

DEA "Paléontologie, Dynamique sédimentaire et Chronologie"
Formation Doctorale **PAL & SED**
Dijon, Lyon I, Aix-Marseille I, Toulouse III

**Caractérisation de Discontinuités Majeures dans le Kimméridgien
de Bourgogne et du Sud-Est du Bassin de Paris:**
Sédimentologie, Diagenèse, Micro et Nannofaciès



Fronteau Gilles 1995

Université de Bourgogne, Dijon
Centre des Sciences de la Terre, URA CNRS N°157
Paléontologie Analytique et Géologie Sédimentaire

Laboratoire d'accueil: Université de Reims
Laboratoire des Sciences de la Terre
Géobiologie des environnements de périplateforme

TABLE DES MATIERES:

INTRODUCTION: (pages 3 à 8).

- 1/ Présentation générale et objectifs.
- 2/ Méthodes employées dans ce travail.
 - Méthodes et objets étudiés.
 - Techniques utilisées.
 - Référentiel environnemental employé.
 - Données géologiques, cadre de travail.
- 3/ Présentation des méthodes d'études de la diagenèse
- 4/ Lithologie sommaire de la série du Kimméridgien dans l'Est du bassin de Paris.

1^{ère} Partie: Etude des affleurements : description des coupes, interprétation des faciès :

- A/ Coupe de Marsannay-le-Bois (pages 9 à 20).
- B/ Coupe de Bèze (pages 21 à 24).
- C/ Coupe de Gudmont (pages 25 à 31).

- Avec pour chaque coupe:
- a) description de la série, relevé des coupes.
 - et caractérisation des discontinuités.
 - b) inventaire des faciès.
 - c) diagramme de substitution latérale des faciès.

2^{ème} PARTIE: Interprétation en séquences de dépôts: (pages 32 à 34).

- A/ Problème de l'absence de marqueurs biostratigraphiques.
- B/ Corrélation entre les coupes.

3^{ème} PARTIE: Etude comparée de nannofaciès de sédiments micritiques: (p. 35 à 41).

- A/ Travaux antérieurs.
- B/ Relation entre nanostructure et milieu de dépôt.
- C/ Relation entre nanostructure et diagenèse de discontinuité.

CONCLUSIONS: (pages 42 et 43).

- / Sur les séries du Kimméridgien inférieur et l'évolution du milieu de dépôt.
- / Sur l'observation des micrites au MEB.
- / Sur les discontinuités (majeures ou locales).

ANNEXES:

- / Références bibliographiques (pages 44 et 45).
- / Logs des coupes au 1/100: Marsannay-le-Bois, Gudmont (pages 46 à 49).
- / Logs diagénétiques des discontinuités: Marsannay-le-Bois, Bèze, Gudmont (pages 50 et 51).
- / Planches photographiques (pages 52 et 53).

INTRODUCTION:

1/ PRESENTATION GENERALE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL:

Les sédiments du Jurassique supérieur et plus particulièrement du Kimméridgien inférieur présentent, en Bourgogne, des faciès très variés. Pourtant leur étude est rendue difficile par le fait qu'il n'existe que très peu d'affleurements et que la série ne s'observe jamais dans son intégralité.

En effet, le Jurassique supérieur affleure surtout à l'extrême limite du fossé bressan et par suite, les différentes coupes sont compartimentées par de très nombreuses failles. De plus à l'emplacement du seuil de Bourgogne ne sont mis en évidence que des sédiments du Jurassique moyen (ou inférieur) et pour cette raison, vers le nord, on ne trouve pas d'affleurements du Kimméridgien avant la Haute-Marne.

Depuis les travaux synthétiques effectués dans le but de comprendre l'organisation globale de la série (PASCAL 1971, 1973), il n'y a eu que de rares tentatives et à des niveaux moindres (FILAK 1993, MOUSSA 1994) pour étudier avec plus de précision ces faciès et leur évolution.

C'est pourquoi ce travail répond à plusieurs objectifs:

1/ Faire un relevé précis de la succession des faciès du Kimméridgien inférieur et essayer de retrouver l'évolution des milieux de dépôts. Car si globalement cette période correspond à une transgression (BARBIER *et al* 1993), à une plus petite échelle la variation du niveau marin montre une plus grande diversité.

2/ Analyser les discontinuités afin de compléter cette succession. Cette partie du travail est l'objectif principal de ce mémoire, car à chaque surface de discontinuité une grande tranche de temps n'est pas enregistrée par du sédiment. Dans ces niveaux seule l'étude de la diagenèse permet d'approcher l'histoire du milieu durant la période où s'est développée la discontinuité: érosion ou non dépôt, milieu marin, influence continentale ou émerision.

3/ Etudier la variation latérale des discontinuités. Car ce ne sont pas des surfaces géographiquement uniformes, elles peuvent se télescoper, s'atténuer voire disparaître. De plus étudier la variation latérale d'une discontinuité, renseigne, grâce aux différences observées, sur l'évolution régionale de la dynamique de sédimentation.

4/ Observer le plus précisément possible la constitution des micrites (présentes dans la majeure partie des faciès observés). Le but étant d'établir leurs différences et de comparer leur évolution diagenétique: comparaison des micrites au niveau des discontinuités et dans d'autres niveaux plus éloignés de celle-ci.

2/ METHODES EMPLOYEES DANS CE TRAVAIL:

Afin de définir le faciès type d'un sédiment, il convient d'intégrer le maximum de données. Pour cette étude, l'observation macroscopique (ELF 1975-1977), a été complétée par une analyse du microfaciès (LUCAS 1976) et de la diagenèse subie par le sédiment.

Ces critères d'observation et les déductions sur les processus de dépôt impliqués permettent ensuite de placer tous les faciès inventoriés sur un profil de dépôt. Celui-ci, orienté selon un axe continent/bassin qui permettra d'interpréter chaque faciès en terme de milieu de formation du sédiment.

Cette analyse est ensuite complétée par l'étude des discontinuités. L'observation macroscopique et surtout microscopique permettant, en retrouvant l'ordre des diverses étapes diagenétiques, d'établir une stratigraphie de la diagenèse de discontinuité. Complétant ainsi l'histoire en y intégrant les épisodes enregistrés non sous la forme de sédiment mais par des transformations diagenétiques du dépôt sous la surface de discontinuité.

Ainsi l'étude conjointe du macro et du microfaciès, du sédiment et des discontinuités permet d'intégrer le maximum de données, d'approcher au mieux l'histoire des dépôts et de la dynamique de la sédimentation.

Dans la conclusion, ces données pourront être synthétisées en séquences de dépôt et les relevés de coupe pourront être corrélés à plus grande échelle.

Récapitulation des différents objets étudiés:

Complémentarité et parallélisme des deux types d'études: macroscopique et microscopique.

Objets macroscopiques:

Texture et nature des éléments
Distinction matrice/ciment
Granulométrie et sa variation
Figures sédimentaires
Macrofaune, Ichnofaune, Indices végétaux
Repérage et observation des discontinuités

Objets microscopiques:

Texture et nature des éléments
Minéralogie des grains
Phase liante: micrite et types de sparite
Bioclastes, Microfaune
Diagenèse des discontinuités
Diagenèse

➤ **Techniques utilisées:**

Pour appliquer les méthodes de l'analyse sédimentologique ou celles de la stratigraphie de la diagenèse, il faut observer les échantillons au mieux et à plusieurs échelles. Plusieurs moyens ont été utilisés pour mener à bien cette intégration du macroscopique et du microscopique:

- réalisation de nombreuses surfaces polies et de plus de 250 lames minces.
- utilisation de colorations (alizarine rouge S et ferricyanure de potassium) pour faciliter l'étude de certains microfaciès.
- observation au MEB pour observer les nanofaciès: JEOL JSM-25.

Mais, comme on le verra, certaines de ces méthodes ont donné peu de résultat, car les discontinuités affectent ici des faciès essentiellement micritiques.

➤ **Référentiel environnemental:**

Dans ce travail, sera utilisé un modèle de plate-forme barrée classique (sensu HOMEWOOD 1992). Les faciès se répartissent en fonction de la dynamique de sédimentation et de l'interaction des organismes: producteurs de carbonates ou destructeurs de matière. Ce profil de dépôts (figure n°1) sera ensuite utilisé comme référence et servira à matérialiser l'environnement de formation des divers sédiments. Ceux-ci seront soit juxtaposés à côté des logs de représentation des coupes, soit utilisés comme base pour construire des diagrammes de substitution de faciès.

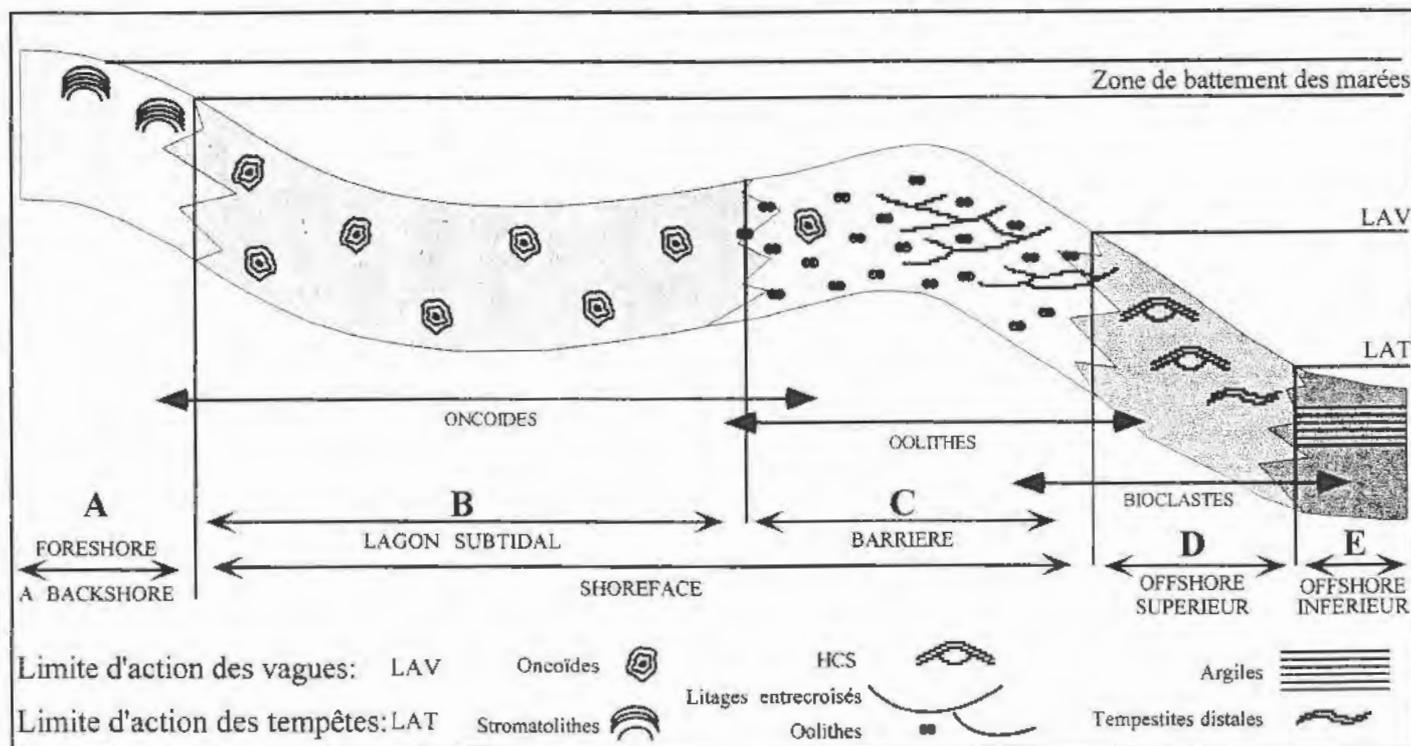


Fig. 1: Zonation des environnements de dépôts observés dans cette étude: Profil théorique

On différenciera 5 zones de milieux de dépôts, notées de A à E selon leur position par rapport au continent (de plus en plus distal de A vers E):

- **Milieu de dépôt A:** il correspond aux zones de foreshore et de backshore et subit donc des émergences temporaires (zone intertidale) ou prolongées (zone supratidale). Il s'agit d'un milieu qui peut être de forte énergie (quand le déferlement des vagues n'est pas atténué): formation de "beach-rock". Ou, au contraire, être un milieu protégé avec le développement d'une forte activité cyanobactérienne (stromatolithes) et la formation de figures sédimentaires caractéristiques: microcavernes, fentes de dessiccation, birds-eyes (anciennes bulles d'air piégées dans un milieu temporairement émergé).

- **Milieu de dépôt B:** il s'agit d'un environnement de lagon mais à la différence du milieu précédent, celui-ci est en permanence immergé: shoreface protégé, cette zone B développe donc des faciès ressemblant à la variété calme du milieu A. Pourtant, sans les figures caractéristiques d'un milieu où la tranche d'eau est très faible voire nulle. On note aussi la diversification de la faune avec la présence de Polypiers, de Rudistes (*Diceras*), d'algues et de Foraminifères. Mais, tant que le milieu est légèrement agité, les oncoïdes restent prédominant avec parfois des éléments provenant de la barrière (milieu C) et apportés dans le lagon par l'action des tempêtes.

- **Milieu de dépôt C:** soumis à l'action des vagues: shoreface agité, il correspond à un environnement de moyenne à forte énergie assimilable à une barrière de plate-forme, on y note la relative absence d'une micrite de décantation, une organisation en litages obliques et la formation d'oolites et de lithoclastes. La faune qui réussit à se développer dans ce milieu est résistante à l'action des courants mais outre la microfaune, elle est fossilisée le plus souvent sous la forme de débris remaniés (nucleus d'oolites, bioclastes).

- **Milieu de dépôt D:** les faciès typiques de cette zone d'offshore supérieur sont encore assez diversifiés. Ils dépendent beaucoup des dépôts se formant en amont: milieu C par exemple. Comme ce milieu est situé sous l'action des vagues de beau temps, les seuls courants enregistrés sont ceux formés par l'action des tempêtes. Ce milieu est donc globalement plus calme que le précédent ce qui explique la disparition de la plupart des figures sédimentaires (hormis celles dues aux épisodes de tempêtes: HCS, SCS). Dans ce milieu D, elles sont conservées car elles ne sont plus reprises par l'action permanente des vagues de beau temps.

- **Milieu de dépôt E:** milieu le plus distal du profil, il est marqué par la disparition des indices de tempêtes et par l'augmentation de la fraction marneuse. Les faciès sont donc à tendance calcaréo-marneuse, la bioturbation n'est plus perturbée par les courants et généralement les éléments les plus abondants seront les bioclastes. La faune montre une prédominance des Brachiopodes et des Mollusques fousseurs en association parfois avec des bois flottés et des concentrations de pyrite.

➤ Inventaire des faciès, construction d'un diagramme de substitution:

Après avoir observé une coupe et déterminé tous les faciès présents, on peut essayer de construire un diagramme représentant leur succession verticale et latérale, Ils s'organisent théoriquement en cycles de dépôts. Un schéma représentant l'enchaînement théorique des faciès présent se construit en replaçant, sur un profil de dépôt, les faciès dont l'interprétation en terme d'environnement est fiable.

Par ex: mudstone à stromatolithes et microstalactites ⇒ Zone intertidale à supratidale.

Lorsqu'un problème se pose (comme ici pour le banc n° 64 de la coupe de Marsannay : pages 18 et 19) il faut retourner aux données de terrains et à leur interprétation en terme de milieu de dépôt. L'examen de leur enchaînement permet alors de comprendre de quel environnement ce faciès problématique est le témoin et de compléter le diagramme.

Il s'agit donc, non pas de faire une interprétation puis un diagramme ou à l'opposé de faire coïncider une hypothèse sur un profil théorique, mais bien de s'obliger à manier une double approche afin d'avoir l'interprétation la plus cohérente possible.

Les diagrammes qui figurent dans ce rapport sont au nombre de trois: l'un par coupe, alors qu'en théorie il est préférable d'en construire un par cycle de dépôt. Ce nombre a été choisi pour permettre d'avoir une vision globale de l'évolution de l'environnement. La rupture entre les grands cycles de dépôt étant représentée sur les diagrammes par une ligne continue.

L'axe vertical de chaque diagramme représente l'épaisseur de la coupe, c'est à dire la succession des bancs. Une ligne brisée plus ou moins verticale matérialise de façon subjective, la variation des milieux

observés au sein de l'affleurement. Elle aide ainsi à différencier les séquences, les tendances et les cycles de formation du sédiment.

