

Hierarchisation et datation des discontinuités sédimentaires : démarches et limites dans le Jurassique moyen de la plate-forme bourguignonne

par BERNARD LAURIN*, JEAN-PIERRE GARCIA*, DIDIER MARCHAND* et JACQUES THIERRY*

Mots clés. – Discontinuités, Plate-forme carbonatée, Stratigraphie séquentielle, Biochronologie, Communautés benthiques.

Résumé. – L'application des concepts de la stratigraphie séquentielle suppose que soient identifiées les discontinuités qui limitent et découpent les systèmes sédimentaires. Sur la plate-forme carbonatée bourguignonne, l'abondance des discontinuités observables sur des affleurements dispersés nécessite que leur hiérarchisation et leurs datations soient réalisées avec un maximum de précision. Les communautés benthiques sont utilisables pour hiérarchiser les discontinuités : des renouvellements fauniques sont associés aux discontinuités majeures, chaque nouvelle communauté subissant ensuite au cours du temps des modifications de structure (substitutions) qui ne coïncident pas directement avec des discontinuités qui peuvent ainsi être considérées comme mineures. Quand elles sont représentées de manière significative, les faunes ammonitiques permettent de rapporter les sédiments à l'échelle biochronologique standard. Les discontinuités, considérées comme des lignes temps, se situent au sein des durées définies par ces ammonites. Différents cas sont présentés, montrant que selon le type de critère utilisable pour établir les unités biochronologiques, les intervalles de temps dans lesquels se situent les discontinuités doivent être affectés d'une incertitude plus ou moins grande. La prise en compte et l'estimation de cette incertitude sont indispensables à la fiabilité des reconstitutions des systèmes sédimentaires en domaine de plate-forme.

Hierarchical organization and dating of the sedimentary discontinuities : processes and limits in the Middle Jurassic of the Burgundy platform

Key words. – Discontinuities, Carbonate platform, Sequence stratigraphy, Biochronology, Benthic communities.

Abstract. – The practice of the sequence stratigraphy needs that the discontinuities which limit the system tracts should be identified and discussed. On the Burgundy platform, a large number of discontinuities observed in scattered sections have to be hierarchically organized and dated with a maximum of accuracy, in order to bound the system tracts. The benthic communities may contribute to the hierarchical organization of the discontinuities, drastic faunal turn-over being linked with major discontinuities. Following each turn-over, some structural modifications (substitutions) appear in the new community, but these modifications are not disturbed by the discontinuities which occur through their path, assessing the lower importance of such discontinuities. The ammonites faunas, when significantly represented, allow to locate the sediments in the standard biochronological scale, so that the discontinuities, considered as time-lines are located in time duration. Several cases are studied here, showing that the discontinuities are located in more or less large time intervals, according to the accuracy of the criteria used to establish the biochronological units. The taking in account and the estimation of such uncertainties appears essential to the reliability of the sedimentary reconstructions of platform environments.

Dès la fin du XIX^e siècle, les séries du Jurassique moyen de Bourgogne ont été datées grâce aux faunes d'ammonites et à des assemblages de faunes benthiques. Les progrès historiques ont ensuite permis de corrélérer les séries locales en un schéma synthétique où les variations spatiales très rapides des formations étaient exprimées sous forme de passage latéraux de faciès (exemple du Callovien : fig. 1A d'après Thierry [1971]). L'intégration de cette série régionale dans l'échelle chronostratigraphique standard du Jurassique supposait le repérage des lignes isochrones qui limitent les chronozones. La reconnaissance de ces lignes-temps se heurta au dilemme formulé par J. Callomon [1984, p. 619] : seuls de bons fossiles guides permettent de tracer de bonnes lignes-temps, mais il faut avoir reconnu de bonnes lignes-temps pour identifier de bons fossiles. Or l'enregistrement des archives fossiles dans les formations bourguignonnes est pour le moins hétérogène et les fossiles guides (e.g. ammonites) y sont relativement épars. Le résultat impliquait donc d'accepter quelques incertitudes : – l'ensemble d'une formation ne contenant qu'un ou quelques

fossiles stratigraphiques, dans un seul de ses niveaux, était fréquemment rapporté à une même unité chronostratigraphique; – la position d'une formation dépourvue de fossiles était généralement interpolée en comblant d'éventuels vides de l'échelle chronostratigraphique; inversement, une lacune faunique pouvait être interprétée comme une lacune stratigraphique.

Parallèlement à cette approche, l'analyse de la genèse des sédiments a mis en évidence des séquences sédimentaires témoignant de l'existence d'une plate-forme carbonatée peu profonde ayant aujourd'hui valeur de modèle [Purser, 1975]. Ces séquences ne sont vraiment corrélables que si elles sont groupées en lithoclines dont l'extension chronologique est de l'ordre du sous-étage voire de l'étage. Néanmoins, cette étape a révélé l'extrême discontinuité des dépôts, ainsi que la brièveté de mise en place d'un grand nombre de strates, impliquant des durées sans commune mesure avec l'échelle temporelle standard proposée par la chronostratigraphie.

* Centre des Sciences de la Terre, Univ. Bourgogne et URA CNRS n° 157, 6 Bd Gabriel, F21000 Dijon.
Note présentée à la séance du 2 octobre 1989, déposée le 7 décembre 1989; manuscrit définitif accepté le 10 mai 1990.

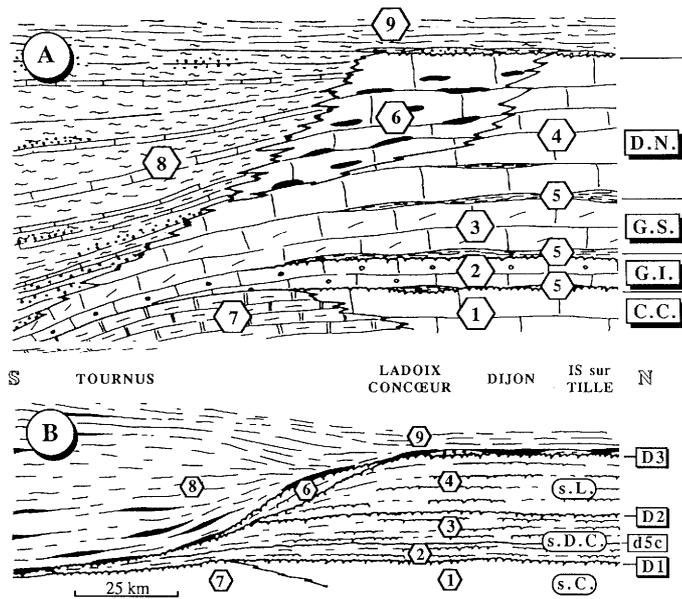


FIG. 1. — Distribution des formations d'âge bathonien terminal-callovien suivant un transect nord-sud (Is-sur-Tille — Tournus) à travers la plate-forme bourguignonne. A- d'après Thierry [1971] : passages latéraux de faciès entre dépôts calcaires et dépôts calcaréo-argileux, délimitation des formations lithologiques (C.C. : Calcaire de Comblanchien, G.I. : Grenu inférieur, G.S. : Grenu supérieur, D.N. : Dalle nacrée); B- d'après Floquet *et al.* [1989] : regroupement des formations en systèmes sédimentaires (sC : système Comblanchien; sDC : système Dijon-Corton; sL : système Ladoix) limités par des discontinuités majeures (D1, D2, D3) et divisés par des discontinuités d'importance variable (dont d5c). Sur les deux figures, les mêmes formations sont identifiées par les mêmes nombres.

