de Campagnac » sus-jacents marquerait ainsi le maximum de régression (« *tectonically enhanced unconfor-*

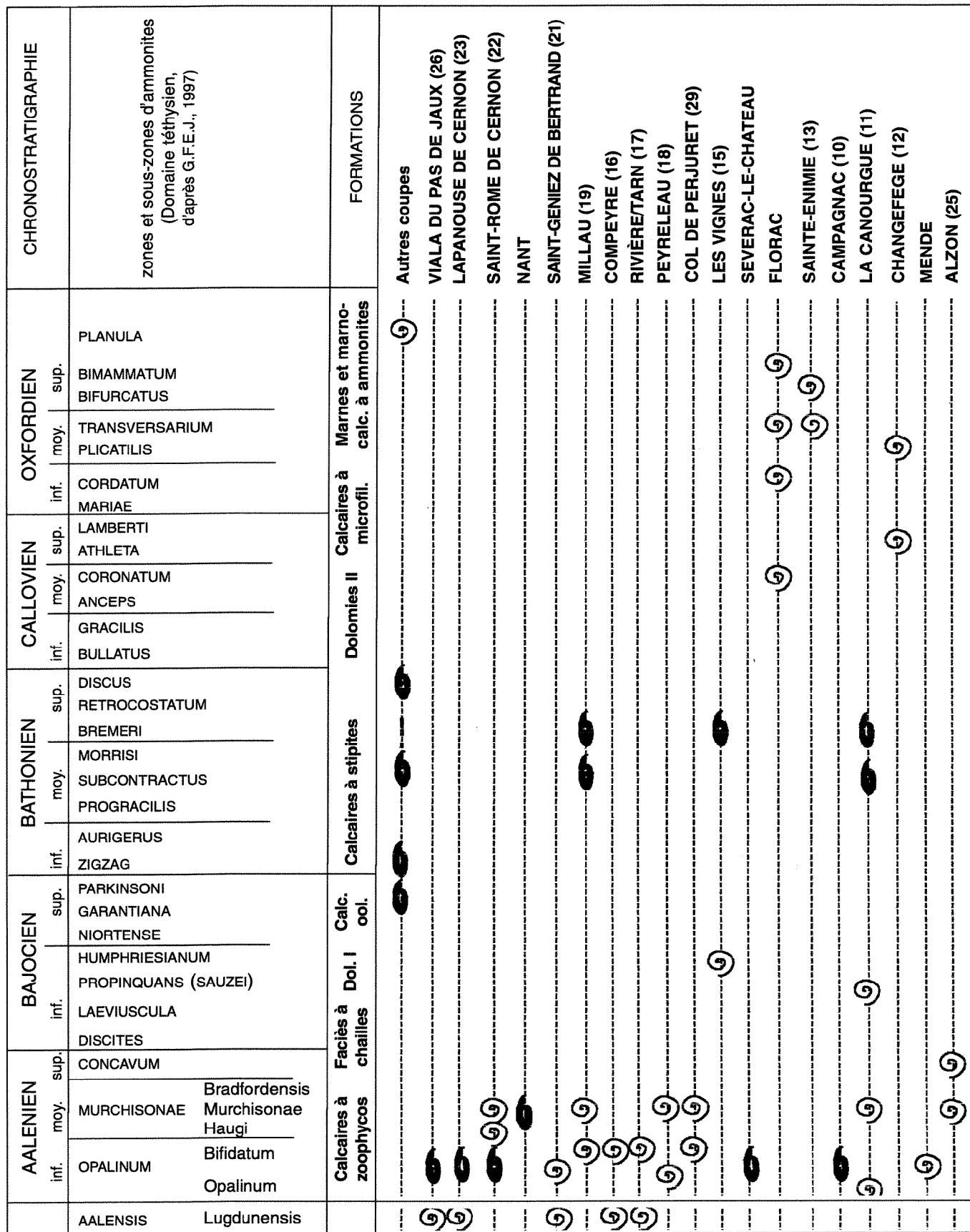


Fig. 3.- Distribution des ammonites et des brachiopodes sur les coupes et affleurements de la série aaléno-oxfordienne des Grands Causses (les numéros renvoient à la figure 1).

Fig. 3. - Distribution of ammonites and brachiopods from Aalenian-Oxfordian outcrops of the Grands Causses area (see Fig. 1 for numbers).