Enfin pour insister et matérialiser l'importance des discontinuités majeures, celles-ci ont été figurées dans chaque diagramme sous la forme d'une flèche noire. Le point de rupture dans l'enregistrement de l'évolution des milieux de dépôts se trouve donc lui aussi matérialisé (les changements majeurs sont eux soulignés par une ligne brisée horizontale).

Par exemple, une coupe faisant apparaître un cycle régression / transgression avec un jeu permanent de petites séquences et une discontinuité majeure en fin de régression sera du type suivant:

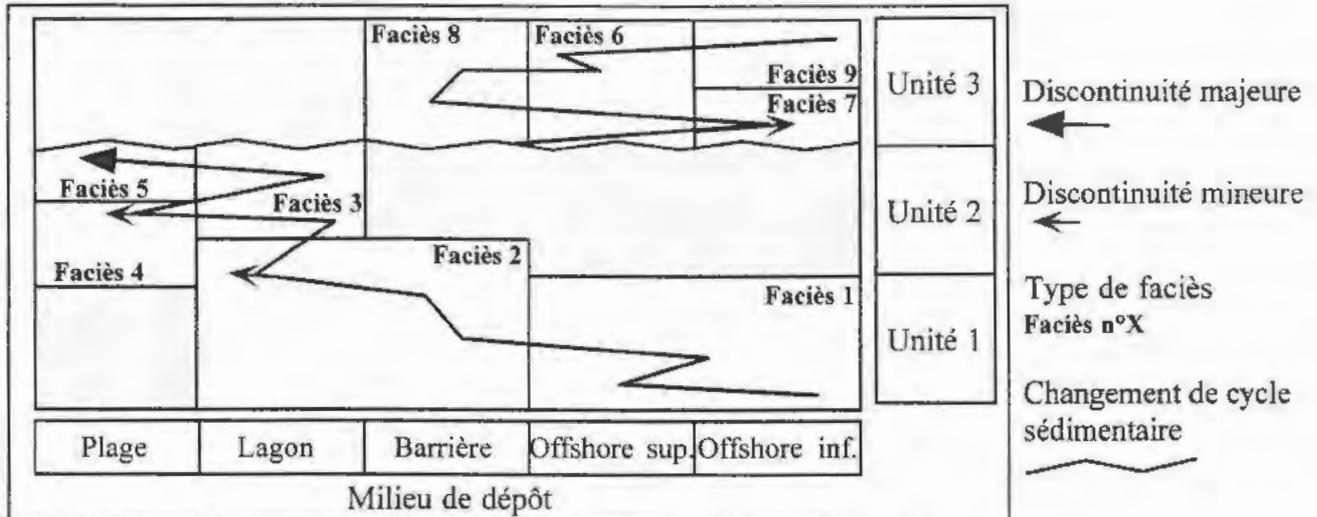
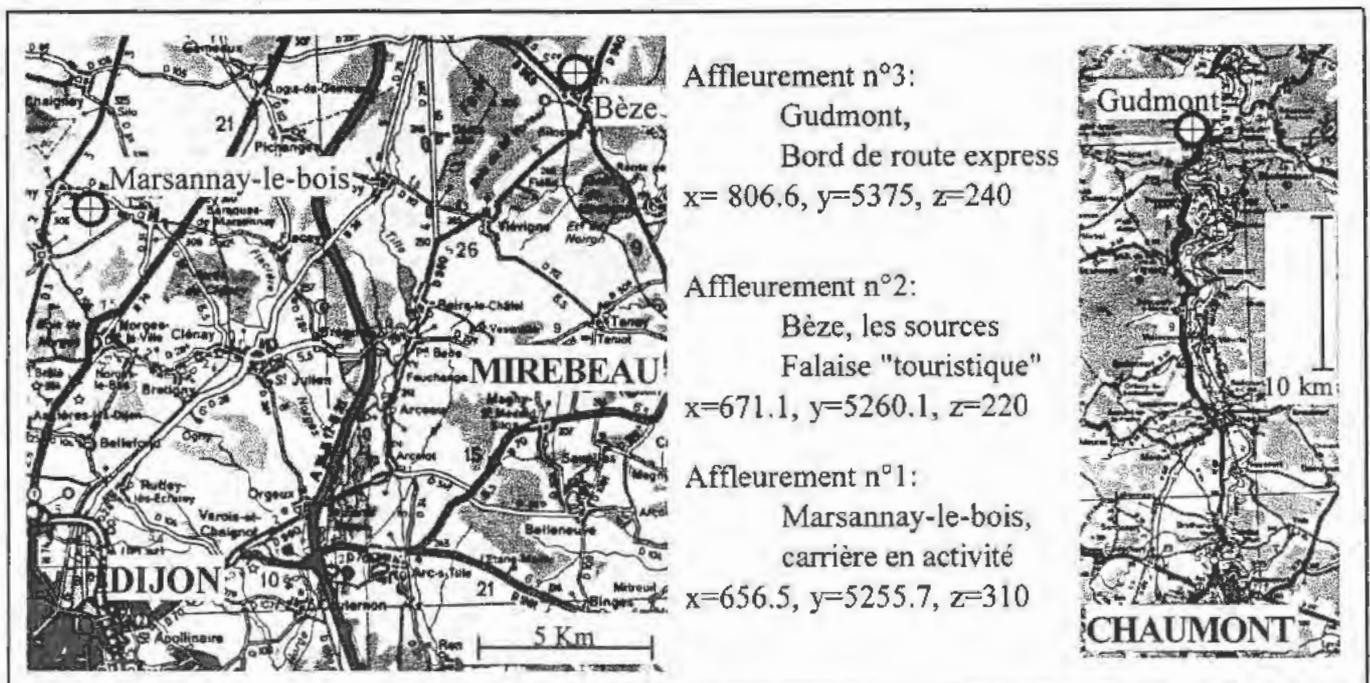


Fig. 2: Exemple de diagramme de substitution de faciès.

➤ **Données géologiques étudiées:**

Ce travail a eu pour cadre trois affleurements du sud-est du bassin de Paris. Deux d'entre eux se situent en Cote d'Or (Marsannay le Bois et Bèze), un peu au dessus de Dijon. Le troisième se trouve en Haute-Marne (Gudmont), de l'autre coté du seuil de Bourgogne. Ils ont été choisis en raison de leur épaisseur qui, fait assez rare, permet d'observer à chaque fois et de façon quasi continue une grande partie des sédiments assimilés au Kimméridgien inférieur.

La localisation précise de chaque coupe est donnée ci-dessous avec leurs coordonnées Lambert ainsi que l'emplacement des différents sites d'étude les uns par rapport aux autres (figure n°3).



3/ PRESENTATION DES METHODES D'ETUDE DE LA DIAGENESE:

➤ Intérêts d'une étude de la diagenèse:

L'importance de ce type d'analyse apparaît quand on travaille sur des sédiments de milieux très proximaux. Des changements dans le fonctionnement du milieu de dépôt peuvent intervenir avec des modifications mineures du système sédimentaire. Ainsi, il peut se produire un ralentissement de la sédimentation, la création d'un courant qui transporte les sédiments, ou même, dans les cas extrêmes: émergence.

Et, durant l'arrêt de la sédimentation, l'enregistrement des variations de l'environnement, initialement matérialisé sous la forme d'un sédiment, ne peut être approché que par l'étude des phénomènes diagénétiques et de la discontinuité créée durant cet épisode.

➤ Méthodes d'études de la diagenèse:

Une surface de discontinuité se forme donc durant un temps où il n'y a pas formation de dépôt, les phases diagénétiques enregistrées sont principalement d'échelle microscopique: ciments isopaques, dissolutions... Une analyse de la diagenèse s'accompagne donc d'une observation microscopique systématique.

Pour analyser les événements enregistrés dans une discontinuité, il faut donc considérer les produits de la diagenèse comme des relais de la sédimentation. On peut appliquer aux phases de perforations, aux ciments et aux transformations minéralogiques, les principes de recouplement et de superposition.

Mais malheureusement au cours de notre étude, dans toutes ces discontinuités datées du Jurassique supérieur, les ciments sparitiques sont rares ou absents. Or, pour une analyse classique de la diagenèse de discontinuité, ils sont des éléments essentiels. De même l'étude initiale devait utiliser la microscopie en cathodoluminescence, mais l'usage de cet outil très performant a été abandonné (là encore à cause du manque de calcite sparitique).

Les méthodes classiques d'étude de la diagenèse ont donc dû être adaptées. Cette abondance de la micrite nous a conduit à une revalorisation des observations macroscopiques (sur l'affleurement ou sur surfaces polies). Mais aussi, à l'inverse, à l'observation de l'impact d'une discontinuité sur la nanostructure du sédiment. A cela s'ajoutant quand même la réalisation et l'interprétation de lames minces prélevées sous la surface de discontinuité même mais aussi dans les niveaux sous-jacents.

➤ Modes de représentation utilisés:

Enfin pour représenter les différentes phases diagénétiques, on utilisera la technique initialisée par DURLET *et al* en 1992: les logs diagénétiques. Ces logs ne seront utilisés ici qu'en guise de conclusion: afin de visualiser l'ensemble des phases diagénétiques inventoriées sous une surface de discontinuité.

Ce mode de représentation permet, en effet, de montrer en fonction du temps la succession des phases diagénétiques observées au microscope optique (et ici à l'oeil nu). Il a pour avantage d'être facilement mis en oeuvre et de pouvoir évoluer au gré de l'avancée du travail. De plus, une juxtaposition de logs diagénétiques est simple à réaliser, elle permet de visualiser rapidement la variation latérale d'une discontinuité ou de comparer les discontinuités d'une même coupe.

De plus, cette méthode permet de créer autant de logs que l'on observe de types de phases diagénétiques. Comme il s'agit d'un moyen de représentation initialement conçu pour des faciès à ciments sparitiques variés (comme ceux du Bajocien étudiés par DURLET); les sédiments pour lesquels les logs ont été initialement créés sont légèrement différents de ceux de la présente étude. Il a été nécessaire de construire de nouveaux logs (figure n°4, page suivante).

Enfin, le logo "sédimentation" différencie les deux types de remplissage de perforations:

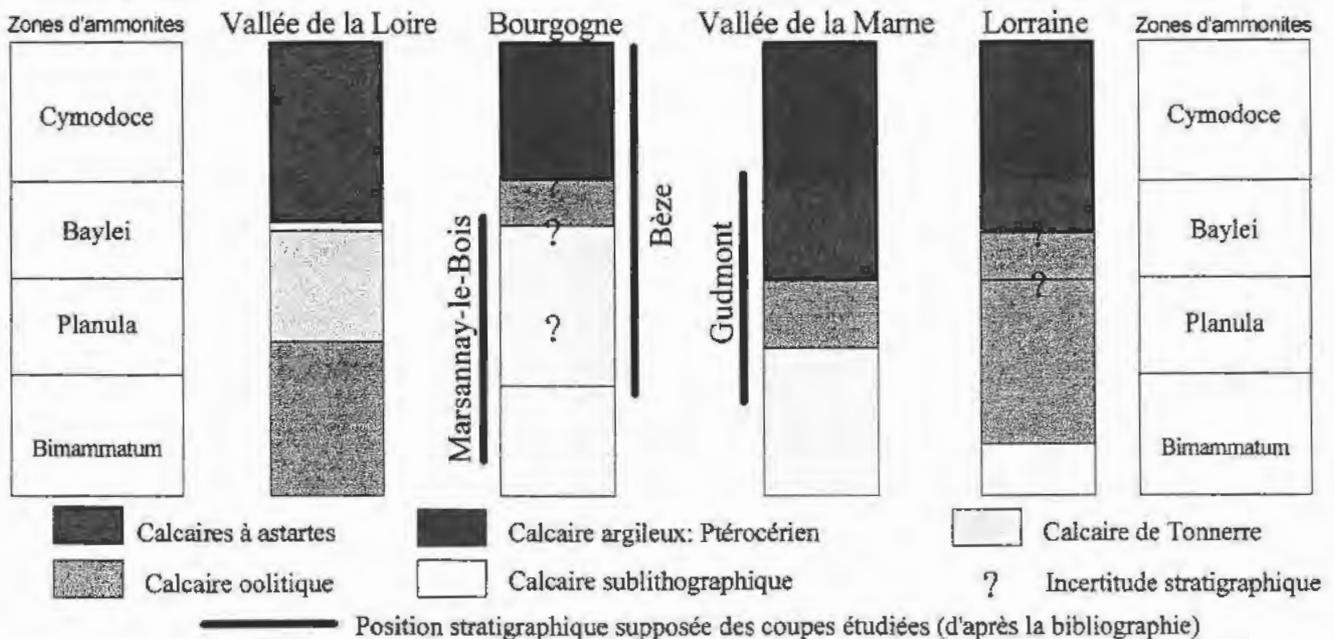
- remplissage différent et plus ou moins indépendant du sédiment qui recouvre la surface de discontinuité (absence du logo sédimentation).
- remplissage identique au sédiment qui recouvre la discontinuité (présence du logo sédimentation).



Figure 2: Légende des logo diagénétiques utilisés dans cette étude.

4/ LE KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR DU BASSIN DE PARIS:

Lithologie, noms de formations et découpage classique:



➤ Légendes utilisées pour la représentation des logs:

- MA: marnes
 - MI: sédiment à matrice micritique
 - CA: sédiment à ciments sparitiques
- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> :Pelletoides :Oncoïdes :Oolites :Lithoclastes :Nérinées :Polypiers :Brachiopodes :Cladocoropsis | <ul style="list-style-type: none"> :Lamellibranches fouisseurs :Gastéropodes :Entroques :Stromatolithes :Birds-eyes :Voile algairé :Bioclastes divers :Bois | <ul style="list-style-type: none"> :HCS :Litages obliques :Surface de bioturbation :Surface perforée :Surface perforée encroûtée :Bioturbations |
|--|---|---|

1ère partie: ETUDE DES AFFLEUREMENTS:

1/ DESCRIPTION DES COUPES: Interprétation des Faciès:

A/ Coupe de MARSANNAY LE BOIS:

- a) Description de la série: - relevé global de cette coupe: page 11.
 - log au 1/100: en Annexe.

- Unité IA (3,25 m):

Observations: Cette unité commence au-dessus d'un niveau d'argile verte, ces niveaux sont dits à Charophytes mais ici, aucune n'a été observée. Le sédiment à la base (bancs n°2 et 3) est un packstone à oncoïdes avec des passées contenant moins d'éléments. Au sommet de ces bancs, le sédiment passe progressivement à deux types de faciès (équivalent latéral: banc n°4). Il s'agit soit d'un mudstone à petits terriers ouverts, microstalactites (voir Photo n°1) et rares Foraminifères (Miliolidés); soit d'un tapis stromatolithique de 10 cm d'épaisseur.

L'unité se termine par un packstone à oncoïdes mais dans lequel on trouve quelques Nérinées, des Foraminifères: *Alveosepta jaccardi* SCHRODT et de rares Dasycladales: *Salpingoporella sp.* Au sommet de ce banc (n° 5) la patine devient crayeuse, les éléments plus petits et le banc suivant présente un faciès à gros oncoïdes légèrement bioturbé.

Interprétation: Ces faciès témoignent d'un milieu de dépôt très peu profond voire temporairement émergé. Les sédiments s'organisent en petites séquences de comblement semblables à celles d'âge Bathonien du système Comblanchien (dont les faciès d'ailleurs ressemblent fort à ceux de cette partie du Jurassique supérieur). Dans chaque séquence, le lagon subtidal calme (milieu de dépôt type B) se comble; il se change pas radicalement mais connaît des émergences temporaires (environnement de dépôt type A). Le petit lagon totalement comblé se retrouvera alors immergé à nouveau (influence de la tectonique locale), la séquence suivante commençant à nouveau avec des faciès indiquant un milieu de lagon subtidal.

- Unité IB (3,10 m):

Observations: Le premier niveau de cette unité commence par un packstone/grainstone à éléments de tailles variées: éléments micritiques ont plus de 2 centimètres de long ou éléments noirs de 0,5 centimètres max. La base de ce niveau érode légèrement le dernier banc de l'unité IA.

On retrouve ensuite un faciès micritique à oncoïdes, la taille de ceux-ci augmentant vers le haut; au niveau du banc n° 9 de nombreuses Nérinées apparaissent. Jusqu'au sommet de l'unité la faune est plus diversifiée avec des Polypiers, des *Cayeuxia sp.*, et des Dasycladales. Les Foraminifères sont eux aussi plus variés avec de nombreux *Alveosepta jaccardi*, la présence de *Labyrinthina mirabilis* WEYNSCHENK (banc n° 8) et de *Trocholina transversarii* PAALZOW. Puis progressivement le faciès prend une couleur rouge, des poches de sparite apparaissent ainsi que des bioturbations; l'unité IB se termine par une surface perforée, ferruginisée: la discontinuité majeure I.