FIG. 1. — Late Bathonian to Callovian formations of the Burgundy plateau along a Is-sur-Tille — Tournus profile. A- from Thierry [1971] : intergraded facies from calcareous deposits to argillaceous and calcareous deposits and definition of lithological formations (C.C. : Calcaire de Comblanchien, G.I. : Grenu inférieur, G.S. : Grenu supérieur, D.N. : Dalle nacrée); B- from Floquet *et al.*, [1989] : formations sets (sC : Comblanchien system; sDC : Dijon-Corton system; sL : Ladoix system) bounded by major discontinuities (D1, D2, D3) and divided by discontinuities of various importance (to which d5c belongs). The numbers identify the same formations on both figures.

Plus récemment le développement de la stratigraphie séquentielle a donné une importance primordiale aux discontinuités [Vail *et al.*, 1987]. Sur la plate-forme bourguignonne, celles-ci s'intercalent dans des sédiments accumulés pendant des épisodes transgressifs et de haut niveau marin. Certaines d'entre elles peuvent avoir une extension régionale : elles ont été utilisées pour délimiter des systèmes sédimentaires [Floquet *et al.*, 1989]; (fig. 1B). Si l'application sur le terrain de cette méthode est favorisée dans les régions où des séries d'affleurements permettent de suivre des cortèges sédimentaires contrastés, depuis les bassins jusqu'aux plate-formes [Rey *et al.*, 1988; Jacquin, 1989], elle est au contraire plus délicate dans les domaines de plate-formes où ne se déposent que les termes proximaux des cortèges. La démarche repose alors sur des séries d'observations ponctuelles, dans des systèmes très changeants dans l'espace. A l'échelle d'un affleurement, les dépôts successifs montrent tout ou partie des systèmes sédimentaires et les discontinuités (lignes-temps) qui les limitent. A l'échelle ré-

gionale, la reconstitution de cortèges sédimentaires homogènes suppose une hiérarchisation et une corrélation des discontinuités. Les arguments paléontologiques utilisés pour caler les événements sédimentaires doivent alors être clairement dissociés de leur contexte lithologique (fig. 2).

Par rapport aux anciennes approches, le problème ne consiste donc plus uniquement à dater des formations, mais aussi à dater les discontinuités qui les séparent pour prendre en compte les périodes non enregistrées par le sédiment. Cette analyse suppose que soient discutés préalablement l'importance des discontinuités observées (hiérarchisation) et le degré de fiabilité des datations effectuées (calage chronostratigraphique).

I. — FAUNES BENTHIQUES ET HIÉRARCHISATION DES DISCONTINUITÉS

Sur les plates-formes du Jurassique moyen, les systèmes sédimentaires sont dans leur ensemble riches en macrofaune benthique, avec d'une manière générale une dominance des brachiopodes articulés sur les autres groupes représentés (bivalves, crinoïdes, échinides, gastropodes, madréporaires, bryozoaires, spongiaires). La distribution verticale et spatiale de cette faune n'est pas régulière. Dans les faciès très peu profonds, d'énergie généralement élevée en fin de séquences de comblement, les fossiles déterminables sont rares, mais peuvent être qualitativement significatifs. Malheureusement, la faune se rencontre plutôt sous forme de bioclastes plus ou moins identifiables, ayant subi un déplacement difficile à mesurer. Il est vraisemblable que de tels faciès se sont déposés en un temps très court et dans des conditions hydrodynamiques telles que des faunes vagiles ou sessiles n'aient eu que très peu de chance de trouver l'opportunité de s'installer. La rareté de la faune est donc significative. Dans d'autres faciès d'origine peu profonde, mais de faible énergie, la faune benthique est le plus souvent représentée par des peuplements mono- ou oligospécifiques : c'est le cas par exemple des niveaux bathoniens où pullulent les espèces successives de rhynchonellidés du genre *Burmihynchia* [Delance et Laurin, 1983; Laurin, 1984]. Dans les faciès plus ouverts constamment submergés, sur la bordure des plate-formes, la diversité est également faible dans chaque niveau, comme le démontrent les accumulations localisées du brachiopode *Rhynchonelloidella spathica* dans les alternances calcaréo-argileuses du Callovien inférieur (Laurin, *op. cit.*). C'est dans les faciès de comblement sédimentaire sur les plate-formes, que les espèces benthiques présentent leur diversité et leur densité maximales.

1) Intérêt biostratigraphique

Parmi les espèces benthiques, quelques-unes seulement ont un intérêt biostratigraphique. Elles interviennent comme marqueurs dans des échelles parallèles à l'échelle standard des ammonites et n'ont souvent qu'une valeur régionale en raison de leur forte liaison aux faciès [Alméras *et al.*, 1971]. Leur fiabilité ne vaut que dans un contexte déterminé, en particulier au sein des systèmes sédimentaires de plate-formes. Leur signification chronologique n'est pas fondée

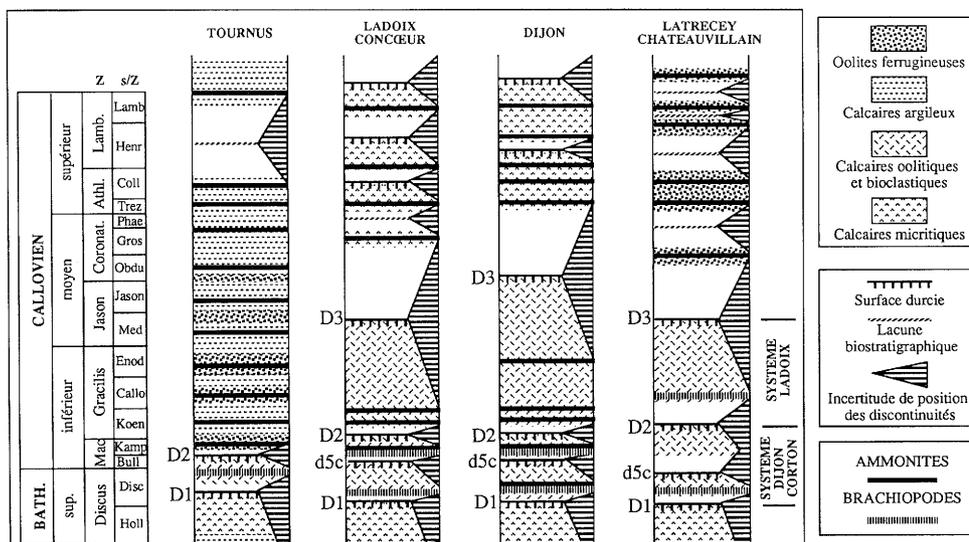


FIG. 2. — Repères biostratigraphiques, discontinuités et principaux faciès sédimentaires au Bathonien terminal-Callovien dans une série de coupes le long d'un transect nord-sud (Chateauvillain-Tournus) de la plate-forme bourguignonne. L'âge des discontinuités et les limites de faciès sont affectés par des figurés d'incertitude biostratigraphique [modifié d'après Floquet *et al.*, 1989].