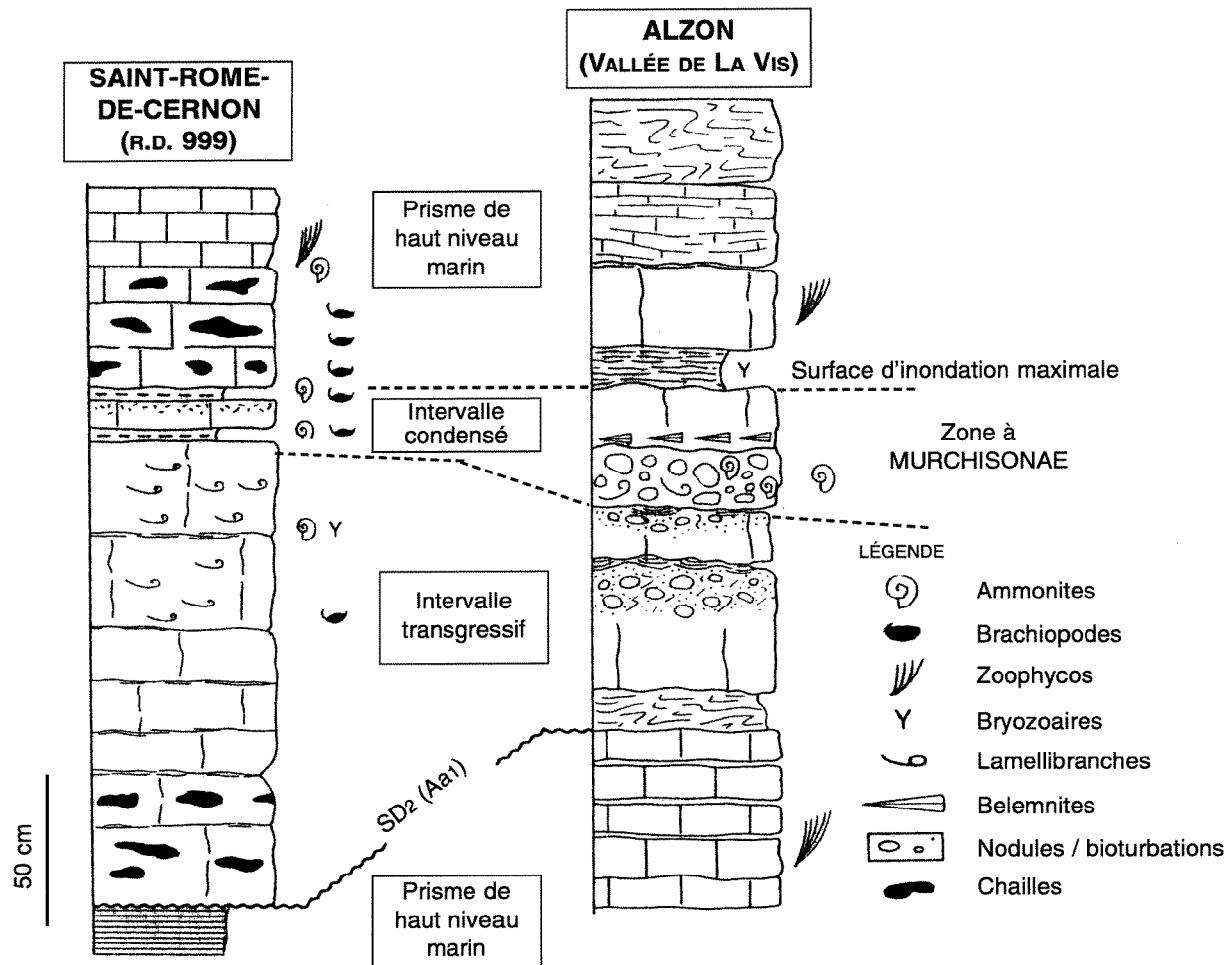


Fig. 4.- Colonnes stratigraphiques des coupes 22 et 25 dans les « Calcaires à Zoophycos ». Détail de la séquence de dépôt SD2 (=Aa1) au niveau de son intervalle condensé, dans la zone à Murchisonae.

Fig. 4.- Stratigraphic columns of cross-sections 22 and 25 within the "Zoophycos limestone Fm.". Detail of the condensed section of the depositional sequence SD2 (=Aa1), Murchisonae zone.

mity » ou surface « T » ; Jacquin *et al.*, 1992 ) de ce cycle.

#### Demi-cycle transgressif T1 (Aalénien supérieur ? à Bathonien)

Ce demi-cycle débute par l'intervalle transgressif de la séquence SD3 représenté par les « Calcaires oolithiques de Campagnac », géographiquement localisés dans le Causse de Sévérac (Ciszak *et al.*, 1996). Ces calcaires à texture grainstone et stratifications entrecroisées de mégarides tidales sont rétrogradants vers l'ouest, en direction du seuil de Villefranche-de-Rouergue (fig. 5). A Campagnac (10, fig. 1), cet IT se complète, vers le haut, par des calcaires argileux noirs au sein desquels se distinguent un terme basal (3 à 4 m) à stratifications mame-

lonnées de type tempestite (faciès HCS à accréation verticale), et un terme supérieur (4 m) séparé du précédent par un liseré argileux et ferrugineux. Ce terme supérieur est constitué de bancs métriques de calcaires argileux, micacés, renfermant des oncoïdes et ooïdes remaniés ainsi que des débris de crinoïdes, regroupés le plus souvent au sein de lamines déformées ou interrompues par une bioturbation intense. Plus à l'ouest, dans la région de Muret-Le-Château (3, fig.1 et fig. 5), ce terme, réduit à 2 m d'épaisseur, repose sur 3 à 4 m de marno-calcaires euxiniques, dolomitisés secondairement, à fines laminations soulignées par de la matière organique charbonneuse, bioturbés et rapportés à la séquence SD1 (Ciszak *et al.*, 1996). Ses éléments ainsi qu'une grande partie du ciment sont tota-

lement ferruginisés ; il constitue la « Minette » des Causses au nord de Rodez, jadis exploitée comme minéral. Dans les affleurements les plus occidentaux comme à Salles-la-Source (1, fig.1), ce terme « supérieur » se réduit à quelques décimètres d'argiles noires micacées à oncoïdes charbonneux et phosphatés, intercalées de fins niveaux ligniteux et ferrugineux témoins d'une sédimentation discontinue en milieu parallèle.

Cette phase d'inondation pourrait correspondre à celle révélée par l'IC affleurant dans les gorges de la Vis (coupe 25, fig. 1), près d'Alzon (Brun, 1919). Au sein d'une série (3 m) de bancs calcaires graveleux, oolithiques et bioclastiques, celui-ci correspond à un interlit marno-calcaire centimé-