Voir photo n°2

► La discontinuité du sommet du banc n°14, fin de l'unité IB:

A la limite entre les formations dite des calcaires compacts piquetés de la Charmette et des calcaires oolithiques (Unités respectivement IIB et IIA) s'observe une discontinuité très esthétique: voir photo n° 2.

Cette discontinuité étend son influence sur plus d'un mètre (fig. n°6), l'intensité de la bioturbation et de l'altération qui augmentent vers le haut: sommet du banc n°14. A cet endroit, sur 20 cm, le sédiment prend une couleur rouge, les éléments sont très petits, altérés, avec des terriers qui forment un réseau. Dans ces terriers sommitaux, se trouvent des accumulations d'oxydes de fer, des poches de sparite (d'aspect parfois verdâtre) et des encroûtements laminés: voir fig. n°7. Cette discontinuité est donc composée d'une surface bioturbée et perforée unique, dont l'influence est intense sur les 20cm sous-jacents puis décroissante mais encore sensible à 1 mètre sous la discontinuité. La surface sommitale est plane et légèrement en discordance par rapport aux bancs: il y a donc eut érosion après induration.

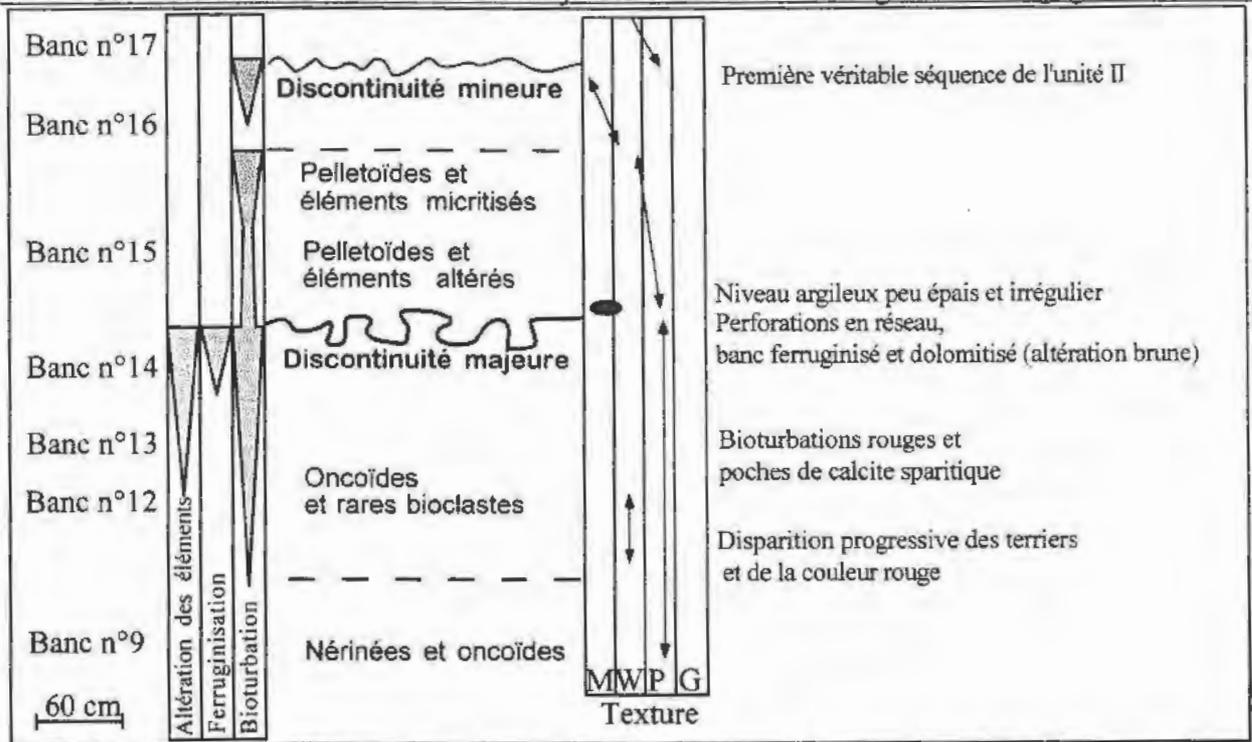


Fig. 6: Log et nature des bancs autour de la discontinuité majeure I, Coupe de Marsannay le Bois

De plus les laminations, que l'on trouve dans les terriers du sommet, présentent parfois des formes de dômes et elles peuvent donc être d'origine stromatolithique, elles sont ferruginisée juste sous la surface de discontinuité et micritiques plus en contrebas.

L'étude, au microscope optique, de cette surface est difficile car les sédiments, micritiques à l'origine, sont très altérés (ferruginisation); les remplissages du réseau de perforation, qui étaient aussi micritiques, sont eux dolomités. Et donc comme on ne peut observer aucun ciment sparitique et pour retrouver les épisodes de la création de la surface de discontinuité, il a fallu, en plus des lames minces, réaliser des surfaces polies. Car celle-ci permettent de comprendre en trois dimensions l'organisation de la discontinuité.

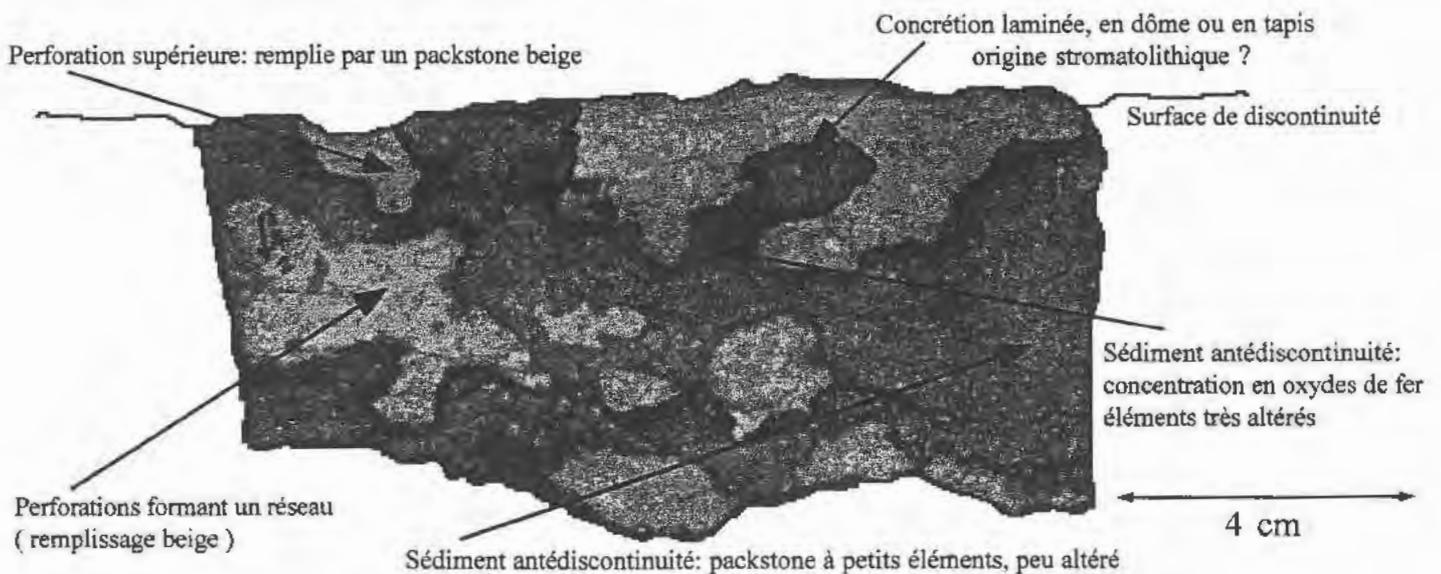


Fig. 7: Discontinuité majeure I (Marsannay-le-bois), surface polie du sommet du banc n°14.

Grâce à ces observations a été découvert un épisode, non ferruginisé et conservé qu'en de rares endroits: dans les perforations du sommet de la surface (voir fig.n°9). Une fois localisé, on peut l'observer au microscope optique et constaté qu'il s'agit d'une micrite qui contient peu d'éléments mais parfois des serpules

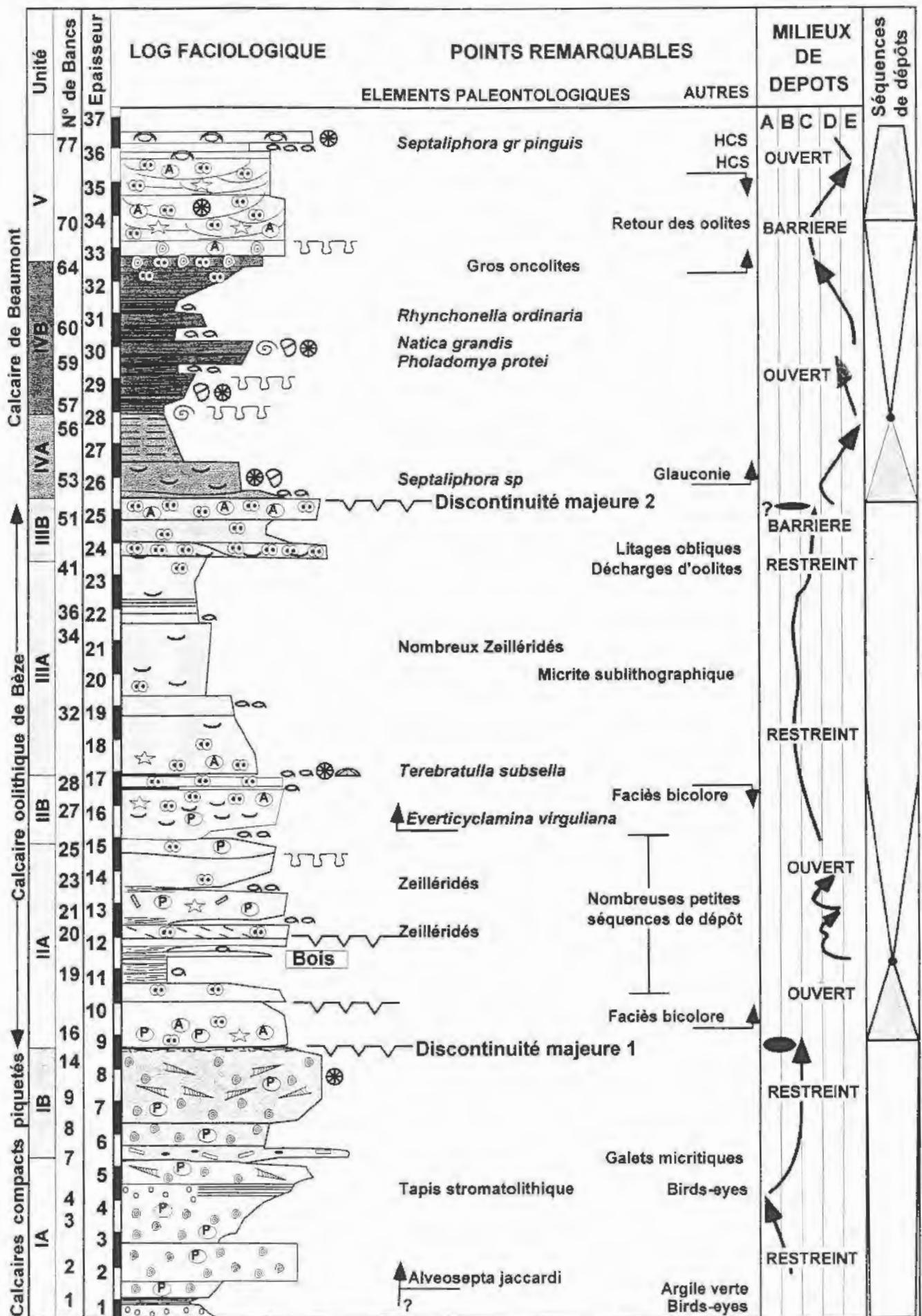


Figure n°8: Coupe de MARSANNAY LE BOIS: LOG DE LA SERIE DU KIMMERIDGIEN INF. POINTS REMARQUABLES ET EVOLUTION DU MILIEU DE DEPOT

De plus, ce sédiment est lui aussi tronqué, ce qui prouve qu'il y a eu une seconde période d'induration. Le fait de trouver des serpules dans un perforation indique qu'à un moment, ces perforations étaient totalement vides de sédiment.

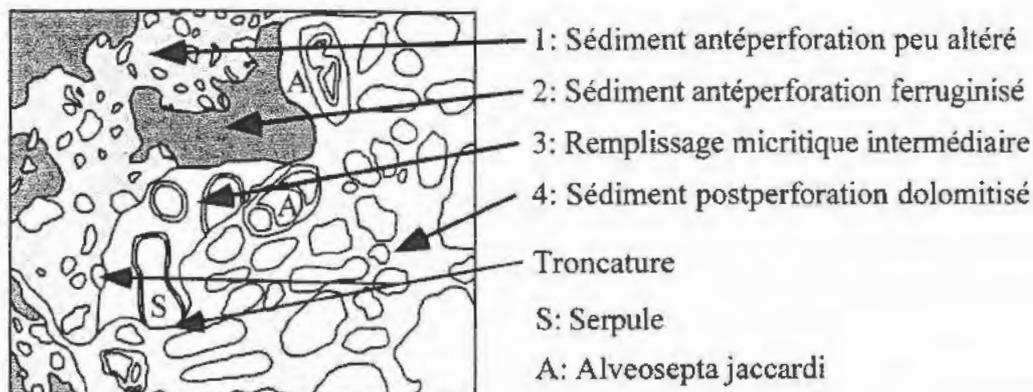


Fig. 9: Sédiment à serpules tronqué, épisode supplémentaire de l'histoire de la discontinuité.

Le réseau de perforations du sommet du banc n°14 a donc été vidé de ces sédiments, des stromatolithiques se sont construites à la périphérie des perforations. Puis, le sédiment à serpules s'est développé (après la ferruginisation qui affecte les stromatolithes), ce sédiment s'est induré, a été tronqué, puis le réseau de perforations s'est rempli lors de la reprise de la sédimentation (le remplissage final est en effet du même type que le matériel du banc n° 15, celui qui se trouve au-dessus de la discontinuité).

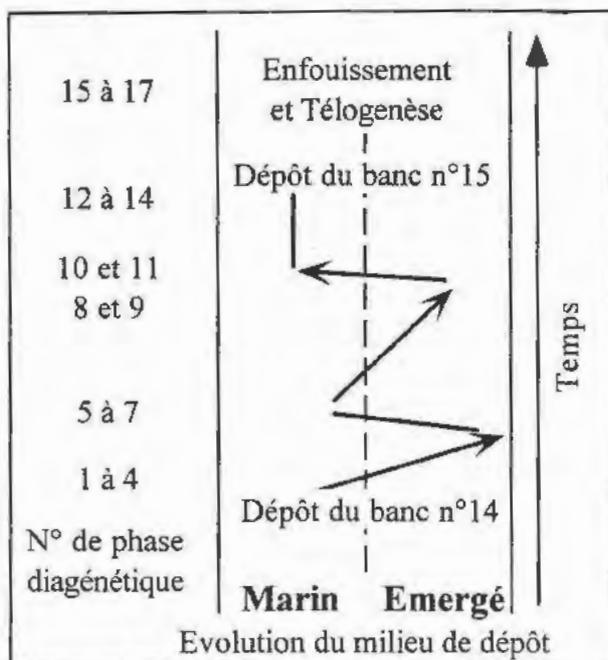


Fig.10: l'évolution du milieu sédimentaire déduite de l'étude des phases diagénétiques Discontinuité majeure I, Coupe de Marsannay le bois

➤ **Déduction sur l'évolution du milieu durant l'arrêt de la sédimentation:**
voir figures 10 et 10':

Ces niveaux bioturbés sont donc composés par trois sédiments distincts

- le sédiment anté-discontinuité de milieu de lagon (type B).
- des restes d'une micrite, à serpules, de milieu marin
- le sédiment post-discontinuité de milieu ouvert (type D).

Entre ces épisodes s'intercalent deux périodes d'érosion, d'altération qui sont considérés comme des périodes d'émersion. La discontinuité donc enregistré une forte fluctuation de la tranche d'eau qui n'était pas visible dans les sédiments.

La tendance à l'approfondissement, déduite de l'observation macroscopique, depuis le banc n°4 au banc n°14, n'est donc pas un prélude aux milieux ouverts des bancs n°15 à n°26, mais bien une séquence indépendante.