FIG. 2. — Biostratigraphical marks, discontinuities and main sedimentary facies in the late Bathonian to Callovian in a set of outcrops along a Chateauvillain-Tournus profile. The discontinuities ages and facies limits show their biostratigraphical uncertainty [modified from Floquet *et al.*, 1989].

sur des critères évolutifs : la durée de vie de ces espèces est en général très supérieure au temps de dépôt d'un cortège biosédimentaire. Dans de telles conditions, seules certaines apparitions d'espèces peuvent être utilisées comme guide chronologique, sachant que la durée de vie de ces espèces peut occasionner des apparitions très diachrones en différents points de la plate-forme. Ainsi les *Eudesia* (*E. cardium* et *E. multicosata*), uniquement localisées dans les sédiments qui surmontent la discontinuité D1, au toit du système Pierre de Comblanchien (fig. 2), définissent dans toute la région un repère constant, d'allure événementielle. Pour autant, leur extension stratigraphique globale [Almérás, 1987] dépasse largement celle qui est la leur en Bourgogne et leur synchronisme régional n'est peut être qu'apparent.

2) Signification des communautés benthiques

Les faunes benthiques sont beaucoup plus pertinentes lorsqu'on analyse leur répartition de manière exhaustive dans les sédiments qui les contiennent. Elles y constituent des associations auxquelles on peut donner la valeur de communautés au sens écologique du terme. Ces communautés, définies par leur composition taxonomique qualitative, ne sont pas immuables au cours du temps, mais se modifient constamment sous l'action de facteurs internes et externes, soit par substitution, soit par renouvellement.

a) Substitutions

Parmi les facteurs externes (correspondant aux variations du milieu), les plus sensibles sont liés aux modifications de l'épaisseur de la tranche d'eau. Ils se traduisent dans les communautés par des changements ordonnés des por-

portions des espèces constitutives, qui se marquent à la fois dans le sens vertical (temporel) et dans le sens horizontal (spatial) [Garcia, 1988]. Verticalement, même si l'archivage de ces communautés est discontinu (il peut être en particulier interrompu par des discontinuités), il est possible d'en enchaîner logiquement les modifications structurales. Un exemple peut en être donné dans la partie supérieure du système Pierre de Dijon-Corton, au-dessus de d5c (fig. 1, 2), et dans les calcaires à *Burmhynchia latiscensis* qui lui font suite (fig. 3). Dans les coupes de Buffon et Châtillon-sur-Seine (nord-ouest de la plate-forme bourguignonne), quatre communautés à brachiopodes se succèdent, de bas en haut :

— la communauté à *Cererithyris nutiensis* est caractérisée par l'extrême abondance de cette espèce et la relative rareté des mollusques benthiques;

— la communauté à *Lotharingella gremifera* comprend également *Cererithyris nutiensis*, *Digonella divionensis*, et *Burmhynchia latiscensis* (à la base); ces espèces sont bien représentées à côté de bivalves fouisseurs (*Pholadomya*, *Mesomiltha*) et épibenthiques (*Radulopecten vagans*, *Camptonectes obscurus*);

— la communauté à *Digonella divionensis* apparaît brusquement après la disparition simultanée de *Lotharingella gremifera* et *Cererithyris nutiensis*. *Digonella divionensis* co-existe avant sa disparition avec *Burmhynchia latiscensis* qui la supplante pour former la communauté suivante;

— la communauté à *Burmhynchia latiscensis* est fréquemment représentée par des populations quasi monospécifiques, mais très localisées stratigraphiquement.

Les spectres quantitatifs montrent que les brachiopodes restent au cours du temps le noyau des communautés, avec une proportion sensiblement constante de l'ordre de 80 %. Ce noyau est constitué de différentes espèces, soit en po-

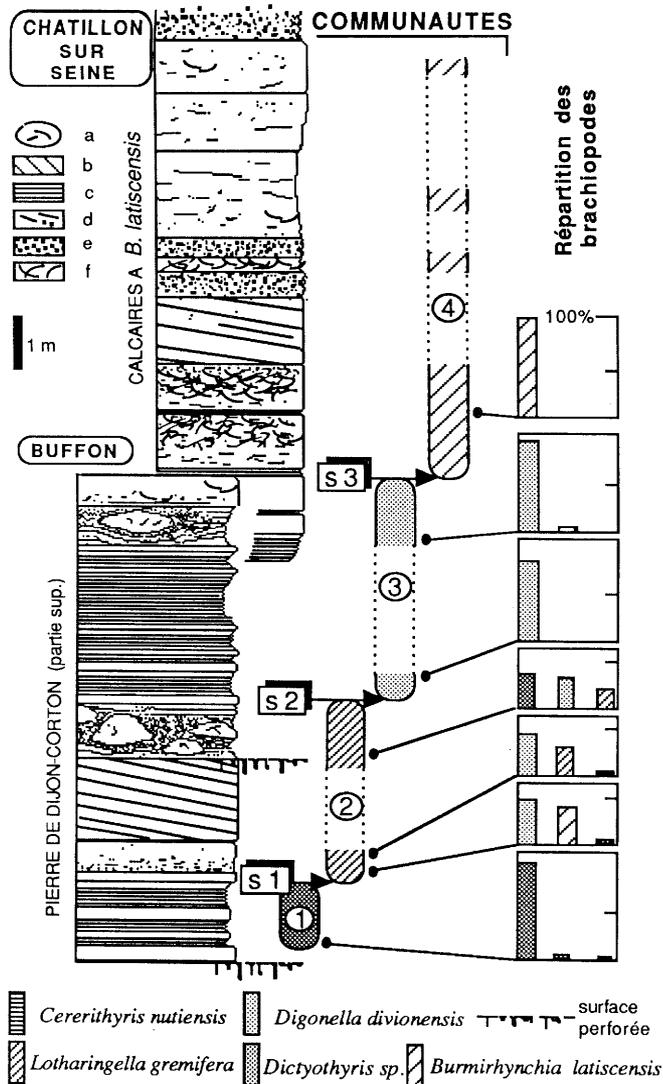


FIG. 3. — Enchaînement des communautés à brachiopodes dans la partie supérieure du système Pierre de Dijon-Corton et les calcaires à *Burmirhynchia latiscensis*. a : madréporaires, b : calcarénite à litages obliques, c : micrite et micrite argileuse, d : calcaires bioclastiques, e : calcaires à oncoïdes, f : lumachelles à *Burmirhynchia latiscensis*. 1 : communauté à *Cererithyris nutiensis*, 2 : communauté à *Lotharingella gremifera*, 3 : communauté à *Digonella divionensis*, 4 : communauté à *Burmirhynchia latiscensis*. s1, s2, s3 : substitutions. Les discontinuités indiquées sont considérées comme mineures.