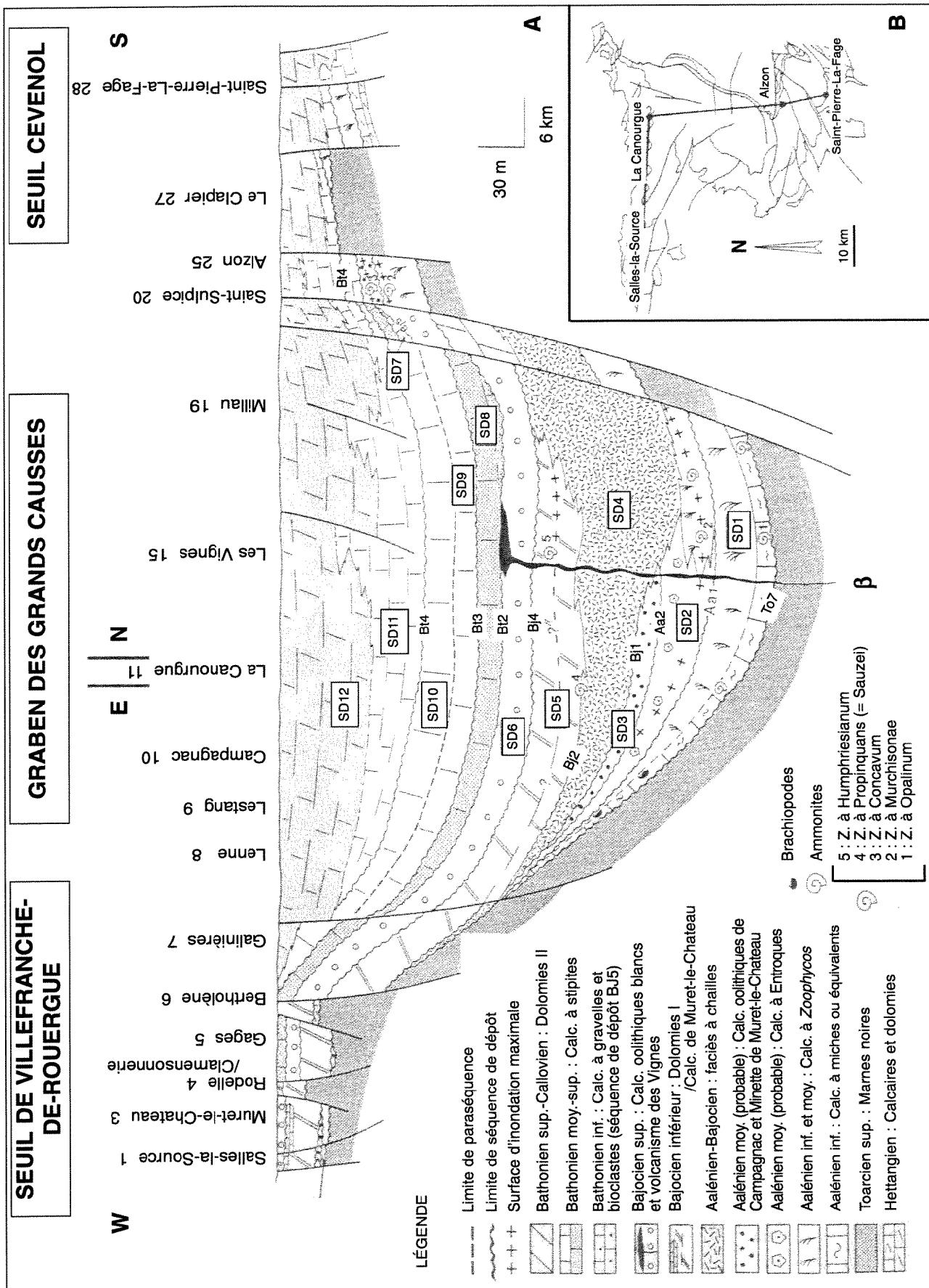


Fig. 5 - A - Corrélations stratigraphiques (épaisseurs respectées) et découpage séquentiel de la série aaléno-callovienne suivant deux transects E-W et N-S, dans les Grands Causses. B - Tracés des deux sections. Fig. 5 - A - Stratigraphic correlations (thicknesses respected) and sequential pattern of the Aalenian-Callovian series along E-W and N-S transects in the Grands Causses area. B - Location of the two profiles.

trique qui a livré *Graphoceras concavum* (Sow.), *Graphoceras cornu* Buck., *Graphoceras decorum* Buck., *Graphoceras* sp. ind. et *Pseudammatoceras* sp. ind., ammonites de la zone à Concavum, sous-zone à Concavum (partie inférieure de l'Aalénien supérieur).

Le prisme de haut niveau marin de cette séquence SD3 n'est pas bien caractérisé du fait de la dolomitisation secondaire. Sur les gradins du haut-fond occidental, comme à Ferrals près de Muret-le-Château, il pourrait correspondre à des faciès (3 m) de haute énergie, ferruginisés, à oolithes, débris de crinoïdes et petits pectinidés [*Propaemusium pumilum* (Lamarck)], reconnus au toit de la Minette, immédiatement sous les « Dolomies I » transgressives.

Cette séquence SD3 pourrait être ainsi corrélée avec la séquence Aa2 de Jacquin *et al.* (1998).

**La séquence SD4** est formée par un ensemble dolomitique à chailles siliceuses (« Dolomies à chailles »), d'une vingtaine de mètres de puissance. A Campagnac, son IT est organisé en paraséquences de 1 à 2 m d'épaisseur. Celles-ci comportent généralement un niveau décimétrique où la silice, concentrée sous forme de rognons ou de lentilles allongées renfermant de petites oolithes et clastes de crinoïdes, traduirait la phase d'inondation de la paraséquence ; des dolomies à grain fin, en bancs métriques incluant de nombreuses géodes centimétriques de calcite, en matérialiseraient la phase régressive. Le PHN de la séquence serait formé essentiellement par des dolomies carginulées, en bancs épais et massifs, renfermant des rognons siliceux et de nombreuses géodes de dissolution.

En général l'intervalle transgressif de la **séquence SD5** correspond au dépôt originel de calcaires, oolithiques et/ou graveleux. En grande partie dolomitises (Dolomies I), ceux-ci débordent largement les cortèges sédimentaires de la séquence SD4, notamment vers le Seuil de Villefranche-de-Rouergue (fig. 5) où les dolomies correspondantes reposent directement sur les marnes noires du Toarcien supérieur, ravinées jusqu'à la zone à *Pseudoradiosa* (Ciszak *et al.*, 1996). Cette phase d'inondation peut être indirectement datée par des ammonites de la zone à *Sauzei* (= *Propinquans*) du Bajocien inférieur, recueillies dans des

« Dolomies à chailles », près de La Canourgue (Defaut *et al.*, 1990 et G. Astruc, comm. orale) ; toutefois, nos investigations n'ont pas permis de retrouver ces marqueurs. Le maximum d'inondation de la séquence SD5, qui est aussi le pic de transgression du cycle C1, se marque dans la coupe des Vignes (Gorges du Tarn) par des calcaires bioclastiques à grain fin (0,20 m), véritable lumachelle à lamellibranches, et par des calcaires micritiques (0,60 m), interstratifiés dans des calcaires grainstones oolithiques et graveleux, exceptionnellement préservés sur 6 à 8 m d'épaisseur au sein des dolomies massives noires (Dolomies I). Ces calcaires tendres nous ont livré toutefois une empreinte d'ammonite dont la morphologie à gros tubercules évoque le *Stephanoceratidae* du genre *Teloceras*, ce qui indiquerait le sommet de la zone à *Humphriesianum* (sommet du Bajocien inférieur). Cette séquence SD5 pourrait de ce fait représenter la séquence Bj2 de Jacquin *et al.* (1998).