Interprétation: La base de cette unité présente une surface ravinante. Au dessus, les faciès sont typiques d'un milieu de lagon (Type B). Celui-ci est différent de l'unité IA car la faune est plus diversifiée, le faciès plus homogène. L'épaisseur de la tranche d'eau devait être supérieure à celle de l'unité précédente, mais le milieu de dépôt reste très proximal. L'analyse de la discontinuité I montre une émersion prolongée avec érosion et ferruginisation.

- Unité IIA (7,30 m):

Observations: Cette unité est composée de nombreuses séquences de dépôt, mais de faibles épaisseurs (moins d'un mètre à chaque fois).

- A la base de ces séquences (bancs n° 15 et 16 par exemple), on trouve un packstone à éléments variés: principalement des pelleteïdes et des bioclastes, accompagnés de bioturbations micritiques.

- Puis, progressivement, la proportion micrite/éléments s'inverse et au sommet des bancs, on trouve une micrite avec des bioturbations remplies d'éléments.

Les séquences se terminent généralement par une petite discontinuité (surface bioturbée à perforée) et par un petit niveau argileux à Brachiopodes: Zeilleridés. Parfois, on observe de petites variations comme par exemple l'augmentation du pôle marneux (banc n° 19 à Brachiopodes et bois flotté), ou au contraire apparition d'oolites (parfois micritiques) et de litages obliques (banc n°20).

L'importance des discontinuités qui surmontent la plupart des séquences diminue quand on monte dans l'unité (le sommet des bancs n°21 à 24 n'en présente plus), une petite discontinuité réapparaissant au sommet de l'unité (banc n°25).

Dans l'ensemble les bancs de l'unité IIA sont assez dolomités, l'intensité de cette dolomitisation est maximale autour de la discontinuité de base (dans les terriers du banc n°14 et dans les 20 à 30 centimètres qui surmontent directement la discontinuité. Cette dolomitisation s'accompagne de l'apparition (dès le banc n° 15 et jusqu'au sommet de l'unité) d'un aspect bicolore du sédiment: beige et bleu-gris. Il s'agit du résultat de l'altération différentielle de la matière organique: Oxydation/Réduction (PASCAL 1971).

➤ Les Discontinuités mineures de l'unité IIA:

Au dessus de la discontinuité décrite précédemment, se rencontrent de petites séquences qui marquent tout d'abord une tendance approfondissement (banc n°15 à 19) puis un retour à des faciès de milieu plus restreint (banc n°20 à 26).

Ces séquences sont pour la plupart du temps surmontées par une surface de bioturbation dolomitisée avec un niveau argileux à Brachiopodes. Certains bancs présentent une discontinuité plus marquée: comme le banc n°16 où la surface est bioturbée puis indurée et perforée (voir fig. 11, 12 et 12').

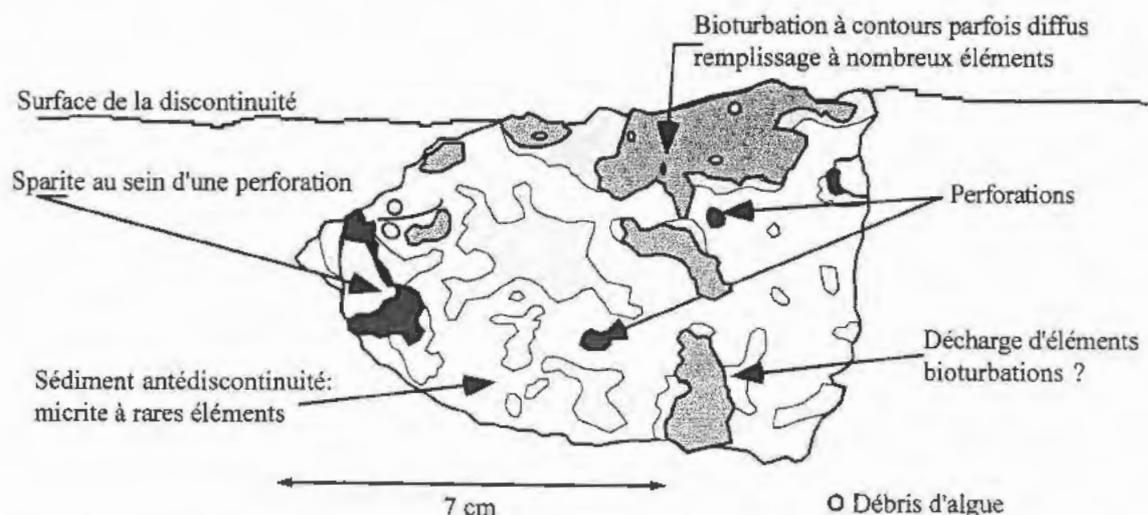


Fig 11: Sommet de la surface perforée du banc n°16: lame mince G= 12.5

Dans les autres surfaces : banc n°19, n°22..., même si la bioturbation est toujours intense, les perforations sont peu nombreuses voire absentes; pourtant ces discontinuités ont un aspect macroscopique très semblable à celle du sommet du banc n° 16; on peut de plus remarquer que leur importance diminue des bancs n°16 à n°20 et qu'elles réapparaissent dans les bancs n°24 et 25.

Encore une fois dans ces faciès la dolomitisation est très poussée: aussi bien dans les terriers de la surface de bioturbation que dans le banc qui surmonte directement cette dernière.

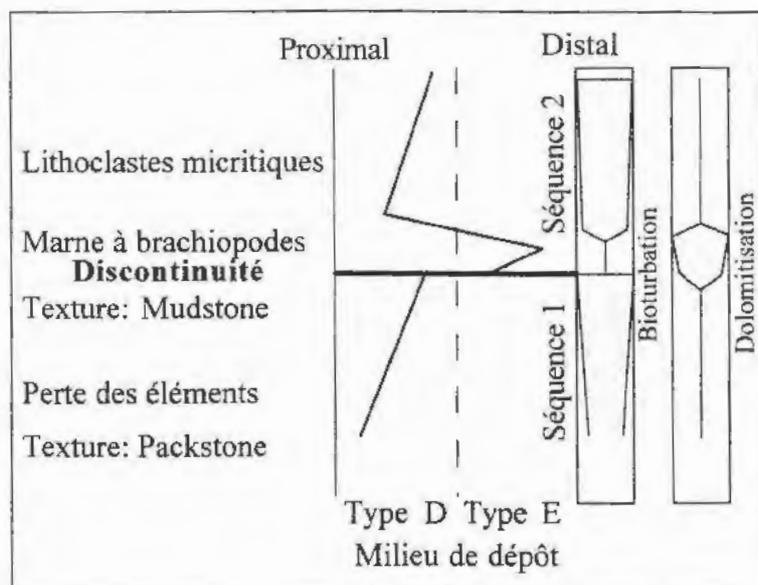


Fig.12: l'évolution du milieu sédimentaire à proximité des discontinuité mineures
Unité IIA, Coupe de Marsannay le bois

➤ **Interprétation de ces discontinuités:**
voir figures 12 et 12'

Ces surfaces de discontinuités sont considérées comme mineures car les milieux de dépôt de part et d'autre de la surface bioturbée sont très semblables. Elles sont souvent couronnées par un niveau argileux à Brachiopodes, puis une nouvelle séquence commence, avec parfois des lithoclastes dans les faciès très granulaires de la base, alors que vers le sommet le nombre d'éléments baisse sensiblement.

Ces discontinuité mineures sont donc une étape de réduction du taux de sédimentation, qui s'intègre dans l'évolution de chaque séquence, et non une rupture dans l'évolution du milieu de dépôt.

Interprétation: A partir de la discontinuité du sommet de l'unité IB, les sédiment change radicalement: ce ne sont plus des bancs compacts à oncoïdes témoins d'un milieu calme, protégé et très peu profond, mais une succession rapide de faciès diversifiés typiques d'un milieu ouvert et dont la tranche d'eau est plus importante: disparition des indices d'émersion ou de tranche d'eau faible.

A l'échelle de chaque séquence, on peut mettre en évidence un approfondissement: le milieu de dépôt variant du shoreface à l'offshore supérieur (milieu type C et D), atteignant même l'offshore inférieur (milieu de type E) pour les bancs n° 19 et 20. Les discontinuités de cette unité sont toutes considérées comme mineures, elle traduisent le ralentissement de la sédimentation en fin de chaque séquence.

A l'échelle de l'unité IIA, l'approfondissement maximum se situe donc au niveau du banc marneux à bois flotté du banc n° 19, puis de nouveau par le jeu de petites séquences, on retourne progressivement vers un milieu de dépôt moins profond et plus restreint: voir unité IIIA.

- Unité IIB (1,90 m):

Observations: Les éléments qui permettent d'individualiser ces quelques bancs du reste de l'unité précédente sont l'apparition des oolites fibroradiaires et la perte progressive de l'aspect bicolore. De plus les sédiments ne sont plus organisés en séquences comme dans l'unité IIA.

La base du banc n° 17 ne contient que peu d'oolites, mais on y observe de nombreux débris de coquilles, les oolites apparaissent progressivement accompagnées de débris de Polypiers. Le banc n°18 est individualisé dans toute la coupe par deux niveaux argileux, le niveau supérieur est le plus important et est très riche en faune: *Trichites sp.*, Brachiopodes variés, débris de Polypiers ou petites Polypiers en place et même un petit oursin régulier entier.

Enfin notons l'apparition du foraminifère: *Everticyclamina virguliana* KOEHLIN dans le banc n° 27 et signalons la présence d'*Alveosepta jaccardi* et de fantômes de rhomboédres de dolomite dans les bancs n° 27 et 28.

B/ Inventaire des faciès présents dans la coupe de Bèze:

- Mudstone à rares bioclastes et oolites avec niveaux argileux	Lagon subtidal	1
- Packstone à oolites micritiques et bioclastes (en décharges)	Shoreface	2
- Grainstone oolithique à bioclastes et litages obliques	Barrière: shoreface sup.	3
- Packstone à lithoclastes et coquilles entières	Shoreface inf à Offshore	4
- Wackestone à bioclastes et décharges d'éléments divers	Offshore sup.	5
- Niveaux marneux à Brachiopodes et Mollusques fouisseurs	Offshore inf.	6
- Packstone bioclastique à éléments variés dont Dasycladales	Offshore sup.	7
- Micrograinstone bioclastique à grains de glauconie	Offshore sup.	8
- Packstone à débris de coquilles d'huîtres	Offshore	9
- Marne à <i>Exogyra virgula</i>	Offshore inf.	10
- Wackestone à petits éléments bioclastiques	Offshore	11

C) Diagramme de substitution des faciès: Coupe de Bèze;

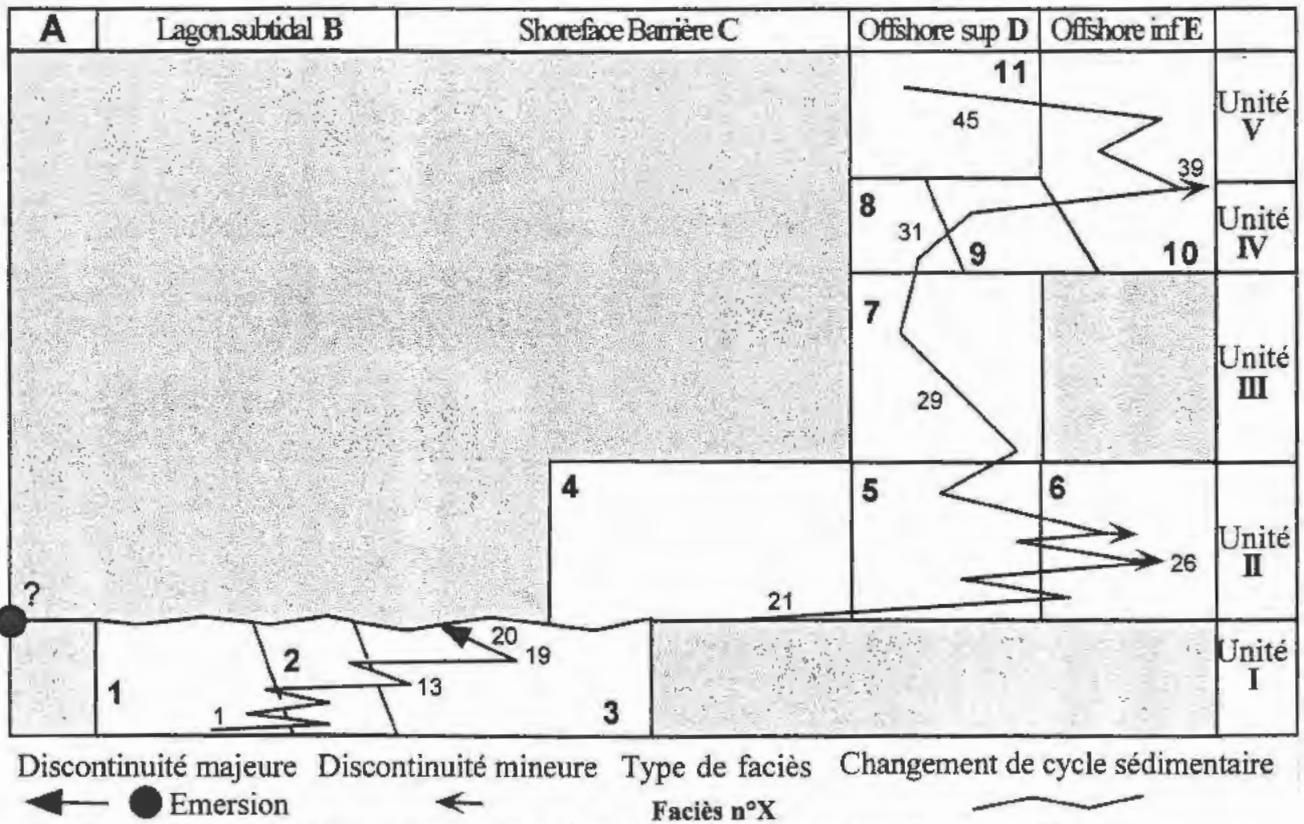


Fig. 20: Diagramme de substitution de faciès: Coupe de Bèze

C/ Coupe de Gudmont:

a) Description de la série:

log global de cette coupe: page suivante.

Log de la partie supérieure au 1/100 en annexe.

- Unité I (6,90m):

Observations: Cette unité est en fait la partie supérieure d'une unité à litages obliques (épaisseur totale: 9m30: MONGENOT 1992), le faciès est pour les premiers bancs (n°i1 et i2) constitué par un grainstone à pelletoides et bioclastes, les oolites étant présentes mais rarement majoritaires. Ces niveaux à litages obliques sont surmontés d'un liseré micritique (qui peut être érodé, ou démantelé en lithoclastes). Enfin, notons que le dernier banc à litages obliques: n°i2 contient en plus des éléments précités de nombreux Polypiers en position de vie.

Puis, le faciès devient micritique, il s'agit d'un wackestone à débris de Polypiers, Nérinées et oncoïdes avec quelques niveaux bioturbés (bancs n°i3 et i10). Ce faciès contient de plus quelques coquilles de Brachiopodes: *Septaliphora gr pinguis*; la microfaune étant en général peu abondante avec quelques *Alveosepta jaccardi* et *Nauticulina oolithica*.

Interprétation: Les premiers niveaux (bancs n°i1 et i2) sont typiques des milieux de shoreface supérieur: type C, c'est à dire un sédiment de barrière: ici oolithique ou bioconstruite (banc n°i3). Les petits niveaux micritiques marquent le temps où la décantation est préservée, juste avant la progradation d'une autre barre, (qui d'ailleurs remanie les niveaux micritiques et forme des lithoclastes). Au dessus de ces barres, la sédimentation devient micritique avec les éléments caractéristiques d'un milieu de lagon: type B. La faune est diversifiée, l'activité cyanobactérienne donne des oncoïdes mais on ne trouve pas d'indices d'émersion.

Cette unité comprend donc deux petites séquences de dépôt, la première étant typique de la formation à litages obliques du bas de la coupe (une barre oobioclastique et un petit niveau micritique), la seconde comprenant une barre bioconstruite puis le passage à un milieu de lagon subtidal.

- Unité II (12,50m):

Observations: Au dessus des niveaux bioturbés de l'unité I (banc n°i10), les oolites réapparaissent, dans la majeure partie des bancs, la matrice reste micritique; avec juste quelques passages grainstone qui eux contiennent des Polypiers en débris et des Chaététidés.