FIG. 3. — Vertical succession of brachiopods communities in the upper part of the Pierre de Dijon-Corton system and the *Burmirhynchia latiscensis* limestone. a : corals, b : cross-bedded calcarenite, c : micrite and argillaceous micrite, d : bioclastic limestones, e : oncoïd limestones, f : *Burmirhynchia latiscensis* lumachelles. 1 : *Cererithyris nutiensis* community, 2 : *Lotharingella gremifera* community, 3 : *Digonella divionensis* community, 4 : *Burmirhynchia latiscensis* community. s1, s2, s3 : community substitutions.

sition de forte dominance (cas des trois communautés à *Cererithyris nutiensis*, *Digonella divionensis* et *Burmirhynchia latiscensis*), soit par plusieurs espèces plus équitablement réparties (communauté à *Lotharingella gremifera*). Des modifications de proportions, accompagnées quelquefois de la

disparition de certains taxons, permettent de reconnaître des substitutions de communautés au cours du temps (fig. 3 : s1, s2, s3). Ainsi chaque communauté identifiée sur des critères qualitatifs, est aussi définie par sa composition quantitative.

D'une coupe à l'autre, cet enchaînement de communautés se retrouve dans un ordre immuable à l'échelle de la plate-forme. Dans les séquences sédimentaires, cette séquence orientée — qui peut néanmoins être tronquée par le haut ou par le bas — a permis d'identifier de manière précise des événements utilisables à des fins de corrélations.

b) Renouvellements

Au-dessus de certaines discontinuités, l'évolution des communautés peut être interrompue par des renouvellements quasi complets de la faune. Même s'il persiste encore certaines espèces des niveaux sous-jacents, notamment chez les bivalves, le renouvellement du noyau constitué par les brachiopodes est drastique, marqué par l'apparition d'espèces nouvelles, antérieurement inconnues sur la plate-forme (fig. 4).

La succession des communautés du système Pierre de Dijon-Corton est interrompue par la discontinuité D2 (fig. 1, 2), avec un renouvellement faunique complet dans le système Pierre de Ladoix qui la surmonte. Dans le sud de la Côte-d'Or, ce dernier est caractérisé par une association à *Kallirhynchia* ? sp. indet., *Digonella marcoui*, *Dictyothyris smithi*, *Dorsoplicathyris dorsoplicata*. Dans le nord de la Côte-d'Or, une discontinuité sépare les Calcaires à plantes (sommet des calcaires à *Burmirhynchia latiscensis*) des Calcaires à madréporaires d'Etrochey (fig. 4) [Garcia *et al.*, 1989]. Au-dessus de cette discontinuité, l'apparition d'espèces originales (*Torquirhynchia* ? nov. sp., *Dorsoplicathyris* sp., *Dictyothyris* sp. ainsi qu'une nouvelle espèce de Zeilleriidae) signe un renouvellement faunique majeur. Bien que ce dernier témoigne de l'importance de la discontinuité, celle-ci n'est pas considérée comme une limite de système dans le schéma actuel [Floquet *et al.*, 1989] qui pourrait être révisé en fonction de ces données nouvelles.

Les renouvellements impliquent que des événements soient intervenus, ou bien durant un temps relativement long (et non enregistré), ou bien en imprimant des modifications si drastiques à l'environnement que la faune existante ait disparu et qu'une nouvelle ait eu le temps de s'installer. Ils obligent à donner à la discontinuité associée au renouvellement une importance prépondérante. Sur la plate-forme bourguignonne, presque tous les renouvellements fauniques se placent effectivement au niveau des discontinuités interprétées comme des limites de systèmes sédimentaires. Ils vérifient le modèle, mais il reste deux renouvellements intra-systèmes (au niveau de d5c : fig. 1B) et sous les Calcaires à madréporaires d'Etrochey (fig. 4) dont la signification reste à vérifier.

II. — FAUNES PÉLAGIQUES : DATATION ET CORRÉLATION DES DISCONTINUITÉS

Sur la plate-forme carbonatée bourguignonne, les dépôts se sont surtout effectués en haut niveau marin. Les faunes pélagiques sont le plus souvent conservées à la base des

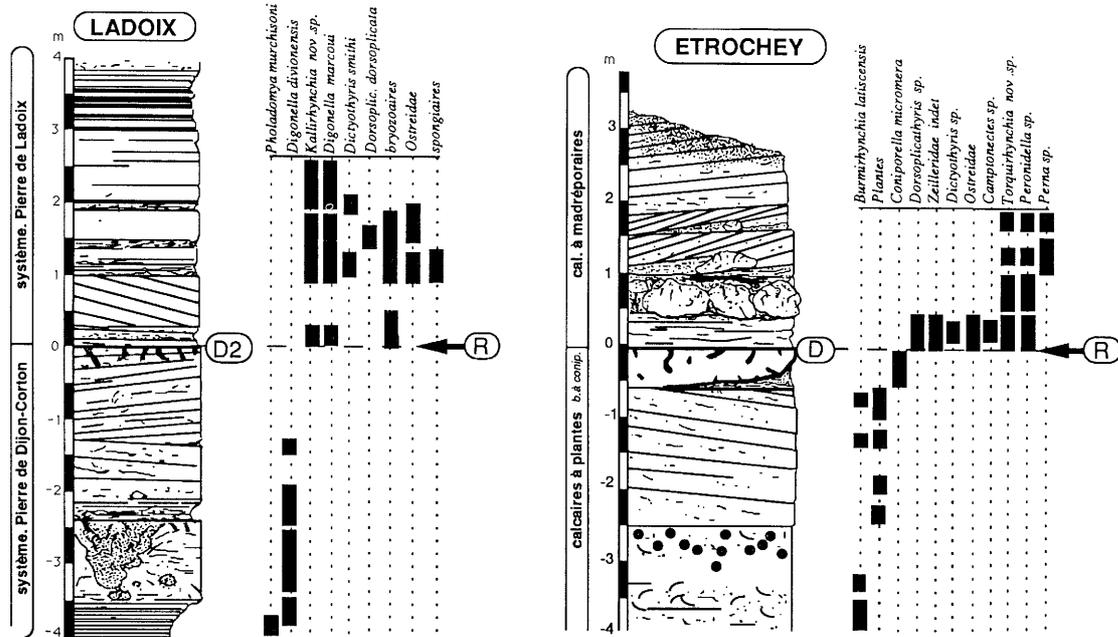


FIG. 4. – Renouvellements de communautés (R) associés à des discontinuités considérées comme majeures. D2 : entre les systèmes Pierre de Dijon-Corton et Pierre de Ladoix. D : entre les calcaires à plantes et les calcaires à madréporaires d'Etrochey.