### Cycle C2 (Bajocien supérieur - Oxfordien inférieur)

#### Demi-cycle régressif R2 (Bajocien supérieur - Bathonien inférieur)

Il débute avec le prisme de haut niveau marin de la **séquence SD5**. Ce prisme comprend les « Calcaires de Muret-le-Château » (Ciszak *et al.*, 1996) qui, inclus dans la partie supérieure des Dolomies I, sont eux-aussi préservés de la dolomitisation dans de rares secteurs des Causses de Rodez (Salles-la-Source et Muret-le-Château). Ce sont des calcaires graveleux et bioclastiques, alternant avec des bancs massifs de calcaires micritiques à pellets, coprolithes de crustacés, *fenestrae* et laminations cryptogénaires, brèches de dessiccation et horizons ligniteux ; des passées plus marneuses renferment de nombreux foraminifères benthiques de grande taille tels *Timidonna sarda* Bassoullet et Fourcade. Ces faciès, interprétés comme déposés dans des aires de lagon et de zone intertidale à supratidale, s'organisent en paraséquences de comblements métriques dont la limite supérieure, proche de l'émersion, est parfois karstifiée. L'âge Bajocien supérieur probable est donné par *Callorbis minor* Wernli et Metzger, 1990 associé à *Timidonna*

*sarda* (Bassoullet, 1997) dans les calcaires à faciès de lagon. Les Dolomies I bajociennes (et leurs îlots calcaires) sont couronnées par une surface de ravinement à encroûtement ferrugineux bien visible dans la coupe de Campagnac, qui représente la discontinuité sommitale de SD5 la séparant de la séquence susjacente SD6.

Les « Calcaires oolithiques blancs » forment la **séquence SD6**. Ces calcaires sont paléogéographiquement moins étendus que les Dolomies I. D'une épaisseur maximale (40 à 50 m) dans l'axe du graben des Grands Causses, ces calcaires s'amincisent significativement en direction de l'ouest (dispositif en « onlap ») en incluant des faciès intertidaux, puis disparaissent dans la région de Salles-la-Source. Bioclastiques, oolithiques et graveleux, à texture grainstone ou plus ou moins argileuse, ils sont organisés en paraséquences transgressives (IT) renfermant des bélémnites dès la base, comme près de Lenne (Causse de Sévérac), puis ils prennent un caractère plus régressif (PHN), comme en témoignent les grandes mégardes tidales repérées au sommet de la formation. Ils livrent aussi des brachiopodes (dét. J.P. Garcia *in Charcosset et al.*, 1996), dont *Monsardithyris ventricosa* (Hartmann) et *Sphaeroidothyris sphaeroidalalis* (Sow.). Cette association indiquerait la zone de brachiopodes à *Ferrythyris ferryi* du domaine nord-ouest européen (Almérás *et al.*, 1997), corrélable avec les zones d'ammonites à *Garantiana* et à *Parkinsoni* (à l'exception du sommet de cette dernière, la sous-zone à *Bomfordi*) du Bajocien supérieur, non terminal. La présence de *M. ventricosa* est aussi possible dans ces mêmes zones à ammonites [moitié supérieure de la zone à *Garantiana* et partie inférieure de la zone à *Parkinsoni* (sous-zone à *Acris*)] dans le domaine nord-téthysien (Elmi et Almérás, 1998) ; on peut ainsi corrélérer la séquence SD6 avec la séquence Bj4 de Jacquin *et al.* (1998).

La limite supérieure des calcaires oolithiques blancs est interprétée comme une discontinuité majeure. Dans les gorges du Trevezel, près du lieu-dit Saint-Sulpice (20, fig. 1), il s'agit d'une surface irrégulière dont les poches pluridécimétriques, d'origine karstique, sont colmatées par des argiles grises qui constituent le terme de base de la séquence SD7 sus-jacente. Dans

les gorges du Tarn, en amont de Sainte-Enimie, dans la coupe de Chambonnet (14, fig. 1), cette limite est aussi une surface ferrugineuse, creusée, comme la précédente, de poches comblées par des argiles noires charbonneuses associées à des argiles rouges, formant aussi la base de la séquence SD7. Dans la région de Millau (19, fig. 1), en bordure du Larzac, cette surface terminale est soulignée par un encroûtement calcaire, ferrugineux, à huîtres, polypiers et nérinées, associés à des galets centimétriques, calcaires et quartzueux (équivalent possible de la SD7). En plusieurs points comme à La Cavalerie (24, fig. 1), cette surface est aussi recouverte par quelques centimètres d'argiles vertes ou grises rubéfiées, évoquant un paléosol.

**La séquence SD7**, toujours incomplète car tronquée à son sommet, n'est observable que dans deux secteurs de la bordure orientale des Grands Causses, à Saint-Sulpice et Chambonnet.

A Saint-Sulpice (20, fig. 1), cette séquence se réduit à un banc massif (0,60 m à 1 m) de calcaires micritiques, à gravellles et bioclastes, renfermant des brachiopodes (dét. J.P. Garcia *in Charcosset*, 1998), dont *Ivanoviella ardescica* (Roll.), espèce du Bathonien inférieur caractéristique des zones à Zigzag (sous-zone à *Macrescens*) et *Aurigerus* (Alméras *et al.*, 1997). Dans ce cas, SD7 pourrait correspondre à la séquence Bj5 de Jacquin *et al.* (1998). La surface supérieure de ce banc, considérée comme la limite de séquence, est recouverte par une pellicule ferrugineuse, puis par quelques centimètres d'argiles vertes, rubéfiées. Au-dessus viennent des marnes à horizons charbonneux, déjà inclus dans les « Calcaires à stipites ».

Dans la coupe de Chambonnet (14, fig. 1), la séquence SD7 (4-5 m) comporte plusieurs paraséquences métriques de type inondation-progradation, dont les limites supérieures irrégulières, érosives et/ou karstifiées, traduisent des émersions ou des lacunes. A l'échelle des paraséquences, les phases d'inondation sont matérialisées par un interlit argileux ou marno-calcaire de quelques centimètres d'épaisseur. L'un de ces interlits contient des brachiopodes, dont *Holcothyris angulata* Buck. (dét. J.P. Garcia *in Charcosset*, 1998) du Bathonien inférieur (zone à Zigzag, sous-zone à *Macrescens* et *Yeovilensis* selon Alméras *et al.*, 1997). La partie progradante de ces paraséquences comprend un ou plusieurs

bancs calcaires micritiques, bioclastiques ou graveleux. Dans cette coupe, la limite supérieure de cette séquence se présente comme une surface irrégulière, creusée de poches d'origine karstique tapissées d'une croûte ferrugineuse, sur laquelle repose, par l'intermédiaire d'argiles rouges, quelques mètres de calcaires fins évoquant le faciès des « Calcaires à stipites » sus-jacents. Couronnant la séquence SD7, cette discontinuité majeure marquerait le maximum de régression du cycle C2.