A partir du banc n°i16 ces organismes sont remplacés progressivement par des *Cladocoropsis mirabilis* FELIX. Progressivement, ces *Cladocoropsis* deviennent très nombreux et forment par endroits de véritables bioconstructions. Dans ces niveaux, la texture est wackestone à packstone avec comme éléments des Foraminifères: *Nauticulina oolithica*, *Conicospirillina basiliensis* MOHLER, et des radioles d'oursins.

Les bancs n°i20 et i21 sont différents des précédents: texture sparitique et retour des éléments autres que bioclastiques. Le sommet du banc n°i21 est bioturbé, il contient des indices d'émersion, non étudiés ici en détail (MONGENOT 1992). Enfin, au sommet de cette unité, le banc n°i22 est constitué par un wackestone à oncoïdes passant progressivement à un faciès granulaire à birds-eyes et voiles algaires (banc n°i23).

Interprétation: A nouveau, les niveaux s'organisent en petites séquences de dépôts; les sédiments appartiennent tous à des faciès très proximaux: A à C. Les bancs n°i12 à i21 sont encore influencés par la barrière: milieu de type C ou par des environnements propices à une faune diversifiée et constructrice: B.

Ensuite (bancs n°i22 à i24), le milieu de dépôt est encore moins profond avec deux niveaux à indices d'émersion: milieu de foreshore: A ou des micrites à oncoïdes de milieu de lagon à faible tranche d'eau: B.

Unité III (6,30m)

Observations: Cette unité comprend à la base des bancs à patine bleu-gris (différente du reste de la coupe), les éléments de ces bancs sont hétérométriques: oolites et coquilles de grande taille (banc n°i27). Le faciès est très varié, les dépôts s'organisent en séquences. Elles commencent par une micrite à oncoïdes et quelques bioclastes (algues par exemple), puis le sédiment est perturbé par une décharge d'oolites et d'autres éléments (parfois grossiers et parfois triés), enfin par le retour progressif au mudstone à oncoïdes.

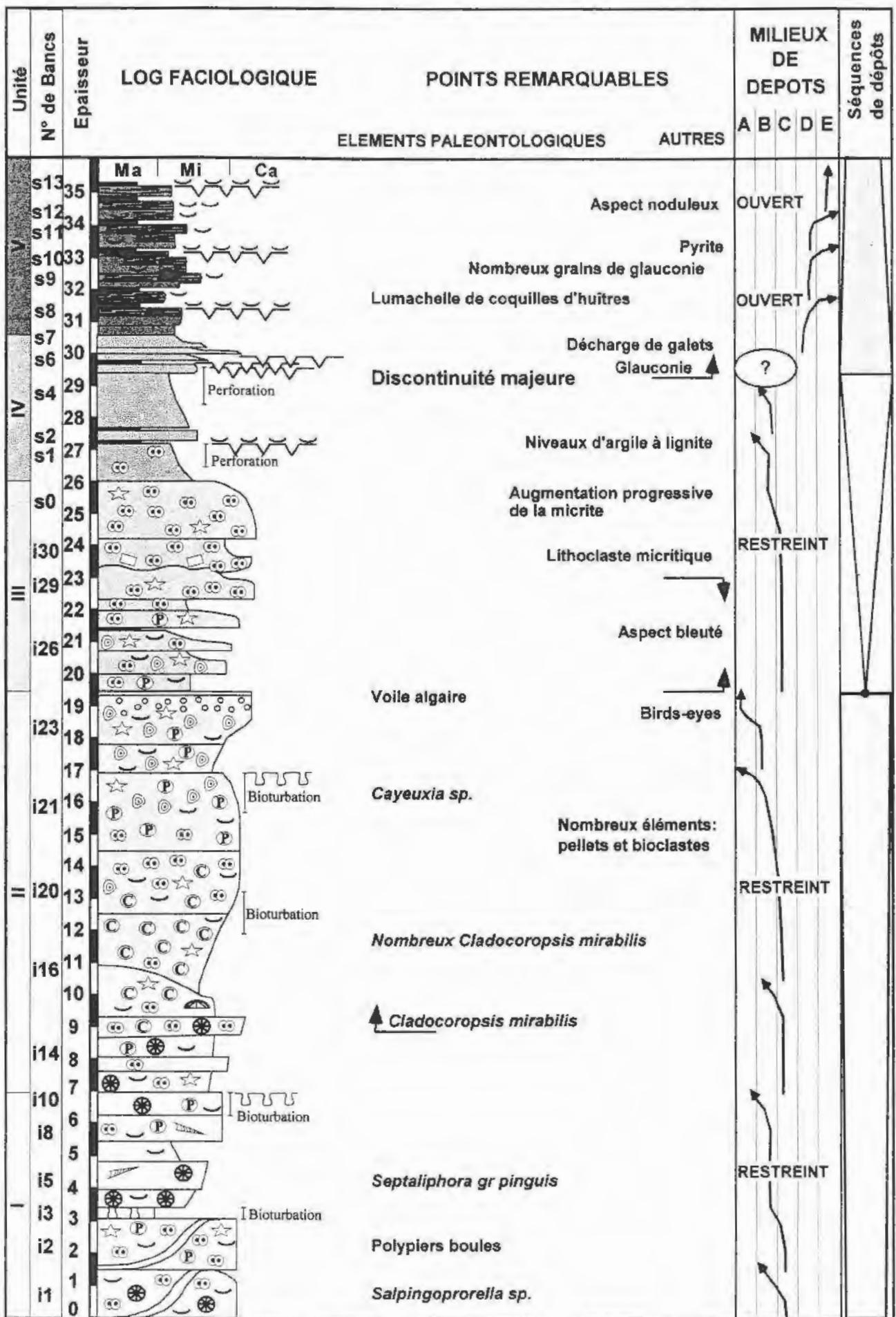


Figure n°21: Coupe de Gudmont: LOG DE LA SERIE DU KIMMERIDGIEN INF?.
POINTS REMARQUABLES ET EVOLUTION DU MILIEU DE DEPOT

Interprétation: Ces faciès indiquent un retour vers des milieux de type barrière: C, mais la morphologie des décharges de grains (oolithes, lithoclastes et bioclastes) est typique des dépôts de tempêtes. Ces faciès sont donc interprétés ici comme des spillover-lobes: dépôts d'éléments provenant de la barrière (milieu de type C), transportés par un courant inhabituel (tempêtes), et déposés en milieu de lagon , type B. La micrite à oncoïdes par contre est produite in-situ.

- Unité IV (3,10m):

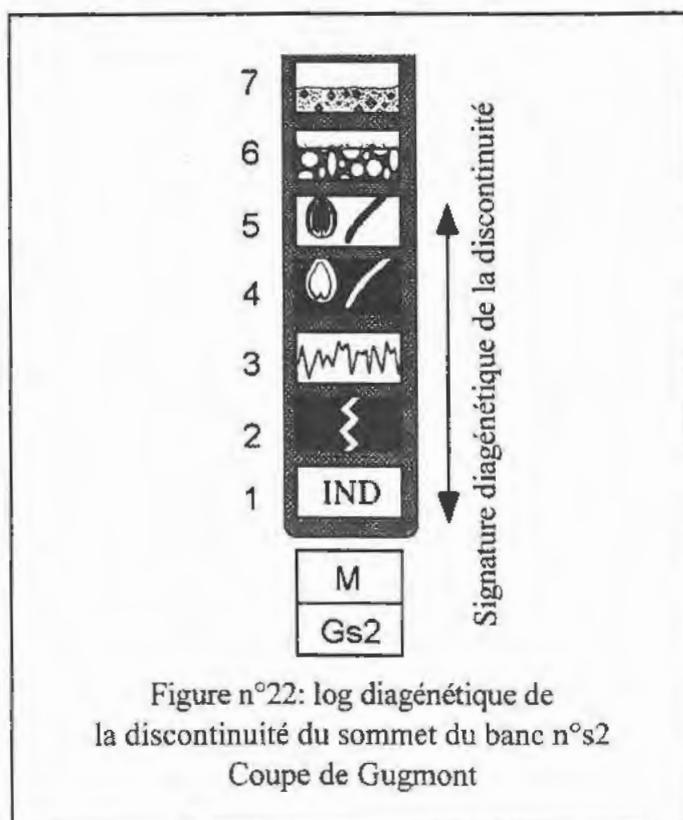
Observations: Progressivement la taille des niveaux micritiques (apparaissant dans l'unité III) augmente, les décharges en éléments deviennent donc de plus en plus espacées et elles ont tendance à diminuer d'intensité. Le faciès devient donc micritique avec très peu, voir pas, d'éléments.

Le sommet du banc n°s2 présente une surface perforée (voir figure n°22) dont les terriers descendent sur 90 cm, cette surface est surmontée par un niveau marneux à lignite et Brachiopodes. Le banc n°s3 est lui individualisé par 2 niveaux marneux de ce type et à la différence du reste de l'unité il contient des éléments en décharge: oolites, débris de coquilles: Brachiopodes et Ostracodes, des lithoclastes et des Foraminifères (agglutinants ou *Nauticulina oolithica*).

Ressemblant au banc n°s2, le banc n°s4 est composé d'une micrite sans élément, perforée sur 80 cm. L'unité se termine par un banc micritique, bioturbé et surmonté par un niveau marneux à lignite; ce banc observé en détail est complexe et est interprété comme faisant partie d'une discontinuité majeure; il est à noter d'ailleurs que l'apparition des premiers grains de glauconie se fait dans ce banc.

➤ Discontinuités de l'unité IV:

Les sédiments observés dans le haut de cette coupe (bancs n°s0 à s13) témoignent d'un changement dans le contexte général de sédimentation, plus marqué qu'en Bourgogne. Mais, paradoxalement, la rupture dans la dynamique de sédimentation ne matérialise pas par une discontinuité nette, mais par de très nombreuses surfaces durcies; dont aucune n'est principale (en apparence).



Les premières surfaces perforées s'observent aux sommets des bancs n°s2 et s4, ces niveaux sont composés d'une micrite quasiment sans éléments avec des perforations qui descendent très profondément: 90 cm pour le banc n°s2 et 80 cm pour le banc n°s4. Ces bancs micritiques sont surmontés d'un banc marneux noir (à huîtres, Brachiopodes et lignite); et d'un banc à éléments en décharges: bioclastes, pelletoides et rares oolites.

Les bancs micritiques sont parcourus de micro-fissures qui n'affectent pas les perforations, ce qui confirme que ces terriers se sont développés après l'induration, sur une grande profondeur, des micrites

L'évolution diagénetique d'un tel banc est simple (fig. n°3), mais ces niveaux sont aussi l'élément méthodologique parfait pour tester l'impact d'une discontinuité et de sa diagenèse sur la nanostructure d'un sédiment micritique. (voir 3^{ème} partie).

Interprétation: Ces faciès très fins, presque dépourvus d'éléments sont interprétés comme le résultat d'un dépôt de milieu de lagon profond: B, les surfaces perforées indiquent un ralentissement de la sédimentation et lors de sa reprise des débris ligniteux sont conservés dans les premiers niveaux. Ces faciès sont les derniers dépôts de milieux restreints, la discontinuité qui surmonte cette unité est donc considérée comme majeure (voir figure n°22).

Il est à signaler que la profondeur à laquelle descendent les perforations est importante et montre que le sédiment était induré progressivement et rapidement, l'induration n'était pas ici limitée à un niveau supérieur situé juste sous la surface perforée comme dans d'autres systèmes (PURSER 1975).

- Unité V (1,10m):

Observations: Le premier niveau de cette unité est constitué par un banc en lentilles (banc n°s5), au sein du niveau marneux qui couronne l'unité IV. Il est composé d'un faciès micritique à décharges d'éléments abîmés et altérés: bioclastes: Brachiopodes, Foraminifères; oolites et intraclastes.

Puis s'observe (banc n°6) une succession de surfaces durcies, perforées, se remaniant les unes les autres (3 à 4 surfaces en 10 centimètres!), ces arrêts de sédimentation sont ensuite perturbés par des arrivées de graviers puis de véritables galets (voir page 38). Ces derniers sont perforés, altérés, encroûtés, roulés... et sont accompagnés d'oolites brisées et de bioclastes altérés (voir photo n°5 et 6).

Au sommet de ces décharges, les galets se disposent de façon oblique, puis la granulométrie diminue, la fin du banc se composant d'une micrite à rares éléments. Après un nouvel arrêt de sédimentation, quelques galets perforés sont encore présents, accompagnés par de petits éléments disposés en HCS (banc n°7).

➤ **Discontinuités de l'unité V:**

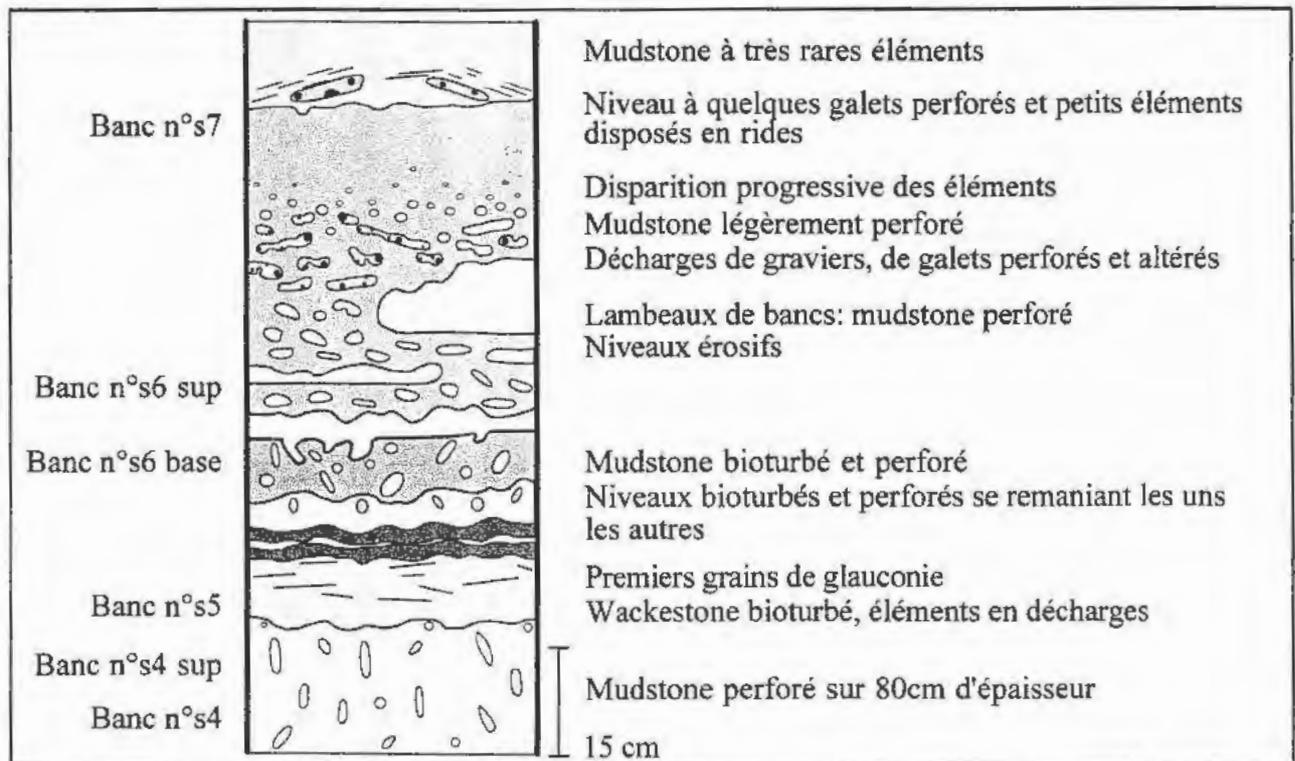


Fig 23: Log et nature des bancs encadrant la discontinuité majeure du sommet de la coupe de Gudmont:

Au dessus des bancs micritiques de l'unité IV, après un dernier niveau marneux à lignite, le banc n°s6 base contient de nombreuses surfaces durcies qui se remanient entre elles. Mais il ne présente pas de part et d'autre des discontinuité de variation de faciès notable.

Pourtant on peut montrer que la nature de ces discontinuité varie (comme le montre la fig. n°24). En effet, le premier dépôt (niveau 1) contient trois types de terriers: des bioturbations assez diffuses qui sont contemporaines de son dépôt, d'autres plus nettes qui contiennent les faciès du niveau 2 et des perforations contenant le sédiment du niveau 3.