FIG. 4. – Community replacements (R) associated with supposed major discontinuities. D2 : between Pierre de Dijon-Corton and Pierre de Ladoix systems. d : between the «calcaires à plantes» and the «calcaires à madréporaires d'Etrochey».

séquences (épisodes transgressifs favorables à l'arrivée de ces faunes sur les plates-formes). Elle sont rares, voire absentes, dans les sommets de séquences correspondant à des comblements. Les discontinuités qui se situent au toit de ces séquences sont donc difficiles à dater. Les sédiments qui les surmontent peuvent fournir de bons éléments de datation, mais ils ne se sont pas nécessairement déposés immédiatement après l'enregistrement sédimentaire de ces discontinuités. Dans les domaines plus distaux (plus ouverts), l'enregistrement du temps est souvent plus fidèle, la faune étant plus abondante et mieux répartie au sein de sédiments moins carbonatés, déposés dans des contextes moins diversifiés. Par contre, les discontinuités y sont plus difficiles à repérer.

1) Datation des discontinuités D1 et D2

Les discontinuités D1 et D2 (fig. 1, 2) sont les plus aisées à suivre sur la majeure partie de la plate-forme. Deux taxons d'ammonites ayant une existence brève, mais une large répartition géographique, sont utilisés pour leur calage. Leur évolution morphologique généralement faible ne permet qu'une précision de l'ordre de la zone ou de la sous-zone. En Bourgogne, au-dessus de la discontinuité D1 qui scelle le système Pierre de Comblanchien, on récolte de rares *Clydoniceras discus*; l'extrême base du système Pierre de Dijon-Corton débute donc dans la zone à *Discus* (Bathonien terminal) puisque cette espèce n'a jamais été trouvée en dehors de cette zone. L'absence totale d'ammonites sous la discontinuité D1 interdit d'aller au-delà d'une datation anté-Discus.

Le système Pierre de Dijon-Corton contient quelques *Macrocephalites* typiques de la zone à *Macrocephalus* (sous-zones à *Bullatus* et *Kamptus*). Au-dessus de la discontinuité D2, à la base du système Pierre de Ladoix, quelques représentants du genre *Proplanulites* (*P. koenigi*, *P. majesticus* et *P. arciruga*) définissent indiscutablement la sous-zone à *Koenigi*; les espèces plus récentes de ce genre, trouvées en Grande-Bretagne [Callomon *et al.*, 1988] sont inconnues en Bourgogne. Ces arguments permettent de dater avec une relative précision la discontinuité D2 : elle s'est formée au plus tôt dans la sous-zone à *Bullatus* ou *Kamptus*, au plus tard dans la sous-zone à *Koenigi* (fig. 2).

Dans ces deux exemples, les taxons cités sont restreints à des sous-zones et la précision de la datation des niveaux considérés est acceptable dans la mesure où ce sont le plus souvent les seules ammonites récoltées (N.B. : la durée de ces sous-zones est de l'ordre de 0,4 à 0,5 Ma [Westermann, 1984; Odin, 1988]).

2) Datation de la discontinuité d5c (entre D1 et D2)

La discontinuité d5c se situe au sein du système Pierre de Dijon-Corton (fig. 1, 2 et 5). Le renouvellement de la faune benthique a permis de révéler son importance parmi les nombreuses discontinuités encadrées par D1 et D2.

Dans ce système, les ammonites peu nombreuses et souvent mal conservées, appartiennent au genre *Macrocephalites* dont les espèces sont morphologiquement très variables [Thierry, 1978]. Un individu récolté peut donc être un variant moyen, porteur d'une information biochronologique fiable, ou un variant extrême. Dans ce cas, il peut

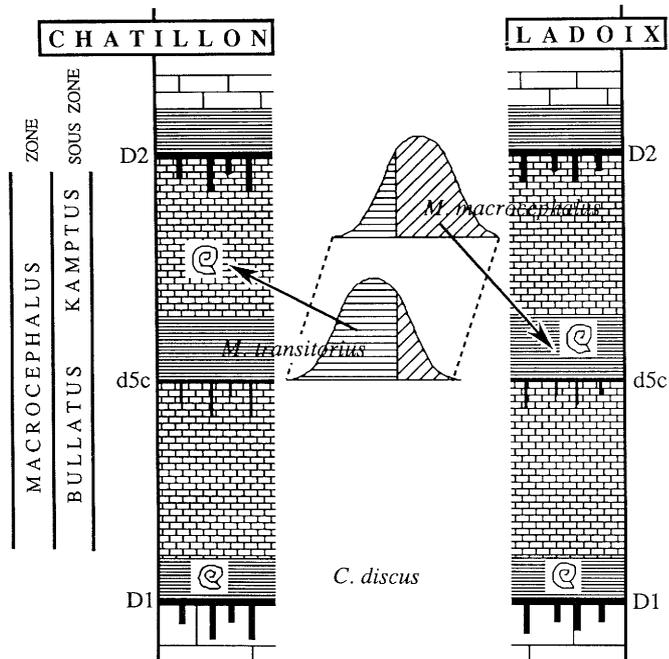


FIG. 5. — Datations possibles de la discontinuité d5c en fonction du degré évolutif des espèces de *Macrocephalites*. En hachures horizontales : variant *transitorius*; hachures obliques : variant *macrocephalus*.

FIG. 5. — Possible datings of d5c discontinuity according to the *Macrocephalites* evolutive stages. Horizontal hachures : *transitorius* morphotype; oblique hachures : *macrocephalus* morphotype.

être soit un élément «progressiste» d'une population ancienne, soit une forme «conservatrice» d'une population plus récente. Sa signification biochronologique ne pourrait être précisée que si sa position au sein de la variabilité de sa population était connue.

Les rares *Macrocephalites* récoltés au-dessus de d5c indiquent toujours la zone à *Macrocephalus*. Cependant, selon les affleurements (e.g. Châtillon-sur-Seine et Ladoix, fig. 5), leur morphologie évoque soit la sous-zone à *Bullatus* (*M. transitorius*), soit la sous-zone à *Kamptus* (*M. macrocephalus*). Si ces indices biostratigraphiques étaient utilisés directement, les sédiments trouvés au-dessus de la discontinuité d5c seraient diachrones à l'échelle de la sous-zone. Cependant, la probabilité que les individus récoltés soient des variants extrêmes contemporains est grande, et l'hypothèse de la contemporanéité des dépôts à l'intérieur d'une sous-zone (*Kamptus*) a été retenue.