#### Demi-cycle transgressif T2 (Bathonien moyen - Oxfordien inférieur)

Ce demi-cycle correspond au dépôt successif des épais (jusqu'à 180 m, aux Vignes) « Calcaires à stipites » (intervalle Bathonien moyen terminal - Bathonien supérieur), des Dolomies II (attribuées, en considérant uniquement leur position dans la succession stratigraphique, à l'intervalle Bathonien terminal-Callovien inférieur, anté-zone à *Coronatum* du Callovien moyen) et des « Calcaires à microfilaments » du Callovien supérieur probable. Il s'achève à la base des « Marnes et calcaires marneux à ammonites » de l'Oxfordien. Il regroupe les séquences de dépôt de 3<sup>ème</sup> ordre notées SD8 à SD17.

Les « Calcaires à stipites » constituent un empilement de **quatre séquences de dépôt notées SD8, SD9, SD10 et SD11** (appelées également séquences Bt1, Bt2, Bt3 et Bt4, *in Charcosset et al.*, 1996, non strictement corrélées avec celles, du même sigle, de Jacquin *et al.* *in Hardenbol et al.*, 1998). Ces séquences sont de type aggradant (Jacquin *et al.*, 1992) ; elles se caractérisent par l'accumulation verticale de sédiments carbonatés proches de l'émergence, le taux de sédimentation étant supérieur à l'accommodation. Elles s'enchaînent au sein de la série dilatée matérialisant l'axe du graben des Grands Causses ; en revanche, seules les deux dernières, SD10 et SD11, sont présentes dans les séries réduites recouvrant les gradins nord-occidentaux et méridionaux du « Seuil cévenol » (fig. 5).

Dans l'axe du graben, les quatre séquences comportent à leur base (lorsqu'elles sont complètes), des dépôts charbonneux (stipites) et des calcaires graveleux bioclastiques interprétés comme un IT. Au-dessus viennent des calcaires micritiques à stromatolites et à *fenestrae*, intertidaux à supratidaux, intercalés de

marnes à ostracodes de milieu lacustre ou saumâtre (Andreu *et al.*, 1999), interprétés comme le cortège de haut niveau. Ces séquences sont couronnées par des surfaces sub-aériennes ou karstifiées (Charcosset *et al.*, 2000). Dans chaque séquence, l'inondation maximale est marquée par la bioaccumulation (niveaux-repères) de brachiopodes (dét. J.P. Garcia *in Charcosset et al.*, 1996) avec, comme espèces dominantes, *Burmirhynchia cf. multiplicata* dans SD8, *B. multiplicata/turgida* dans SD9, *B. cf. turgida* Buck. dans SD10 et *B. thierachensis* Laurin dans SD11. Dans ces deux dernières séquences, ces brachiopodes sont associés à *Orbitamina elliptica* (d'Archiac), grand foraminifère benthique signant le Bathonien supérieur (Bassoulet, 1997).

Ces faunes, relativement communes dans le sud-est du bassin de Paris (Plate-forme Bourguignonne, Garcia *et al.*, 1996) permettent de proposer des équivalences avec les zones à ammonites établies dans le domaine nord-ouest européen (Alméras *et al.*, 1997) : *B. multiplicata* dans SD8 désignerait la zone à *Subcontractus* (sommet du Bathonien moyen) ; dans SD10, *Burmirhynchia turgida* caractériserait la zone à *Hodsoni* (ou zone à *Bremeri* = partie inférieure du Bathonien supérieur dans le domaine nord-téthysien français) ; dans SD11, *B. thierachensis* indique la sous-zone à *Hollandi*, première sous-zone de la zone à *Discus* du Bathonien terminal. Une autre espèce, *B. cf. hopkinsi-icaunensis*, récoltée dans le Sud-Larzac (Le Clapier et Pas de l'Escalette *in Charcosset et al.*, 1996) désigne la zone à *Hodsoni* (=*Bremeri*) quand elle est associée à *B. turgida*. Sur le « Seuil cévenol », en l'absence de *B. turgida*, *B. cf. hopkinsi-icaunensis* paraît caractériser la séquence SD10 plutôt que la séquence SD11 [suggérant ainsi l'appartenance du niveau considéré à la séquence Bt3 plutôt qu'à la séquence Bt4 de Charcosset *et al.* (1996)]. Compte-tenu de ces équivalences, SD8, SD10 et SD11 pourraient représenter respectivement les séquences Bt2, Bt3 et Bt4 de Jacquin *et al.* (1998). Dans cette hypothèse, la séquence SD9, qui renferme *B. multiplicata/turgida*, constituerait une séquence de dépôt supplémentaire engendrée par la tectonique distensive synrift caussenarde. Or, la présence de *Wattonithyris circumdata* (Desl.) associée à *B. multiplicata/turgida* dans l'intervalle condensé de cette séquence SD9 (Charcosset *et al.*, 1996) donnerait un âge

correspondant à la zone à *Orbis* (= *Retrocostatum*, partie moyenne du Bathonien supérieur) d'après Almérás *et al.* (1997) ; dans cette hypothèse, SD9 serait une paraséquence de Bt3 de Jacquin *et al.* (1998).

La séquence SD12 se situe dans la partie supérieure des « Calcaires à stipes » en partie dolomitises. Au-dessus, les « Dolomies II » forment une masse indivise, épaisse de 30 à 150 m, de dolomies noires, cristallines ou à grain fin, pulvérulentes ou massives, dont l'érosion caractéristique modèle une grande surface du plateau caussenard. Ces dolomies, non datées paléontologiquement, débutent vraisemblablement dans le Bathonien terminal et représentent probablement en partie le Callovien inférieur. Dans le Causse de Campestre (Sud Larzac), elles sont corrélées avec les « Calcaires à *Trocholina gigantea* » du Callovien (Peybernès, 1990). Préservée localement dans les gorges du Trevezel aux confins orientaux du Causse Noir (20, fig. 1), la partie supérieure de ces dolomies passe sans discontinuité stratigraphique à des calcaires micritiques, de rampe homoclinales distale, dénommés « Calcaires à microfilaments ». Cet ensemble lithologique provient de la dolomitisation secondaire de calcaires dont la variété de faciès devrait permettre un découpage en plusieurs séquences de dépôt. Il est difficile de déterminer la tendance générale qui se dégage de l'enchaînement de ces séquences ; elle semble apparemment continue (pas de changement net dans la sédimentation) et s'intégrer dans un contexte plutôt transgressif.