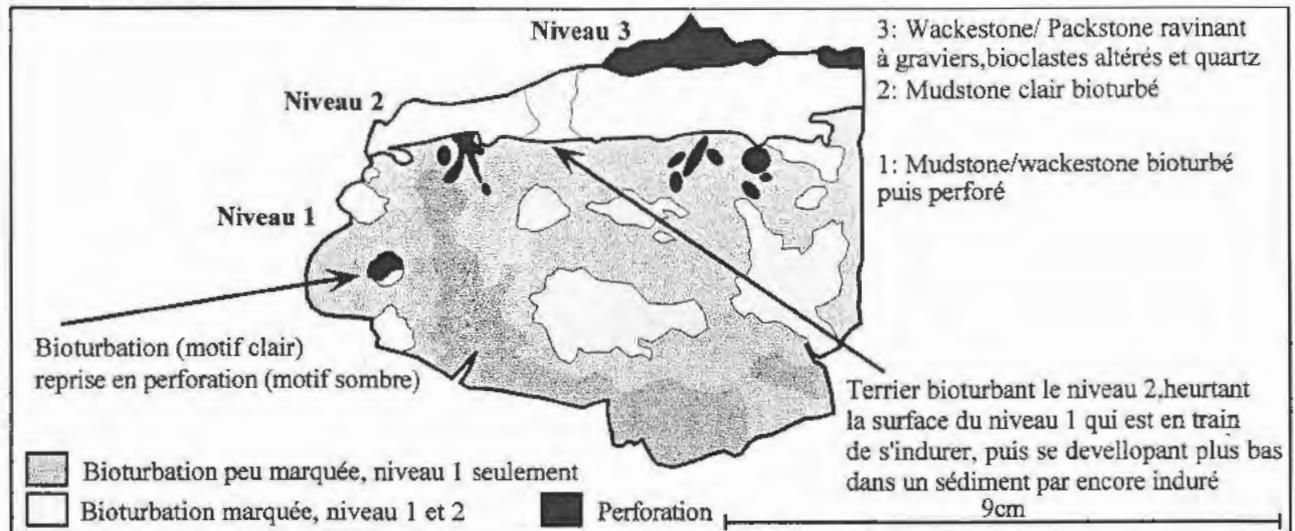


Fig 24: Surface polie des surfaces d'arrêts de la sédimentation, sommet de la coupe de Gudmont:

Les deux surfaces observées sont des indices de ralentissements de la sédimentation car le sédiment, bioturbé durant sont dépôt, est ensuite repris par deux fois:

- par les bioturbations peu nombreuses, remplies des sédiments du niveau 2: plus clair.
- par les perforations remplies par du sédiment du niveau 3: plus foncé.

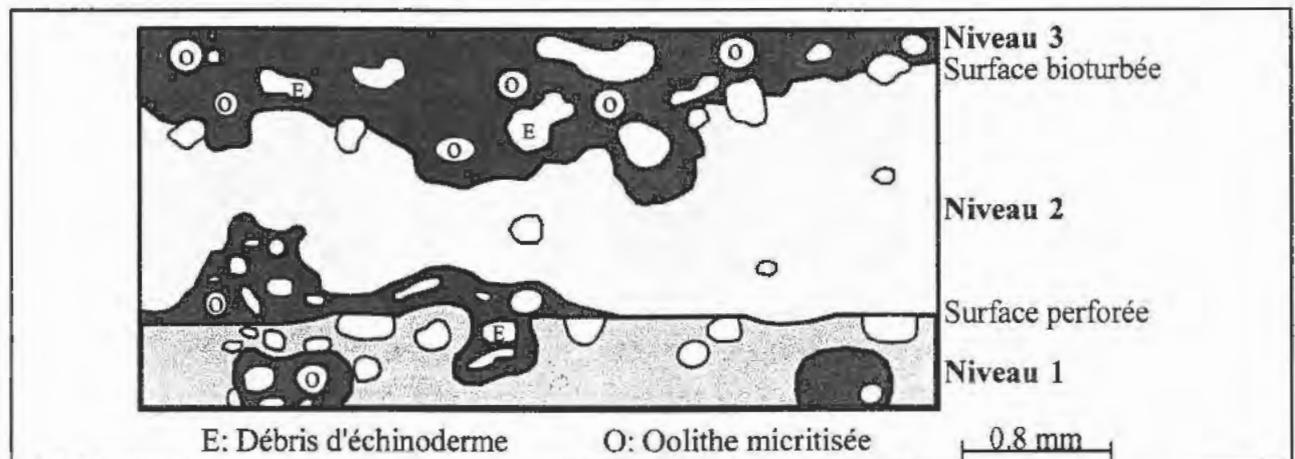


Fig. 25: Surface perforée et surface bioturbée: banc n°6base, Gudmont G=*25, 1cm 0,4 mm

De plus le fait que les rares grains du niveau 2 (le clair) ne soient pas tronqués montre que celui-ci n'était pas induré lors du dépôt du niveau 3.

Ceci prouve que la sédimentation était très ralentie mais aussi que l'induration était lente; or pour les banc n°s2 et s4, il a été montré que l'induration était précoce.

Donc on ne trouve pas le même contexte de sédimentation entre le banc n°s4 et le banc n°s6base. La discontinuité majeure, c'est à dire le changement de logique de sédimentation et de milieux de dépôts est donc bien situé au sommet du banc n°s4, et non à une des nombreuses surface durcies du banc n°s6base.

Cette interprétation et la localisation du maximum régressif ne se fonde donc pas sur l'observation d'une phase diagénétique caractéristique, comme on pourrait le faire en faciès sparitique; mais sur la vitesse d'induration des micrites. Cela permet quand même de localiser au mieux la discontinuité majeure et d'expliquer la présence de quelques grains de glauconie dans le banc n°s4sup: 2 pour 6 lames minces.

Interprétation: A la base de cette unité, le nombre impressionnant de surfaces perforées montre que la sédimentation était très faible, les décharges en galets, les structures de type HCS sont typiques d'un milieu d'offshore sup.: D, puis la sédimentation à tendance à reprendre avec le dépôt d'une micrite fine.

Le milieu par rapport aux unités précédentes a donc radicalement changé avec le passage à des environnements de plate-forme carbonatée ouverte.

- Unité VI (5,20m):

Observations: Cette unité est composée de nombreuses petites alternances de bancs micritiques, mudstone ou à débris de coquilles, et de niveaux argileux. Par endroits, le faciès mudstone domine (bancs n°s9 et s10), mais localement (au dessus de surfaces perforées et encroûtées d'huîtres), le faciès devient plus marneux et se charge en coquilles (bancs n°s8 et s13)

Vers le sommet de l'unité les bancs micritiques prennent un aspect noduleux et la bioturbation se révèle; citons de plus, le niveau sommital du banc n°s10 qui présente un faciès grainstone à éléments bioclastiques brisés, à lithoclastes et à nombreux grains de glauconie.

Enfin notons que la coupe se termine brutalement avec un niveau marneux à Brachiopodes et huîtres, niveau couronnant la surface perforée du sommet du banc n°s13.

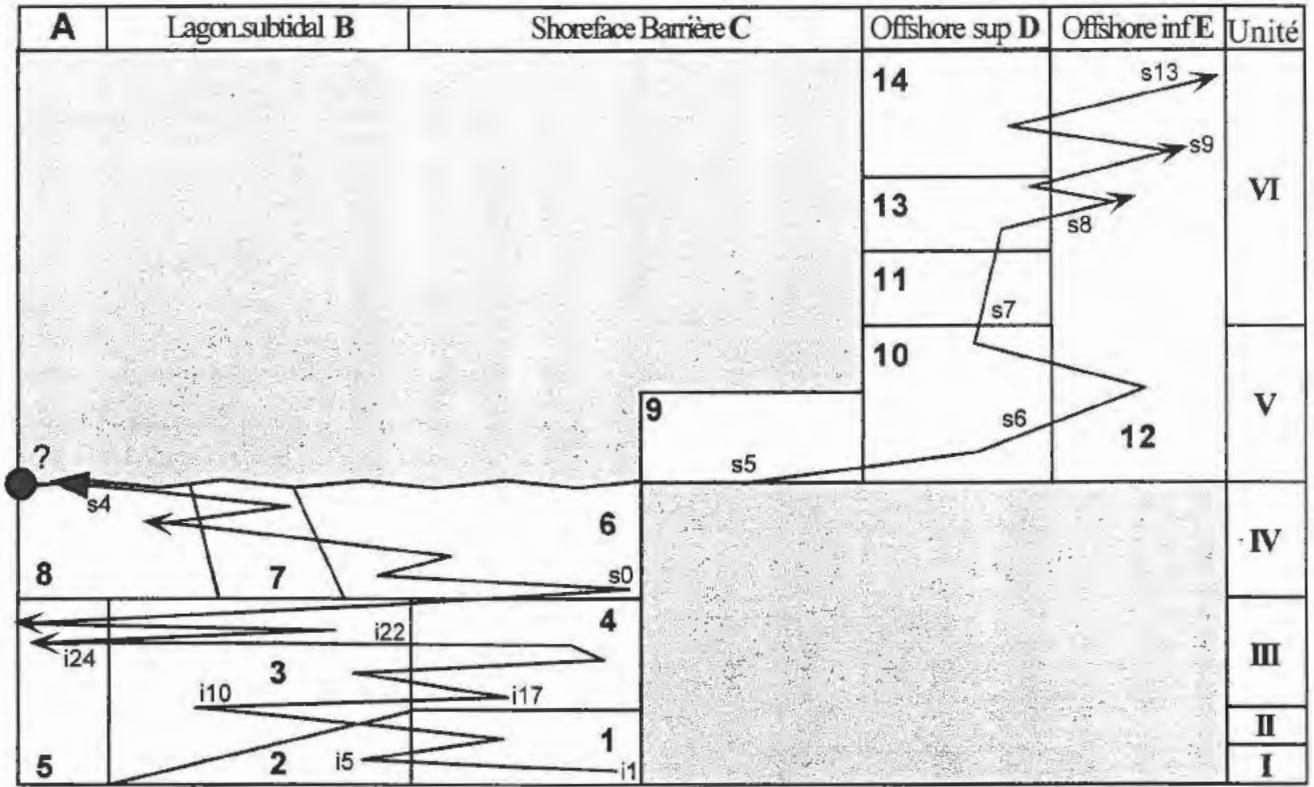
Interprétation: les faciès micritiques à bioclastes (huîtres) et à niveaux argileux représentent des milieux de dépôts plus distaux que ceux observés dans le reste de la coupe et bien qu'aucune Ammonite n'ait été trouvée, ils sont considérés comme des sédiments d'environnements ouverts: D et E.

On peut aussi déduire de l'évolution générale des faciès du sommet de la coupe que la tendance dans cette unité est à l'approfondissement, depuis des milieux à dominance offshore supérieur (bancs n°s8 à s10) vers des milieux d'offshore inférieur (banc n°s11 à s13). Enfin remarquons que dans cette unité, les surfaces de discontinuité sont encore nombreuses mais qu'elles sont considérées comme mineures: marquant une sédimentation affectée de ralentissements, plutôt qu'une réelle lacune dans l'enregistrement de l'évolution du milieu de dépôt.

B/ Inventaire des faciès présents dans la coupe de Gudmont:

- Grainstone oolithique à Polypiers et litages obliques	Barrière: shoreface sup.	1
- Packstone à Nérinées, oolites, Polypiers et oncoïdes	Lagon subtidal	2
- Wackestone à oncoïdes, Dasycladales et Foraminifère	Lagon subtidal	3
- Packstone à oolites, Polypiers et Cladocoropsis	Shoreface inf. à Offshore	4
- Grainstone à birds-eyes et voile algair	Zone inter à supratidale	5
- Packstone à oolites, Polypiers et niveaux de micrite	Shoreface	6
- Mudstone à rares bioclastes ou oolites	Lagon subtidal	7
- Niveau marneux à lignite, Brachiopodes et huîtres	Lagon subtidal	8
- Wackestone à décharges d'oolites, pellectoïdes et bioclastes	Shoreface inf.	9
- Micrite bioturbée, perforée à rares pellectoïdes et bioclastes	Shoreface/ Offshore	10
- Décharge de galets, éléments perforés et brisés avec HCS	Offshore sup.	11
- Marne à Brachiopodes, huîtres et pyrite	Offshore	12
- Micrite bioturbée à bioclastes et niveaux argileux	Offshore	13
- Packstone à lumachelle de débris d'huîtres	Offshore inf.	14

C) Diagramme de substitution des faciès: Coupe de Gudmont:



Discontinuité majeure ← ● Emersion ← Discontinuité mineure ← Type de faciès Faciès n°X ———— Changement de cycle sédimentaire

Fig. 26: Diagramme de substitution de faciès: Coupe de Gudmont

2^{ème} partie: Interprétation en séquences de dépôts et corrélations:

A/ Problème de l'absence totale de marqueurs biostratigraphiques, datation des sédiments:

Les formations étudiés ici appartiennent aux faciès Séquanien, leur position stratigraphique est incertaine, en effet les fossiles ayant valeur stratigraphique sont rares voir inexistant. De plus la présence de faciès de milieu restreint (type comblanchoïde) rend encore plus difficile la datation.

Au cours de cette étude, aucune macrofaune ayant valeur de marqueur biostratigraphique précis n'a été récoltée; on utilisera donc les Foraminifères pour dater les formations observées.

Celles-ci sont assimilées au Kimméridgien inférieur grâce aux associations de Foraminifères suivant:

- *Alveosepta jaccardi* et *Labyrinthina mirabilis*: Kimméridgien inf. zone à Baylei
- *Alveosepta jaccardi* et *Everticyclamina virgiana*: Kimméridgien inf zone à Cymodoce

La présence seule d'*Alveosepta jaccardi* ne suffit pas pour dater les formations du Kimméridgien, le problème se pose pour les unités de la base des coupes, qui peuvent appartenir soit à l'Oxfordien Supérieur soit au Kimméridgien inférieur. Enfin, notons qu'à la différence du système Comblanchien (du Bathonien) les différentes populations de brachiopodes ne permettent pas d'affiner la datations des différents niveaux.

Dans ces coupes du Séquanien, on ne peut donc pas placer de véritables lignes temps et cela soit au sein d'une même coupe soit entre les coupes observées.

On ne peut donc que citer les découpages admis pour ces formations:

- En Bourgogne (PASCAL 1973, notice carte Mirebeau): faciès dits Séquanien avec
 - Calcaires compacts piquetés de la Charmette: Kimméridgien inf. (zone à Baylei ?)
 - Calcaire oolithique de Bèze (anciennement: Oolithe corallienne): Kimméridgien inf, zone à Baylei? (et zone à Cymodoce?)
 - Calcaire de Beaumont sur Vingeanne (dit "Ptérocérien"): Kimméridgien inf, base de la zone à Cymodoce.
- En Haute-Marne (notice carte Doulaincourt), le découpage des formations n'est qu'embryonnaire avec uniquement l'individualisation du Séquanien par rapport au Ptérocérien.

Ensuite, on peut comparer ce découpage théorique avec celui que nous avons observé:

- Marsannay le Bois: la discontinuité majeure I marque la limite entre les formations des Calcaires compacts piquetés et des Calcaires oolithiques, la discontinuité majeure II séparant les Calcaires oolithiques du Ptérocérien.
- Bèze: la discontinuité majeure du banc n°20 sépare aussi ces deux unités, elle serait donc l'équivalent latéral de la discontinuité majeure II de la coupe de Marsannay
- Gudmont: les formations sont légèrement différentes mais comme les niveaux marneux d'offshore de la partie sommitale de l'affleurement sont assimilés au Ptérocérien, la discontinuité ou la série de discontinuités marquant le passage des faciès restreint aux faciès ouverts est considérée comme étant celle qui limite les Calcaires oolithiques et le Ptérocérien.

On voit donc que le découpage stratigraphique de ces sédiments est non seulement sommaire mais qu'en plus il est critiquable car il ne repose sur aucune datation précise mais sur des estimations.

Ce manque de biostratigraphie rend les corrélations incertaines et ne permet pas une analyse séquentielle valide. On ne peut donc faire qu'une corrélation lithostratigraphique, tout en sachant que les discontinuités observées peuvent être diachrones et donc que le découpage séquentiel peut être faussé.