3) Datation de la discontinuité D3

Sous D3 (fig. 1B, 2), les ammonites les plus récentes récoltées dans le système Pierre de Ladoix sont soit des espèces indices de la zone à *Gracilis* (*Macrocephalites* et *Proplanulitidae*) soit, en leur absence, des associations de *Reineckeidae* et de *Perisphinctidae*. Bien que les espèces de ces deux derniers groupes soient difficilement déterminables, elles permettent cependant, à l'échelle régionale, de placer les sédiments qui les renferment dans la zone à *Gracilis* (Callovien inférieur). La discontinuité D3 qui scelle ce système est donc contemporaine ou postérieure à cette période. Au-dessus de D3, les ammonites introduisent, suivant les régions, une incertitude variable sur la limite supérieure de l'âge de cette discontinuité. Des taxons apparaissant soudainement dans la région peuvent être utilisés pour la caler.

— Dans la région dijonnaise (fig. 1, 2), les sédiments déposés sur la discontinuité D3 renferment *Peltoceras*. Ce genre apparaît en abondance à la base du Callovien supérieur (zone à *Athleta* – sous-zone à *Trezeense*); il est très rare ensuite (sous-zone à *Collotiformis*). La découverte, même isolée, d'un représentant du genre *Peltoceras* indique donc avec quasi-certitude l'enregistrement de la sous-zone à *Trezeense*. La discontinuité D3 est donc située entre un indice de la sous-zone à *Gracilis* et un indice de la sous-zone à *Trezeense* (voire *Collotiformis* ?).

— Dans la région beaunoise (Ladoix et Concœur : fig. 1, 2) des lentilles calcaréo-argileuses situées sur D3 renferment *Erymnoceras*. Ce genre n'apparaît qu'au Callovien moyen, dans la zone à *Coronatum*. Dans ce cas, D3 est au plus tard intra-*Coronatum* et l'incertitude sur sa position est plus faible que dans le cas précédent.

— Dans la Haute-Marne (Latrecey et Chateavillain : fig. 2), le genre *Kosmoceras* est constamment présent dans les faciès marneux à oolites ferrugineuses qui reposent sur la discontinuité D3. Son apparition dans la partie sommitale du Callovien inférieur (sous-zone à *Enodatum*) situe la discontinuité D3, soit pendant la sous-zone à *Enodatum*, soit antérieurement (sous-zone à *Gracilis*).

Si on ne considère que les données biostratigraphiques cumulées fournies par les *Erymnoceras*, *Peltoceras* et *Kosmoceras*, il résulte que l'imprécision de datation de la discontinuité D3 est variable suivant les points d'observation (fig. 6) : elle représente au maximum deux sous-zones en Haute-Marne, six sous-zones dans la région beaunoise et huit sous-zones dans la région dijonnaise. La question se pose alors de son unicité, rien ne s'opposant à ce que D3 soit par endroits un télescopage de plusieurs discontinuités. Ce sont les données de la géologie sédimentaire qui, s'ajoutant aux arguments biostratigraphiques, conduisent à la solution adoptée récemment [Floquet *et al.*, 1989] (fig. 1B) : la discontinuité terminale D3 du système Pierre de Ladoix se place vraisemblablement à la limite entre le Callovien inférieur et moyen, au plus tôt dans la sous-zone à *Gracilis* et au plus tard dans la sous-zone à *Enodatum*.

4) Suivi des discontinuités de la plate-forme à la bordure

Les corrélations des discontinuités analysées ci-dessus sont fondées sur l'existence d'espèces indices dans les formations qu'elles séparent. La présence de ces espèces peut avoir plusieurs causes, souvent imbriquées : – évolution d'une lignée observable sur place; – arrivée d'un ou plusieurs taxons auparavant cantonnés dans une autre province (facteurs historiques) [Dommergues et Marchand, 1988]; – changements de conditions de milieu (facteurs écologiques); [Marchand, 1982; Thierry, 1988]. Cette diversité des facteurs responsables de l'existence des espèces indices a une incidence sur la reconstitution des systèmes sédimen-

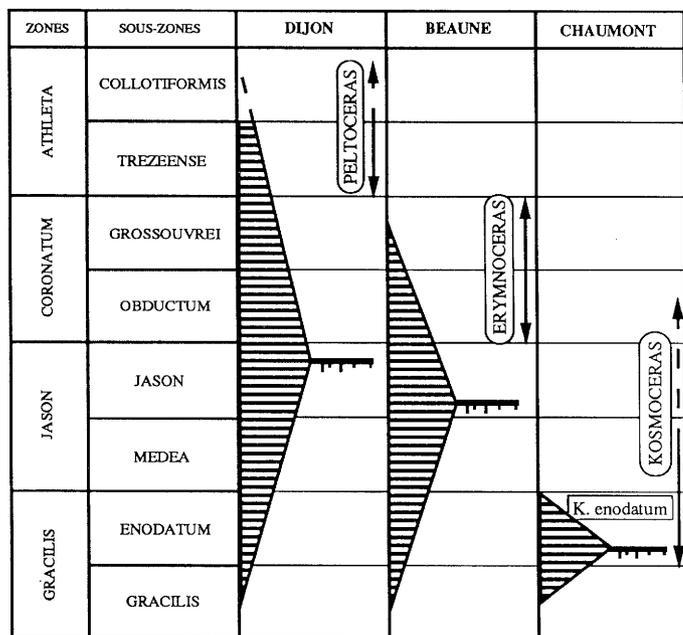


FIG. 6. – Variations de la précision de datation de la discontinuité D3 (sommets du système Pierre de Ladoix) en fonction de la faune ammonitique conservée dans les sédiments immédiatement surincombants. Dans les trois cas, la limite inférieure de l'intervalle d'incertitude se situe dans la sous-zone à Gracilis. Par contre, la limite supérieure varie suivant les régions et maintient une incertitude sur le synchronisme de D3.

FIG. 6. – Various dating precision of D3 discontinuity (top of Pierre de Ladoix system) depending on the preserved ammonites in the immediate overlying sediments. The lower limit of the uncertainty range belongs to the Gracilis subzone. Conversely, the upper limit varies with regions and keeps uncertainty on the D3 synchronism.

taires réunissant des éléments en provenance de domaines différents (e.g. plate-forme proximale et sa bordure distale, plus ouverte). Ainsi la discontinuité D3 n'est-elle pas matérialisée dans la région de Tournus (fig. 1, 2) où le Callovien inférieur et moyen est représenté par des faciès marneux de plate-forme distale. Si la faune ammonitique permet d'identifier toutes les sous-zones de ces sous-étages, seule une approche à l'échelle de l'horizon permettrait de déceler d'éventuelles lacunes ayant valeur de discontinuité et donc corrélables avec celle de la plate-forme (approche difficilement réalisable compte-tenu du matériel actuellement disponible).