Les séquences qui suivent (notées SD13 à SD17) sont des séquences de type rétrogradant, très peu épaisses (métriques), constituées par des dépôts de plus en plus distaux avec, d'abord, des calcaires micritiques à microfilaments, puis des marno-calcaires à intercalations marneuses hémipelagiques de plus en plus fréquentes :

- dans la région de Florac, les « Calcaires à microfilaments » surmontent les « Dolomies II » par l'intermédiaire d'une surface de ravinement. Ils marquent la phase transgressive puis le maximum d'inondation d'une séquence SD13 datée par des ammonites du sommet du Callovien moyen, zone à *Coronatum*, sous-

zone à *Grossouvrei*, horizon à *Interpositum* (Marchand *et al.*, 1983) ; cet âge suggère sa corrélation avec la séquence Ca3 de Jacquin *et al.* (1998) ;

- la séquence SD14, déjà décrite dans les gorges de la Jonte et à Meyrueis (Peybernès, 1990), est aussi enregistrée dans les « Calcaires à microfilaments » des Causses de la région de Mende (par exemple sur la coupe de Changefège, le long de la route qui relie la N88 à Changefège, 12, fig.1), au sein desquels un banc centimétrique marno-calcaire rouge (plusieurs fois répété par redoublement tectonique), correspond à un riche niveau condensé à brachiopodes, belemnites et ammonites, dont *Peltoceras* sp., *Hecticoceras*, *Orionoides*, *Sowerbyceras* et *Colloita* cf. *thiebauti* ; il indique la zone à *Athleta* (base du Callovien supérieur). Il s'agit donc probablement de la séquence Ca4 de Jacquin *et al.* (1998) ;

- la séquence SD15 (séquence Ca5 de Jacquin *et al.*, 1998) est identifiée à Meyrueis par des ammonites de la zone à *Lamberti* (Callovien terminal), au-dessus d'une surface de type fond-durci (Marchand *et al.*, 1983 ; Peybernès, 1990) ;

- la séquence SD16, reconnue dans les « Calcaires à microfilaments » des Gorges de la Jonte et en partie dans la coupe de Meyrueis, est datée de la zone à *Mariae* (Oxfordien inférieur) (Marchand *et al.*, 1983) et corrélée avec la séquence Ox0 de Jacquin *et al.* (1998) ;

- la séquence SD17 (= Ox1) est identifiée à la base des « Marnes et marno-calcaires à ammonites ». Dans les vallées du Trevezel, de la Jonte, les régions de Meyrueis et de Florac, le maximum d'inondation de cette séquence se traduit par un mince intervalle de quelques centimètres, marneux ou marno-calcaire et fortement glauconieux. Apparemment d'extension régionale, à l'exception de la bordure septentrionale du Causse de Sauveterre dans la région de Mende (coupe de Changefège), où cet intervalle-repère n'a pas été encore individualisé, ce niveau, riche en belemnites et ammonites de la zone à *Cordatum*, sous-zone à *Bukowskii* (sommet de l'Oxfordien inférieur), matérialise vraisemblablement le pic de transgression du cycle de 2<sup>ème</sup> ordre C2.

### Cycle C3 (partie régressive uniquement) (Oxfordien moyen et supérieur)

#### Demi-cycle régressif R3 (Oxfordien)

Ce demi-cycle régressif regroupe des séquences de comblement de l'Oxfordien moyen et supérieur, enregistrées dans les « Marnes et Marno-calcaires à ammonites ». Dans l'est du domaine caussenard, elles précèdent les « Dolomies III » de la zone à *Planula* (Oxfordien terminal).

La séquence SD18 (= séquence Ox2 de Jacquin *et al.*, 1998) se marque dans la coupe de Changefège, par un horizon d'inondation maximale, séparé du précédent (zone à *Athleta*) par un banc (0,60 m) de calcaire mudstone. Il correspond à un interlit de marno-calcaires rouges (0,30 m), à ammonites dont de très nombreux *Arisphinctes* gr. *plicatilis* (Sow.), conservés à divers stades de croissance ainsi que des petits *Neoprioceras* sp. gr. *henrici* et *Sowerbyceras* sp. Ces faunes indiquent la zone à *Plicatilis* (base de l'Oxfordien moyen).

Les séquences sus-jacentes, enregistrées dans les dépôts marno-calcaires, n'ont pas été identifiées comme telles par manque de données à l'affleurement. Toutefois les zones d'ammonites suivantes ont été caractérisées à Sainte-Enimie (le long de la N586), environ 6 m au-dessus des « Dolomies II » et à Florac (le long de la D 16) :

- la partie supérieure de la zone à *Transversarium* (sommet de l'Oxfordien moyen), avec *Subdiscosphinctes* sp., *Perisphinctes* (*Subdiscosphinctes*) cf. *richei* ou *kreutzii*, *Dichotomosphinctes* sp. et *Glochiceras* sp. ;

- la zone à *Bifurcatus* (base de l'Oxfordien supérieur), avec *Perisphinctes* (*Dichotomoceras*) *bifurcatus* (Quenst.), *Perisphinctes* (*Dichotomoceras*) cf. *steno-cycloides* Siem., *Ochetoceras* gr. *basseae* Frad, *Subdiscosphinctes* sp., *Phylloceras* (*Sowerbyceras*) sp. ;

- la zone à *Bimammatum* (partie moyenne de l'Oxfordien supérieur), avec *Ochetoceras semifalcatum* (Opp.), *Epipeltoceras* cf. *semimammatum* (Quenst.) et *Orthosphinctes* sp. ;

## Tectonique et sédimentation

La succession de ces événements sédimentaires et des séquences de dépôt est liée non seulement à l'eustatisme, mais aussi et surtout à la tectonique en extension qui prévaut au Jurassique à l'articulation des domaines téthysien et atlantique. Dans cette partie du domaine épocratique nord-ouest périthéysien, plusieurs saccades tectoniques ont été enregistrées par les dépôts du Lias terminal et du Dogger, pendant la phase syn-rift :

- au **Toarcien supérieur**, une première phase (matérialisée par la discontinuité mi-cimmérienne) reconnue à l'échelle ouest-européenne amène un brusque changement de nature de la sédimentation qui, de terrigène et anoxique, devient carbonatée et bioclastique ;

- une phase importante paraît avoir lieu à la **fin de l'Aalénien moyen** (zone à Bradfordensis) dont les dépôts correspondants n'ont pu toutefois être encore paléontologiquement datés sur la bordure ouest des Grands Causses. Elle est probablement à l'origine de la régression marquée par le dépôt des calcaires à crinoïdes progradants vers l'est ;