B/ Corrélation entre les trois coupes:

➤ **Récapitulation de l'évolution des milieux de dépôts:**

a) Coupe de Marsannay le Bois:

- Unité I: bancs n° 1 à 14:	Shoreface lagon, Foreshore	Comblement / Progradation
- Discontinuité majeure 1	Emersion et Erosion	Limité de cycle sédimentaire
- Unité IIA: bancs n° 15 à 19:	Shoreface inf., Offshore	Approfondissement / Rétrogradation
- Unité IIB et III: bancs n° 20 à 51:	Offshore, Shoreface B puis C	Comblement / Progradation
- Discontinuité majeure 2	Emersion ?	Limité de cycle sédimentaire
- Unité IV: bancs n° 52 à 60:	Shoreface inf., Offshore	Approfondissement / Rétrogradation
- Unité V: bancs n° 61 à 69:	Offshore, Shoreface barrière	Comblement / Progradation
- Unité V: bancs n° 70 à 77:	Offshore sup.	Approfondissement / Rétrogradation

b) Coupe de Bèze:

- Unité I et II: bancs n° I à 19:	Shoreface B puis C	Comblement / Progradation
- Discontinuité majeure	Emersion ? et Erosion	Limité de cycle sédimentaire
- Unité III: bancs n° 20 à 26:	Shoreface Inf., Offshore	Approfondissement / Rétrogradation
- Unité III: bancs n° 27 à 30:	Offshore, Shoreface inf.	Comblement / Progradation
- Unité IV: bancs n° 31 à 39:	Offshore	Approfondissement / Rétrogradation
- Unité V: bancs n° 40 à 45:	Offshore.	Comblement / Progradation

c) Coupe de Gudmont:

- Unité I à IV: bancs n° il à s4:	Shoreface B puis C, Foreshore	Comblement / Progradation
- Discontinuité majeure	Emersion ??? et Erosion	Limité de cycle sédimentaire
- Unité V et VI: bancs n° s5 à s13:	Offshore sup. puis inf.	Approfondissement / Rétrogradation

➤ **Corrélations:**

La comparaison des formations observées à Bèze et à Marsannay-le-Bois est assez facile à réaliser, mais à plus petite échelle, la corrélation des séquences devient discutable et ne peut donc être validée. Il faudrait pour cela avoir une base biostratigraphique fiable et relever des coupes entre les deux sites.

Le seul épisode que l'on peut corréler entre les trois affleurements est, comme dit précédemment, celui du passage des milieux de plate-forme barrée à ceux d'environnements ouverts de plate forme basse: c'est à dire la discontinuité majeure qui surmonte le banc n°51 à Marsannay-le-Bois, le banc n°20 à Bèze et n°s4 à Gudmont.

Cette interprétation permet d'obtenir le schéma de corrélation de la page suivante; l'absence de marqueurs biostratigraphiques précis ne permettant pas de prouver que la discontinuité qui sert de base de corrélation est synchrone.

Pourtant, si on estime que tel est le cas, cette interprétation nous apporte les déductions suivantes:

- Entre Bèze et Marsannay: les faciès oolithiques sont beaucoup plus développés à Bèze, l'épisode marneux (témoin d'un approfondissement) de la base de la coupe de Marsannay (banc n°19) n'est pas observé à Bèze et il n'était mentionné dans aucune description de ces séries. Vers le sommet, les sédiments sont moins épais à Bèze qu'à Marsannay et les niveaux oolithiques (bancs n°66 à 72 de Marsannay) sont absents.

- Entre les affleurements près de Dijon et Gudmont: la transition entre les milieux restreints et ouverts est plus brutale en Hte-Marne que vers Dijon; à Gudmont la sédimentation avant cette rupture est très importante avec le développement de nombreux Cladocoropsis. Enfin notons que les milieux ouverts ne montrent qu'une tendance à l'approfondissement alors qu'en Bourgogne, il y a une séquence supplémentaire.

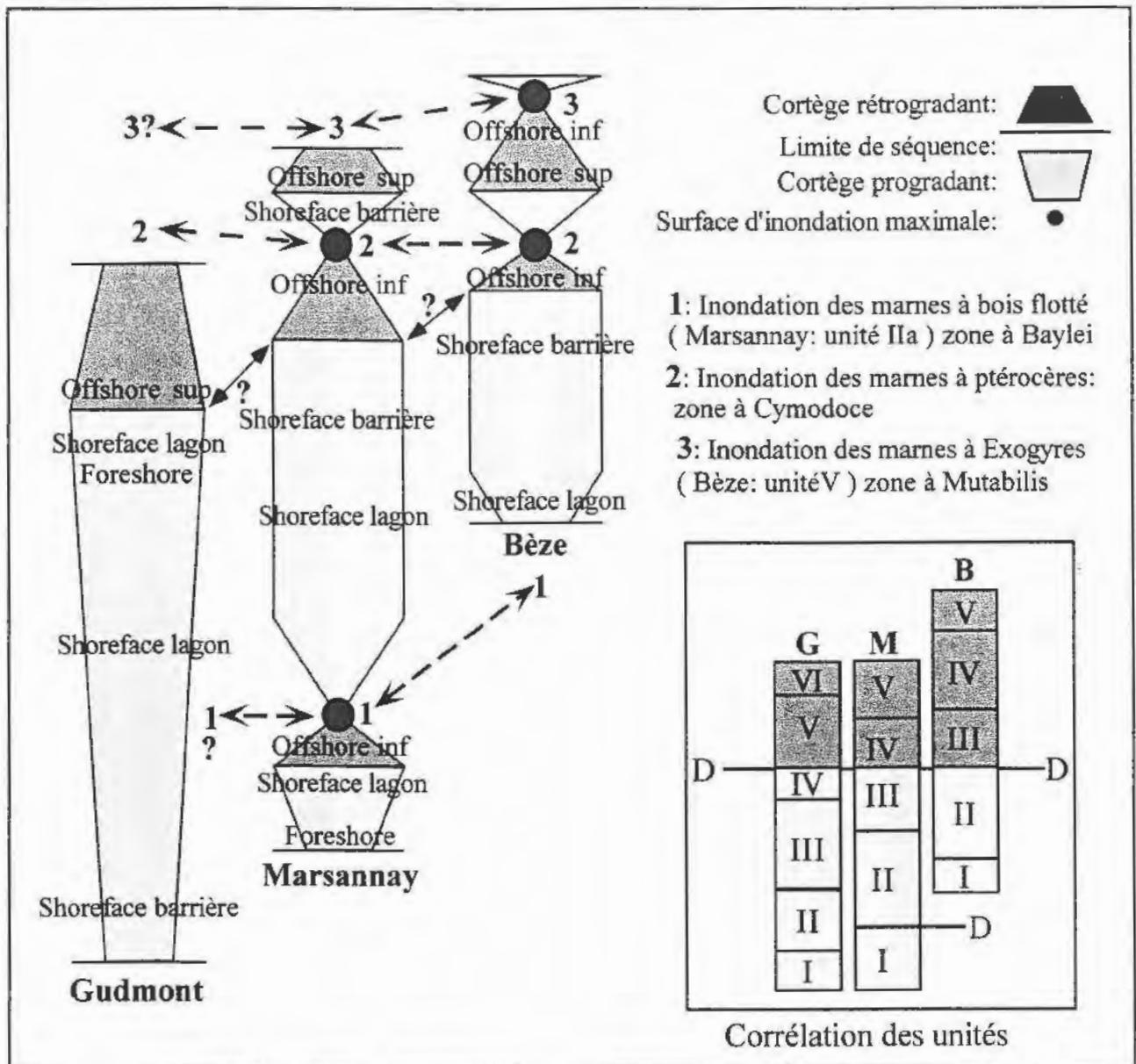


Fig. 27: Evolution séquentielle des affleurements étudiés, essai de corrélations.

➤ **Evolution globale du milieu: le Kimméridgien inférieur du sud-est du bassin de Paris.**

Nous n'insisterons ici que sur l'évolution globale de la plate-forme, c'est à dire que nous ne mentionnerons que les faits qui s'observe à la fois dans les trois coupes.

Durant une première période, la plate-forme carbonatée se développe de façon quasi continue avec des sédiments de milieux très peu profonds: la sédimentation est globalement agradante avec des milieux de dépôts de type lagon subtidal, barrière oolithique ou bioconstruite et parfois des émersons

Puis le taux de sédimentation se réduit, la plate-forme est un peu ennoyée et les milieux de dépôts sont de type ouvert. Les sédiments deviennent parfois très marneux et ils contiennent de nombreux grains de glauconie.

Cette évolution correspond bien à un contexte régional: c'est à dire à la transgression généralisée qui se retrouve dans tous le bassin de Paris. Elle commence dans la partie médiane de la zone à Cymodoce (avec les marnes à Ptérocères) et connaît un maximum d'approfondissement avec les marnes à Nanogyres inférieures de la zone à Mutabilis (PERRIN 1988, BARBIER *et al* 1993).

3^{ème} partie: ETUDE COMPAREE DE NANNOFACIES:

A/ Travaux antérieurs sur les calcaires fins du Jurassique supérieur:

Dans le compte rendu de ses recherches sur l'apport de MEB dans l'étude des calcaires fins micritiques du Jurassique supérieur du sud-est du bassin de Paris, LOREAU (1972) signale déjà que le microscope photonique ne met en évidence dans les lames minces qu'un fond "cryptocristallin" et que "l'apport du microscope électronique fournit des possibilités supplémentaires". Et, pour faciliter les observations, il construit une méthode de classification des micrites par la caractérisation de leurs nannograins:

- leur forme: isométrique, allongée, ovoïde, aplatie, amiboïde ou rhomboédrique.
- l'aspect cristallin du grain: sans faces cristallines (anhédral), à quelques faces cristallines (subhédral) ou à faces cristallines bien réalisées (euhédral).
- le contact entre grains: par points (punctique), par faces (serré), engrené ou coalescent.

En 1984, BERNARD, dans son étude des mêmes calcaires du Jurassique supérieur, critique et modifie cette classification. Il élimine les termes d'aplati, d'allongés et en ne retient que les formes d'ovoïde, d'amiboïde et de rhomboédrique, le nombre de faces cristallines et le type de contact entre les grains. Après l'observation de 30 échantillons il conclut que les micrites crayeuses sont constituées de 25% de grains rhomboédriques, 25% de grains ovoïdes et 50% de grains amiboïdes; les micrites lithographiques étant elles constituées de 15% de grains rhomboédriques et de 85% de grains amiboïdes. Il propose donc que la nanostructure d'un sédiment n'est pas initiale mais qu'elle dépend de la diagenèse: il y aurait une boue initiale qui donnerait des nanostructures différentes en fonction de l'intensité de la diagenèse.

Mais par la suite BERNARD (en 1988), reprend cette conclusion et expose une nouvelle hypothèse, il considère que des milieux de dépôts différents fabriquent des boues initiales différentes.

Un milieu à précipitation carbonatée rapide, à forte production de carbonate donne une boue compacte peu poreuse, ne permettant pas aux fluides de bien circuler. La diagenèse que subit cette boue sera donc peu poussée et la micrite obtenue sera proche de la boue initiale (avec peu de croissance cristalline).

A l'inverse un milieu où la sédimentation est plus faible donne une boue plus lâche et la diagenèse sera plus poussée: la micrite finale aura donc une texture évoluée avec de nombreuses croissances cristallines.

En 1993, DAGALLIER pousse cette conclusion plus loin. Son observation des micrites de l'Oxfordien de Lorraine lui permet d'avancer que les nanostructures dépendent du degré de confinement d'un système de dépôt. Elles "se relient directement à leur position dans les séquences génétiques et apparaissent ainsi principalement découler des caractéristiques de la sédimentation et de la diagenèse précoce".

Enfin notons que les calcaires du Jurassique supérieur sont aussi le sujet d'une étude axée sur la reconnaissance des coccolithes: BUSSON et NOEL (1991,1992,1993); leur conclusion étant que les calcaires lagunaires du Jurassique supérieur sont essentiellement constitués par des coccolithes en boutons de manchettes souvent si diagénétisés qu'ils ne sont pratiquement plus reconnaissables.

B/ Relation entre nanostructure et milieu de dépôt:

- La nanostructure d'une micrite varie-t-elle en fonction de son milieu de dépôt originel?

Durant cette étude, 15 échantillons ont été observés au MEB. A partir de ces observations et des photos qui ont été réalisées, il a été essayé de donner une approximation visuelle des nanostructures en fonction de la classification de LOREAU 1972, seuls les termes d'**isométrique**, d'**amiboïde** et de **rhomboédrique** ont été retenus pour décrire la forme des grains. Ils correspondent respectivement à: des grains arrondis souvent à tendance ovoïde, des grains présentant plusieurs directions d'allongement avec des angles rentrants, parfois aplatis; et enfin à la forme observée la plus géométrique.

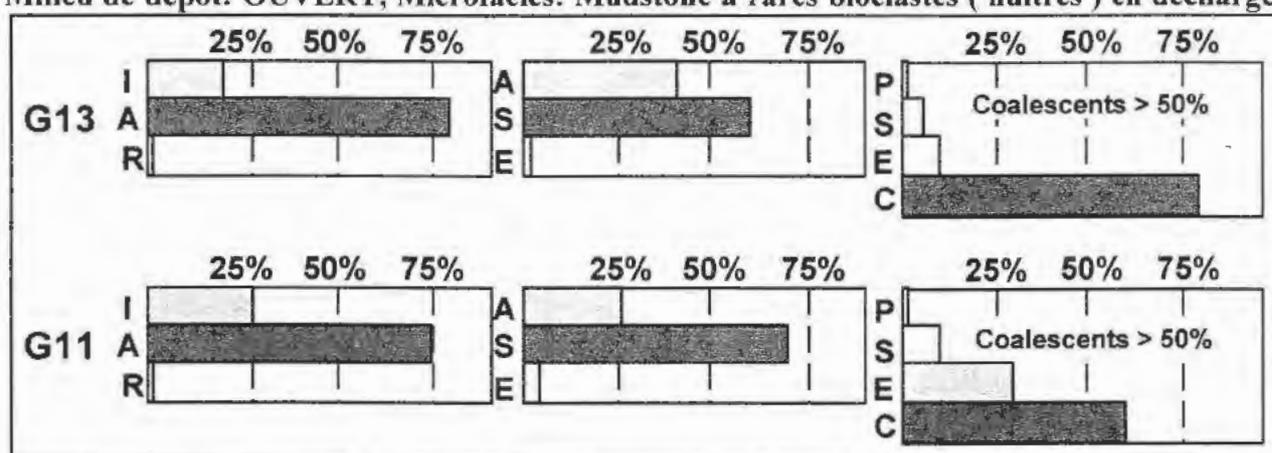
Il est à noter que dans aucun des échantillons observés, aucun coccolithes n'a été identifié avec certitude.

Les résultats des observations sont représentés page suivante sous la forme d'histogrammes de distribution, mais rappelons que les pourcentages observés ne sont que des approximations visuelles, et que, de part l'emploi d'un MEB ces observations sont quasi ponctuelles.

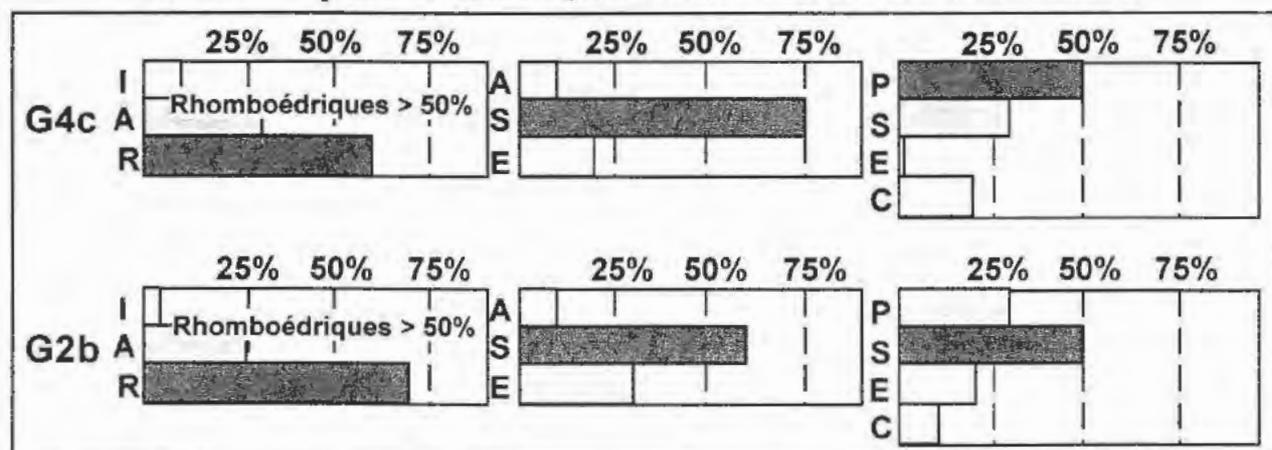
Sont figurées les observations de 9 échantillons. Les faciès ont des textures à matrice micritique: 8 Mudstone, 1 Wackestone; le nom de chaque échantillon correspond à la première lettre de l'affleurement de récolte (M pour Marsannay et G pour Gudmont) et le n° au banc où il a été prélevé.