III. – CONCLUSIONS

Si les discontinuités peuvent être considérées comme des repères événementiels, sinon exactement synchrones, utilisables pour placer des limites dans des cortèges sédimentaires, il est important de s'assurer que leur identification est cohérente sur l'ensemble d'un domaine. Lorsque les conditions d'observation sont dispersées et limitées comme sur la plate-forme bourguignonne, ceci suppose qu'elles soient identifiées et hiérarchisées. Outre les arguments sédimentaires, les données paléontologiques contribuent à cette hiérarchisation, ou remettent en question certaines interprétations.

Les renouvellements de communautés benthiques suggèrent soit un manque d'enregistrement de longue durée, soit de sévères modifications de l'environnement physique. Ils succèdent toujours à des discontinuités majeures. Parmi les espèces impliquées dans le renouvellement, certaines peuvent avoir valeur de marqueur biostratigraphique à l'échelle régionale. Par contre, les substitutions traduisent des mo-

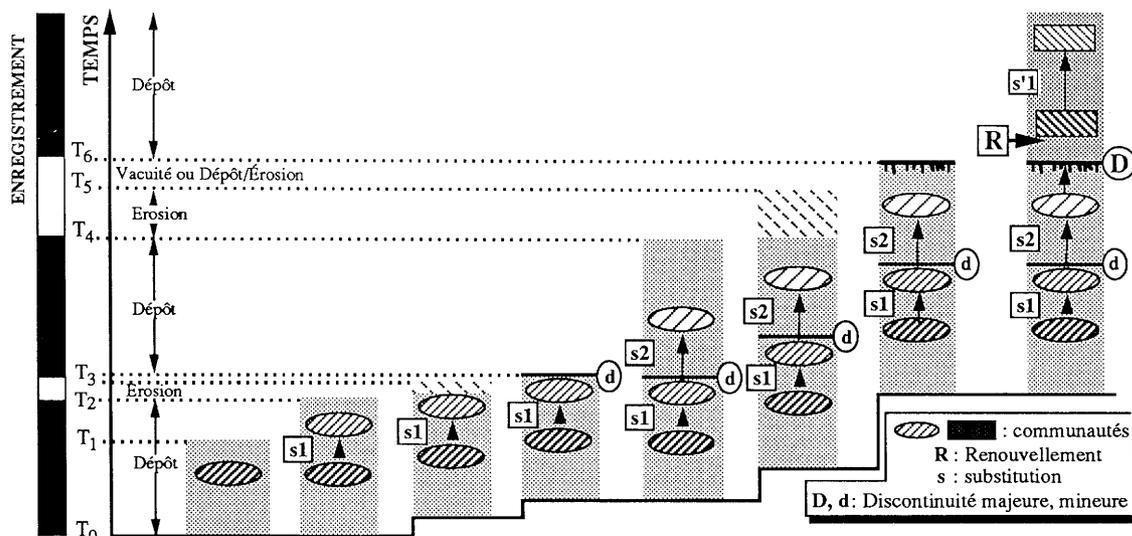


FIG. 7. – Schéma théorique des relations entre communautés benthiques et discontinuités. s1, s'1, s2 : substitutions dans une suite de communautés, non affectée par la discontinuité d. R : remplacement de communauté, après la discontinuité majeure D.

FIG. 7. – Theoretical scheme of the relationships between benthic communities and discontinuities. s1, s'1, s2 : substitutions in a succession of communities, without modifications due to the d discontinuity. R : replacement of community, occurring after the major discontinuity D.

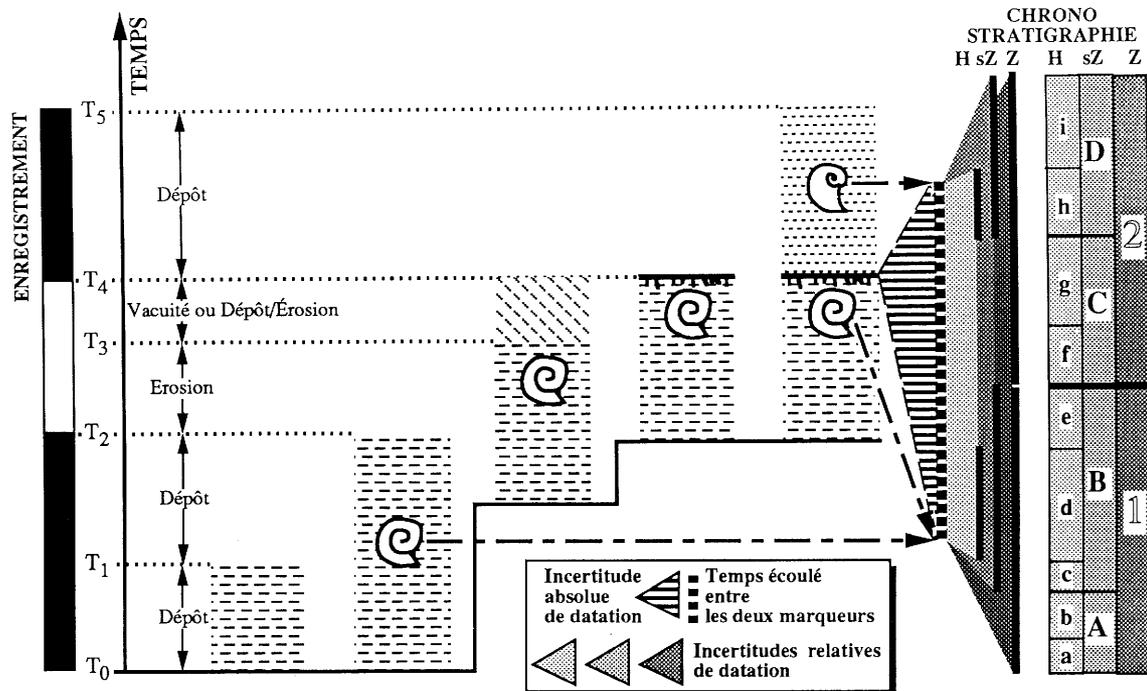


FIG. 8. – Exemple théorique d'incertitude de datation des séquences sédimentaires et des discontinuités qui les limitent, en fonction de la position et de la précision des faunes d'ammonites. (Z = zone; sZ = sous-zone; H = horizon. Colonne de gauche : noir = enregistrement du temps, blanc = absence d'enregistrement).