- des mouvements à l'**Aalénien supérieur puis au Bajocien inférieur** accompagnent les deux avancées transgressives vers l'ouest, particulièrement spectaculaires à l'échelle régionale et matérialisées respectivement par le dépôt des « Calcaires oolithiques de Campagnac » [suivis des calcaires argileux oncolithiques, équivalents probables de l'intervalle condensé daté de la zone à Concavum (SD3) dans la région d'Alzon], et de la « Dolomie I » (SD5). De ce fait, ces mouvements induiraient, l'effondrement de la bordure ouest à nord-ouest du graben des Grands Causses ;

- une phase à la **fin du Bajocien inférieur** (en liaison avec la discontinuité vésulienne ?) aurait eu pour effet un retrait significatif de la mer, induisant le non-dépôt d'une séquence corrélatable avec la séquence Bj3 de Jacquin *et al.* (1998) ;

- des mouvements majeurs interviennent à la **limite Bajocien-Bathonien**. Une première saccade, à la fin du Bajocien, conduirait à une émersion notable

engendrant une discontinuité d'extension régionale, matérialisée notamment par une surface karstifiée limitant au sommet la séquence SD6. Une seconde, dans le Bathonien inférieur, s'exprime par de nombreuses surfaces karstifiées au sein de la séquence SD7. Ces mouvements conduisent à l'émergence de certains secteurs rajeunis lors du basculement des blocs, notamment sur la bordure occidentale du graben, et l'érosion probable à la fois de cette séquence SD7 de faible épaisseur et d'une première séquence bathoniennne corrélatable avec la séquence Bt1 de Jacquin *et al.* (1998), au passage du Bathonien inférieur à moyen. Par ailleurs, ces mouvements réactivent aussi les failles N-S à NE-SW du faisceau de Meyrueis, sur la bordure occidentale des Cévennes ; ils individualisent ainsi des unités tectoniques à évolution sédimentaire différenciée, caractérisées par des variations d'épaisseur de la série bathoniennne, ou, comme à Changefège, par l'absence de dépôt des séquences inférieures (SD8=Bt2 et SD9=base de Bt3).

A cette longue instabilité tectonique, est probablement aussi lié (fig. 2 et 5) l'épanchement volcanique effusif des Vignes, dont les basaltes sont intercalés à la base des « calcaires sublithographiques » inclus dans la formation des calcaires à stipites (Baubron *et al.*, 1978, Roux et Senaud, 1981).

La partie transgressive du Cycle C2 est accompagnée par une subsidence quasi continue limitée à l'axe du graben des Grands Causses à la **fin du Bathonien moyen**, lors du dépôt des séquences SD8 et SD9. Puis, ce caractère subsident se généralise à l'ensemble du domaine caussenard au **Bathonien supérieur** ; il intervient en particulier sur les gradins nord-occidentaux du « Seuil cévenol » où seules se déposent les séquences SD10=sommet de Bt3 et SD11=Bt4.

A partir du Bathonien supérieur, pendant la phase post-rift, la sédimentation est encore perturbée par d'ultimes saccades tectoniques accompagnant le dépôt des termes supérieurs des « Calcaires à stipites », et surtout, celui des « Dolomies II », largement transgressives, au **Callovien**. Ces mouvements s'expriment par les nombreuses surfaces d'érosion et de karstification superposées (Charcosset *et al.*, 1996 et 2000).

## Conclusion

Les dépôts du Dogger et de la base du Malm des Grands Causses s'inscrivent dans deux cycles régressif/transgressif (C1 et C2) suivant en grande partie les fluctuations eustatiques telles qu'elles sont proposées pour les domaines subméditerranéen et subboréal de l'Europe occidentale (Jacquin *et al.*, 1998) ; toutefois, ces fluctuations marines sont fortement amplifiées par une tectonique extensive à l'échelle régionale. Les caractéristiques faciologiques et le contenu paléontologique des séquences de 3<sup>ème</sup> ordre, contribuant à l'identification des cortèges sédimentaires, permettent de replacer les phases majeures de cette activité tectonique dans l'échelle bio-chronostratigraphique internationale.

a) pour le cycle C1, le maximum de régression au 2<sup>ème</sup> ordre est placé au sommet des « Calcaires à entroques » interprétés dans l'axe du graben des Grands Causses comme la partie supérieure du prisme de haut niveau marin de la séquence SD2 (=Aa1 *sensu* Jacquin *et al.*, 1998), d'âge Aalénien moyen (zone à Bradfordensis probable). Le pic de transgression est localisé dans les calcaires préservés au sein des « Dolomies I » (séquence SD5=Bj2) datés de la zone à Humphriesianum (fin du Bajocien inférieur) ; ce pic de transgression clôture la phase d'inondation généralisée au Bajocien inférieur, pendant la séquence SD5 (zone à Propinquans/Sauzei), enregistrée également sur la marge vivaro-cévenole du bassin du sud-est de la France (Elmi et Almérais, 1998) ;

b) pour le cycle C2, le maximum de régression se situe vers la limite Bathonien inférieur/moyen à la suite des dépôts rapportés à la séquence SD7 (=Bj5, zone à Zigzag). Le pic de transgression est localisé dans les calcaires à microfilaments de la séquence SD17 (=Ox1, zone à Cordatum, Oxfordien inférieur).

En conséquence, la série caussenarde du Dogger ne montrerait, en fait, que deux lacunes stratigraphiques paléontologiquement vérifiées, correspondant à l'absence d'enregistrement de deux séquences de dépôt au 3<sup>ème</sup> ordre respectivement situées à la base du Bajocien supérieur (séquence Bj3) et à la base du Bathonien moyen (séquence Bt1).

Ces événements eustatiques majeurs sont contemporains d'une tectonique distensive, intense et continue, qui, en modifiant la structure de la plate-forme, crée plus ou moins d'espace disponible pour la sédimentation. Ainsi, cette instabilité tectonique saccadée des plates-formes périthéysiennes de la marge nord-ouest téthysienne est à l'origine : de l'érosion et/ou du non-dépôt d'unités sédimentaires, à la fin du Bajocien inférieur (Bj3) ; d'une forte baisse du niveau marin menant à des émersions locales, à la fin du Bajocien supérieur (Bj5) et au Bathonien inférieur (Bt1) ; de la présence de nombreuses surfaces d'érosion ou de karstification pendant le dépôt des séquences aggradantes du Bathonien moyen/supérieur (Bt2 à Bt5).

Ces fluctuations tectono-eustatiques génèrent des événements biologiques qui se caractérisent par des niveaux-repères à brachiopodes et des niveaux condensés à ammonites comme par exemple pendant le demi-cycle régressif R1, à l'Aalénien. À d'autres moments, ces fluctuations sont matérialisées par de rares ammonites, comme par exemple lors de l'enniolement généralisé au Bajocien (demi-cycle transgressif T1). Dans l'intervalle Bajocien supérieur-Bathonien, les brachiopodes colonisent seuls la plate-forme et marquent les inondations maximales à la fois pendant la chute (demi-cycle régressif R2), puis au cours de la remontée (demi-cycle transgressif T2) du niveau marin, avec une paléoprofondeur qui demeure faible. Quant aux

ammonites, leurs incursions sur la plate-forme coïncident le plus souvent avec les épisodes transgressifs et les maxima d'inondation des séquences calloviennes et oxfordiennes.

## Remerciements

Les auteurs remercient P. Charcosset pour sa collaboration sur le terrain (thèse à Toulouse III sur le Bathonien des Grands Causses), Y. Almérás pour la détermination des brachiopodes de l'Aalénien, J.P. Garcia pour celle des brachiopodes du Bathonien et P. Eichène pour la mise au propre des dessins. De plus, grâce à R. Enay, notre texte initial a pu être nettement amélioré.

## Références

- Almérás Y., Boullier A., Laurin B. (1997) - Zonation du Jurassique français par les Brachiopodes. In: Cariou E et Hantzpergue P. Eds, Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : zonations parallèles et distribution des Invertébrés et microfossiles. *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, mém. 17, 169-195.
- Andreu B., Charcosset P., Ciszak R. (1999) - Ostracodes du Bathonien moyen et supérieur des Grands-Causses, Sud de la France. Associations et Paléoenvironnements. *Rev. Micropaleont.*, **42**, 3, 95-119.
- Bassoulet J.P. (1997) - Révision de la répartition stratigraphique au Jurassique des grands Foraminifères de l'Ouest du domaine péri-téthysien (Europe-Afrique du Nord). In: Cariou E. et Hantzpergue P. Eds, Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, mém. 17, 293-304.
- Baubron J.C., Defaut B., Demange J., Maury R.C. (1978) - Une coulée sous-marine d'âge jurassique moyen dans les Causses : le basalte alcalin des Vignes (Massif central français). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, Paris, **287**, 225-227.
- Brun P. de (1919) - Note sur un nouveau gisement de la zone à *Ludwigia concava* dans le Languedoc. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, **6**, 52-53.
- Charcosset P., Ciszak R., Peybernès B., Garcia J.P. (1996) - Modalités séquentielles de la transgression bathonienne sur le « Seuil cévenol » (Grands Causses). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, Paris, **323**, 419-426.
- Charcosset P. (1998) - Reconstitution d'un segment de la marge ouest-téthysienne au Bathonien dans les Grands Causses et le Bas-Languedoc : analyse séquentielle à divers ordres et dynamique de bassins. Thèse Univ. Paul Sabatier, Toulouse III, *Strata*, **31**, 1-311.
- Charcosset P., Combes P. J., Peybernès B., Ciszak R., Lopez M. (2000) - Pedogenetic and karstic features at the boundary of Bathonian depositional sequences from the Grands Causses area (South of France): stratigraphic implications. *J. Sediment. Research.*, **70**, 1, 255-264.
- Ciszak R., Peybernès B., Fauré P. (1996) - Stratigraphie séquentielle et biochronologie des formations carbonatées aaléno-bajociennes sur la bordure orientale du « Seuil de Villefranche-de-Rouergue » (Causse Comtal, Causse de Sévérac). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, Paris, **322**, 133-140.
- Defaut B., Burg J.P., Leyreloup F., Romney F., Fuchs Y., Alabouvette B., Lefavrais-Raymond A. (1990) - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille de Sévérac-Le-Château (885). Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par Alabouvette B. (coordinateur) et al. (1990), 58 p.
- Elmi S., Almérás Y. (1998) - Enregistrement par les Brachiopodes de l'histoire dynamique de la marge occidentale du bassin du Sud-Est (Ardèche, Gard, France). Apports à la zonation du Jurassique moyen en domaine nord-téthysien. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **169**, n°6, 821-828.
- Garcia J.P., Laurin B., Sambet G. (1996) - Les associations de Brachiopodes du Jurassique moyen du bassin de Paris ; une échelle biochronologique ponctuée de niveaux-repères pour la contrainte des corrélations séquentielles à haute résolution. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **167**, n°3, 435-451.
- Graciansky P.C. de, 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.
- Jacquin T., Garcia J. P., Ponsot C., Thierry J., Vail P.R. (1992) - Séquences de dépôt et cycles régressif/transgressifs en domaine marin carbonaté : exemple du Dogger du Bassin de Paris. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, Paris, **315**, 353-362.
- Jacquin T., Graciansky P.C. de, Vail P.R. coord (1998) - Jurassic sequence chronostratigraphy, chart 6, sequence chronostratigraphy, Tethyan and Boreal in Hardenbol J., Thierry J., Martin B., Farley M.B., Jacquin T., Graciansky P.C. de, Vail P.R. (1998) - Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic framework of European Basins. *SEPM. J. Sediment. Geol. Edit., Spec. Publ.*, **60**.
- Marchand D., Pélissier T., Peybernès B., Thierry J. (1983) - Biozonation par Ammonites du Callovien et de l'Oxfordien du Causse Méjan oriental (Lozère, France). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, Paris, **293**, 913-916.

- Peybernès B., Pélissier T. (1985) - Essai de reconstitution de la paléogéographie des dépôts contemporains de la fin du rifting téthysien avant la transgression bathonienne sur le « Haut-fond Occitan » (SW de la France). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, Paris, **301**, 533-538.
- Peybernès B. (1990) - Interprétation eustatique des principales discontinuités et lacunes stratigraphiques du Callovo-Oxfordien à Ammonites du sud-ouest de la France (Grands Causses, Pyrénées Occidentales). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, Paris, **310**, 603-608.
- Roux J., Senaud G. (1981) - L'anomalie magnétique des Vignes (Gorges du Tarn, Massif Central français). Mise en évidence de l'extension d'un épanchement volcanique jurassique. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **7**, 28, n°1, 45-50.