FIG. 8. – Theoretical example of dating uncertainty of sedimentary sequences and discontinuities according to position and relevance of ammonites. (Z = zone; sZ = subzone; H = horizon. Left column : black = recorded time, white = gap in the record).

difications temporelles de structure des communautés. Ils peuvent résulter de facteurs internes (propres aux paramètres biologiques des communautés) et éventuellement externes, mais de moins grande ampleur que ceux qui sont liés aux renouvellements. Ils semblent se réaliser de pair avec l'évolution du système sédimentaire et permettent de donner une valeur moindre aux discontinuités qui les accompagnent (fig. 7).

Les discontinuités étant identifiées et hiérarchisées, le contrôle de leur synchronisme sur un domaine entier suppose que leur calage prenne en compte le fait que l'outil chronostratigraphique indique des durées, plus ou moins longues selon la qualité des marqueurs (ammonites). L'écart temporel réel entre deux marqueurs encadrant au plus près une discontinuité donnerait, s'il était connu, l'incertitude absolue de datation de celle-ci. Cette incertitude est estimée

de manière relative en fonction du degré de précision des marqueurs recueillis (zone, sous-zone ou horizon : fig. 8). Sur les plates-formes, dater avec cet outil à précision variable l'événement qu'est une discontinuité, ne peut se faire sans prendre en considération l'incertitude qui lui est inhérente. Le passage à une vision dynamique des dépôts sédimentaires, indispensable par exemple aux explorations pétrolières en cours, apparaît ainsi comme dépendant de l'accroissement de la fiabilité des marqueurs biologiques, nécessitant une étude plus approfondie de leur évolution et de leur paléobiogéographie.

Attribuer à la même ligne-temps des discontinuités éparses sur le terrain et sans relations géométriques claires, suppose une rigueur accrue dans leur hiérarchisation et leur datation, si l'on souhaite utiliser avec fiabilité les concepts de la stratigraphie séquentielle.

Références

- ALMERAS Y. (1987). – Origin and evolution of the Jurassic multicostate zeillerid brachiopods *Eudesia* KING and *Flabellothyris* DESLONG-CHAMPS. – *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, Amsterdam, 59, pp. 261-268.
- ALMERAS Y., DELANCE J.-H. & ROLLET A. (1971). – Utilisation chronostratigraphique de quelques brachiopodes du Jurassique. In : Colloque du Jurassique, Luxembourg, 1967. – *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, Orléans, 75, pp. 97-102.
- CALLOMON J.H. (1984). – Biostratigraphy, chronostratigraphy and all that again. In : MICHELSEN O. & ZEISS A. Eds., Internat. Sympos. Jurassic Stratigr. Erlangen R.F.A., 3, pp. 611-624.
- CALLOMON J.H., DIETL G. & PAGE K.N. (1988). – On the ammonite faunal horizons and standard zonations of the Lower Callovian stage in Europe. In : MICHELSEN O. & ZEISS A. Eds., 2nd Internat. Sympos. Jurassic Stratigr., Lisbonne, Portugal, 1, pp. 359-376.
- DELANCE J.-H. & LAURIN B. (1983). – Contrôle de l'évolution des brachiopodes mésozoïques par les facteurs de l'environnement. In : CHALINE J. coord., Modalités, rythmes et mécanismes de l'évolution biologique. – CNRS, Paris, pp. 91-99.
- DOMMERMES J.L. & MARCHAND D. (1988). – Paléobiogéographie historique et écologique : application aux ammonites du Jurassique. In : J. WIEDMANN & J. KULLMANN Eds., Cephalopods : Present and Past. – 2nd International Symposium on Cephalopods, Tübingen, pp. 351-364.
- FLOQUET M., LAURIN B., LAVILLE P., MARCHAND D., MENOT J.-C., PASCAL A. & THIERRY J. (1989). – Les systèmes sédimentaires bourguignons d'âge bathonien terminal-callovien. – *Bull. Centre Rech. Expl. Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, 13, pp. 133-165.
- GARCIA J.-P. (1988). – Dynamique des communautés benthiques à brachiopodes et variabilité morphologique le long des séquences sédimentaires (Bathonien supérieur-Callovien inférieur); région de Buffon, Côte d'Or. – DEA SEDIPAL, Univ. Bourgogne, Dijon. 29 p. (inédit).
- GARCIA J.-P., COURVILLE P., LAURIN B. & THIERRY J. (1989). – Dégénération différentielle et encroûtement de constructions à madréporaires dans le Callovien inférieur (Jurassique moyen) d'Étrochey (Côte d'Or). – *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, (8), 5, pp. 1217-1225.
- JACQUIN T. (1989). – Sequence stratigraphy in the southern Vercors (Hauterivian-Barremian). – Doc. Univ. Bourgogne, URA CNRS 157, IFP, 74 p., (inédit).
- LAURIN B. (1984). – Les Rhynchonellidés des plates-formes du Jurassique moyen d'Europe occidentale. – *Cahiers de Paléontologie*, CNRS, Paris, 465 p.
- MARCHAND D. (1982). – Rôle des Ammonoïdés pour les reconstitutions paléogéographique, paléobathymétrique et paléotectonique. Exemples pris dans le Callovien et l'Oxfordien de l'Europe Occidentale. – *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, (7), 24, pp. 1017-1023.
- ODIN G.S. (1988). – The Jurassic numerical time scale in 1988. – *Bull. Liais. Inf. IGCP*, Proj. 196, 7, pp. 38-49.
- PURSER B.H. (1975). – Sédimentation et diagenèse précoce des séries carbonatées du Jurassique moyen de Bourgogne. – Thèse Doct. Etat, Univ. Paris-Sud, Orsay, 384 p.
- REY J., CUBAYNES R., FAURE Ph., HANTZPERGUE P. & PELISSIE T. (1988). – Stratigraphie séquentielle et évolution d'une plate-forme carbonatée : le Jurassique du Quercy (Sud-Ouest de la France). – *C.R. Acad. Sci.*, Paris, (2), 306, pp. 1009-1015.
- THIERRY J. (1971). – Observations sur le Callovien de la bordure nord-est du Massif central. – *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, (7), 13, pp. 17-27.
- THIERRY J. (1978). – Le genre *Macrocephalites* au Callovien inférieur (Ammonites, Jurassique moyen). – *Mém. Géol.*, Univ. Dijon, 4, 490 p.
- THIERRY J. (1988). – Provincialisme et/ou écologie des ammonites du Callovien en France. In : J. WIEDMANN & J. KULLMANN Eds., Cephalopods : Present and Past. – 2nd International Symposium on Cephalopods, Tübingen, pp. 387-402.
- VAIL P.R., COLIN J.P., JAN DU CHENE R., KUCHLY J., MEDIAVILLA D. & TRIFILIEFF V. (1987). – La stratigraphie séquentielle et son application aux corrélations chronostratigraphiques dans le Jurassique du Bassin de Paris. – *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, (8), 3, pp. 1301-1322.
- WESTERMANN G. (1984). – Gauging the duration of stages : a new approach for the Jurassic. – *Episodes*, London, 7, (2), pp. 26-28.