Ces échantillons ont été choisis par le fait qu'ils n'ont été que peu à pas affectés par une diagenèse due à une surface de discontinuité. Le fait d'avoir dans une même coupe des micrites de milieu restreint (lagon subtidal) ou ouvert permet de détecter une éventuelle influence du milieu de dépôt sur la morphologie du nanofaciès.

Milieu de dépôt: OUVERT, Microfaciès: Mudstone à rares bioclastes (huîtres) en décharges



Milieu de dépôt: RESTREINT, Microfaciès: Mudstone à rares bioclastes



Morphologie des grains: I = isométrique, A = amiboïde, R = rhomboédrique

Aspect cristallin: A = anhédral, S = subhédral, E = euhédral

Types de contacts entre grains: E = engrenés, C = coalescents

S = serrés, P = punctiques

Appréciation de pourcentages: 0 à 25% 25 à 50% 50 à 100%

Figure n°28: Nannostructure de micrites, mise en relation avec le degré de confinement du milieu de dépôt, Coupe de Gudmont

➤ Interprétation des échantillons de Gudmont:

Les nanofaciès observés sont très différents les uns des autres, la classification des micrites permet de tracer des diagrammes et de mettre en évidence une relation entre le milieu de dépôt et la nanostructure.

Pour la comprendre au mieux il faut regarder 4 échantillons de la partie supérieure de la coupe de Gudmont (voir figure n°28 à la page précédente et les photos en annexe).

Les deux faciès de milieu ouvert ont une nanostructure du type suivant: (photo n°8)

→ **Coalescente à engrenée de grains subhédraux parfois anhédraux, amiboïdes à isométriques.**

Les deux faciès de milieu restreint ont une nanostructure du type suivant: (photo n°9)

→ **Serrée à punctique de grains subhédraux parfois euhédraux, rhomboédriques à amiboïdes.**

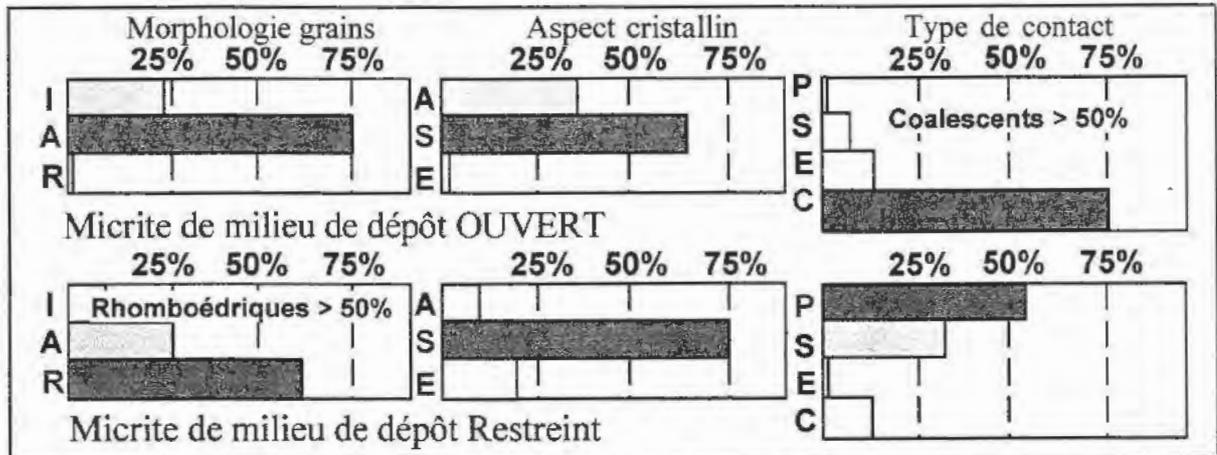


Figure n°29: Nanostructures types d'un milieu de dépôt ouvert ou restreint

➤ Interprétation des échantillons de Gudmont: (voir diagrammes page suivante).

Si on essaye de replacer les échantillons de Marsannay en fonction de ces deux pôles, on remarque que:

- l'échantillon du banc n°3 (milieu restreint franc) présente une nanostructure qui correspond bien à celle décrite pour le même confinement à Gudmont. (photo n°8)

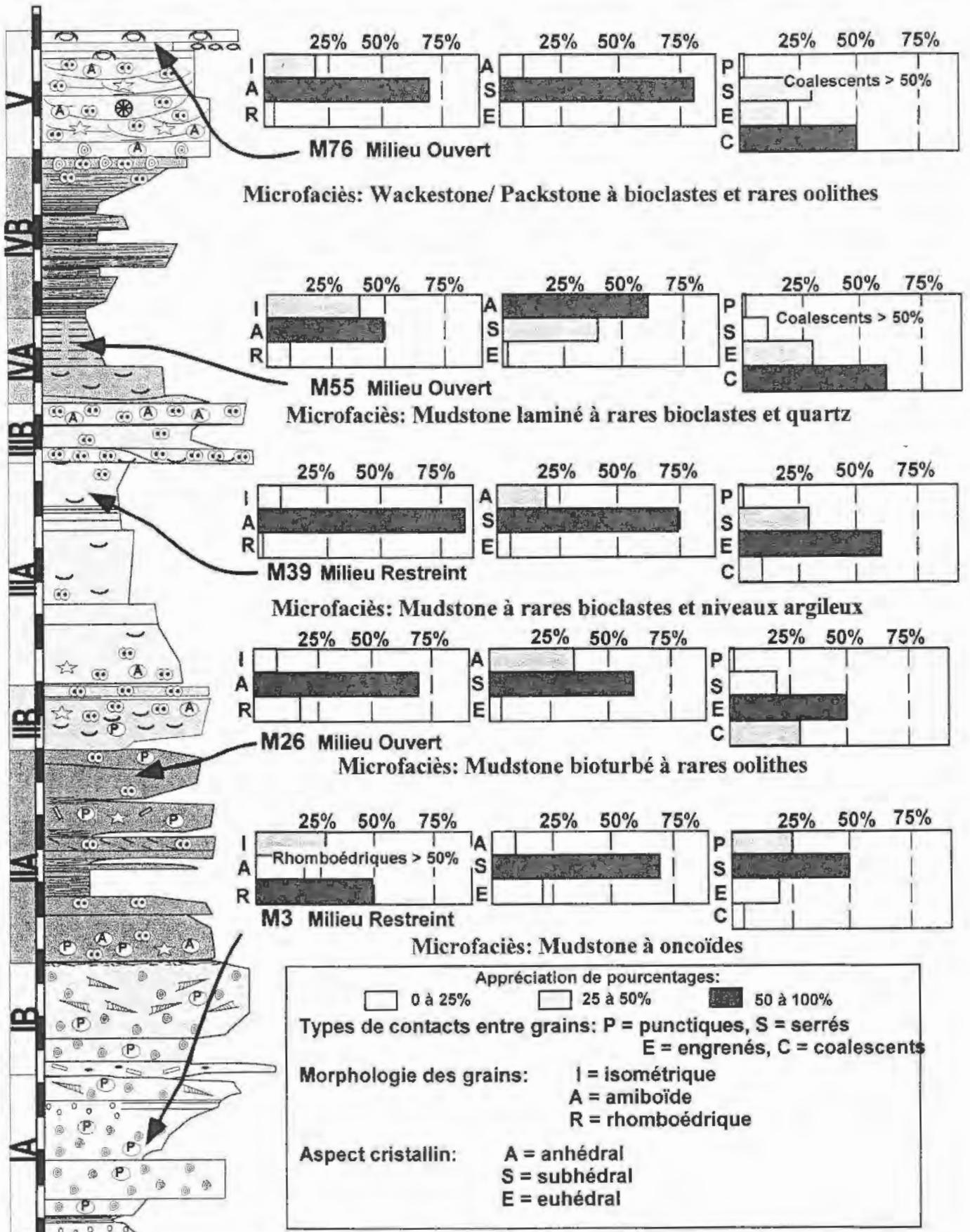
- l'échantillon du banc n°76 (milieu ouvert franc) correspond bien à ceux du sommet de Gudmont.

- les trois autres échantillons sont plus problématiques:

- le banc n°55 correspond aux micrites laminées qui précèdent les marnes du Ptéroécien (voir unité IVA). Il s'agit d'un sédiment très particulier dont la nanostructure est très hétérogène, hétérométrique, composée de grains isométriques coalescents mais avec parfois des baguettes, des débris de coquilles ou des quartz. Si on compare aux nanostructures types décrites, ce nanofaciès est intermédiaire mais se rapporte plus au type de milieu ouvert (ce qui correspond à la conclusion faite avec les arguments macroscopiques).

- l'échantillon n°39 de milieu restreint correspond à un mudstone à niveaux argileux; on peut donc formuler deux hypothèses pour expliquer le fait que sa nanostructure (serrée à 90% de grains amiboïdes) diffère tant de celle observée pour un milieu de ce type. Soit, les niveaux argileux sont des indices d'un milieu ouvert qui aurait modifié la nanostructure (initialement du type d'un milieu restreint). Ou bien, comme on constate que les petits niveaux argileux sont accompagnés par des stylolithes (de compaction sédimentaire et non pas tectonique), on peut penser que la nanostructure aurait été remodelée et le message originel perdu. Or dans MOUTIER 1994, une nanostructure correspondante est décrite: structure CS: "coalescente à serrée de cristaux anhédraux à subhédraux, amiboïdes et aplatis parfois isométriques".

- l'échantillon n°26 se place au passage des séquences à micrite bioturbée et niveaux marneux: vers les bancs massifs à oolites (milieu de la coupe de Marsannay) il s'agit donc d'un milieu relativement ouvert dont la nanostructure a peut-être été influencée par la compaction.



Nanostructures des faciès micritique, coupe de Marsannay

➤ Conclusions:

Cette interprétation tendrait donc à montrer que la nanostructure d'un sédiment micritique dépend du degré de confinement du milieu de dépôt, avec des différences nettes entre des milieux très restreints et d'autres très ouverts.

Milieu ouvert: la nanostructure est coalescente à engrenée, les grains subhédraux parfois anhédraux, amiboïdes à isométriques.

Milieu restreint: la nanostructure plutôt serrée à punctique, les grains subhédraux parfois euhédraux, rhomboédriques à amiboïdes

Pourtant, il faut nuancer cette interprétation car, pour que cette différence soit visible, il faut que le sédiment n'ait pas subi de diagenèse secondaire forte: compaction sédimentaire (voir échantillon M39), tectonique ou discontinuité sédimentaire.

Un autre facteur vient atténuer la valeur de cette conclusion, c'est le fait que la multiplication des observations n'est pas faisable dans le cadre d'un DEA. Il faudrait pour vérifier cette hypothèse multiplier les échantillons, tenir compte de la variété intra-banc et approcher au mieux l'influence des diverses diagenèses: précoce, sous-marine, d'émersion, due à la tectonique, à une discontinuité...

C/ Relation entre nanostructure et diagenèse de discontinuité:

➤ La nanostructure d'une micrite varie-t-elle en fonction de l'intensité de la diagenèse de discontinuité ?

Pour approcher au mieux l'influence de la diagenèse sur un sédiment micritique, il a fallu choisir avec attention les niveaux les plus favorables.

Le choix s'est porté sur les bancs n°s2 et s4 de la partie supérieure de la coupe de Gudmont, car rappelons que ces niveaux quasiment sans éléments ont été indurés précocement puis perforés à partir du sommet du banc (sur 90 cm pour le banc n°s2 et sur 80 cm pour le banc n°s4).

L'échantillonnage a été effectué trois fois par banc; à la surface de la discontinuité, à mi-banc près des perforations et vers la base du banc dans une zone peu ou pas perforée.

Les résultats sont représentés page suivante avec le même mode d'histogramme que précédemment, s'ajoute juste une nanostructure simplifiée: Morphologie du grain/ Contacts inter-grains qui est représentée afin de pouvoir comparer des aires de répartition de nanostructures.

➤ Interprétation:

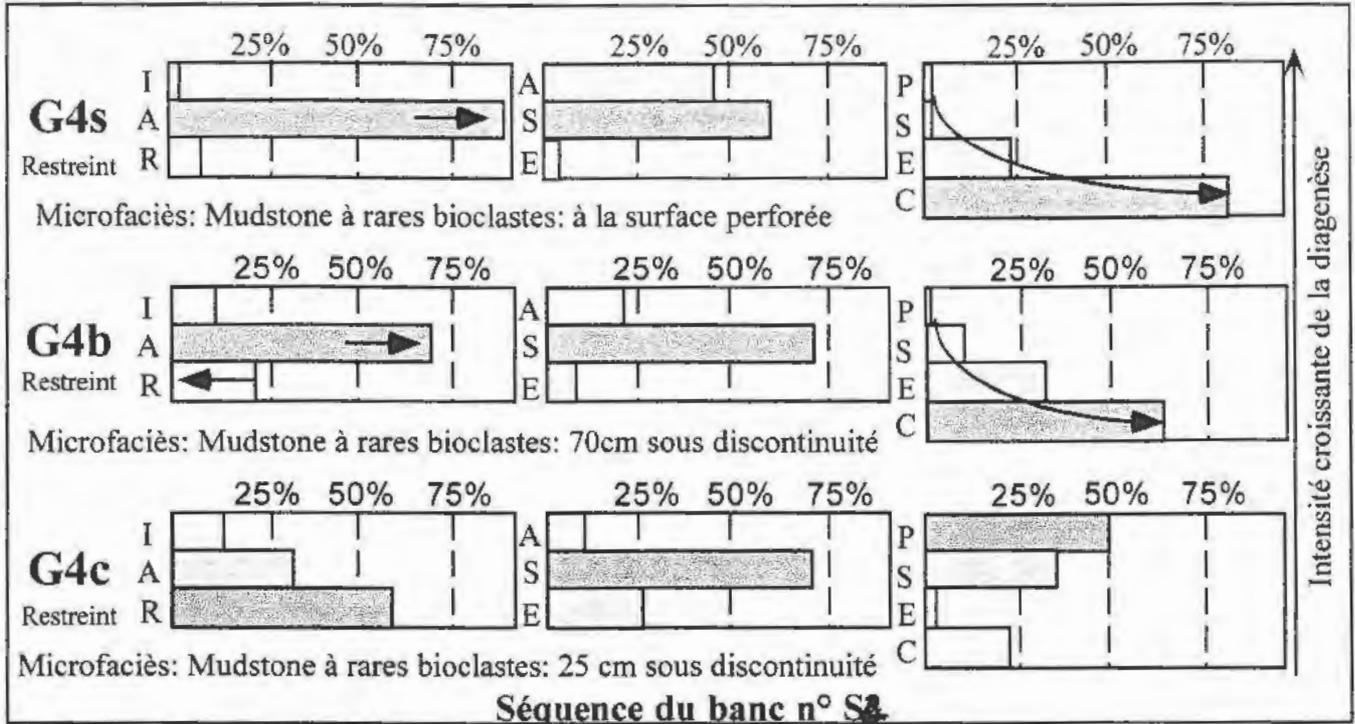
La nanostructure d'un sédiment micritique est fortement influencée par la diagenèse (comme on pouvait le prévoir à la lueur de l'échantillon M39 de la partie précédente).

Cette influence se marque comme une tendance à la coalescence des nannograins, à une disparition des aspects rhomboédriques (pour une forme amiboïde ou ovoïde) et à la transformation des grains en morphologie subhédrale à anhédrale.

Les nanostructures des échantillons où la diagenèse est très poussée, rappelle celle définie pour les milieux de type ouvert. L'influence de la diagenèse peut donc être rapportée à une transformation de la micrite vers le pôle des milieux non confinés: croissance des cristaux avec une disparition de leurs faces bien cristallisées. Il faut plutôt considérer l'inverse, c'est à dire qu'un sédiment de milieu ouvert subit une diagenèse plus poussée que dans un milieu plus confiné et qu'il présente donc un nannofaciès proche.

Il faut souligner que dans les échantillons étudiés, on observe souvent une préservation partielle de la nanostructure "originelle" de la micrite. C'est à dire, formation d'îlots reliques dont le nombre et la conservation dépendent de l'intensité de la diagenèse qui affecte le sédiment.

Caractérisation de Discontinuités Majeures dans le Kimméridgien de Bourgogne



Morphologie des grains: I= isométrique, A= amiboïde, R= rhomboédrique

Aspect cristallin: A= anhédral, S= subhédral, E= euhédral

Types de contacts entre grains: P= punctiques, S= serrés, E= engrenés, C= coalescents

Appréciation de pourcentages: □ 0 à 25% ◻ 25 à 50% ◼ 50 à 100%

Situation des échantillons dans une séquence: b= à la base, c = au centre, s = au sommet

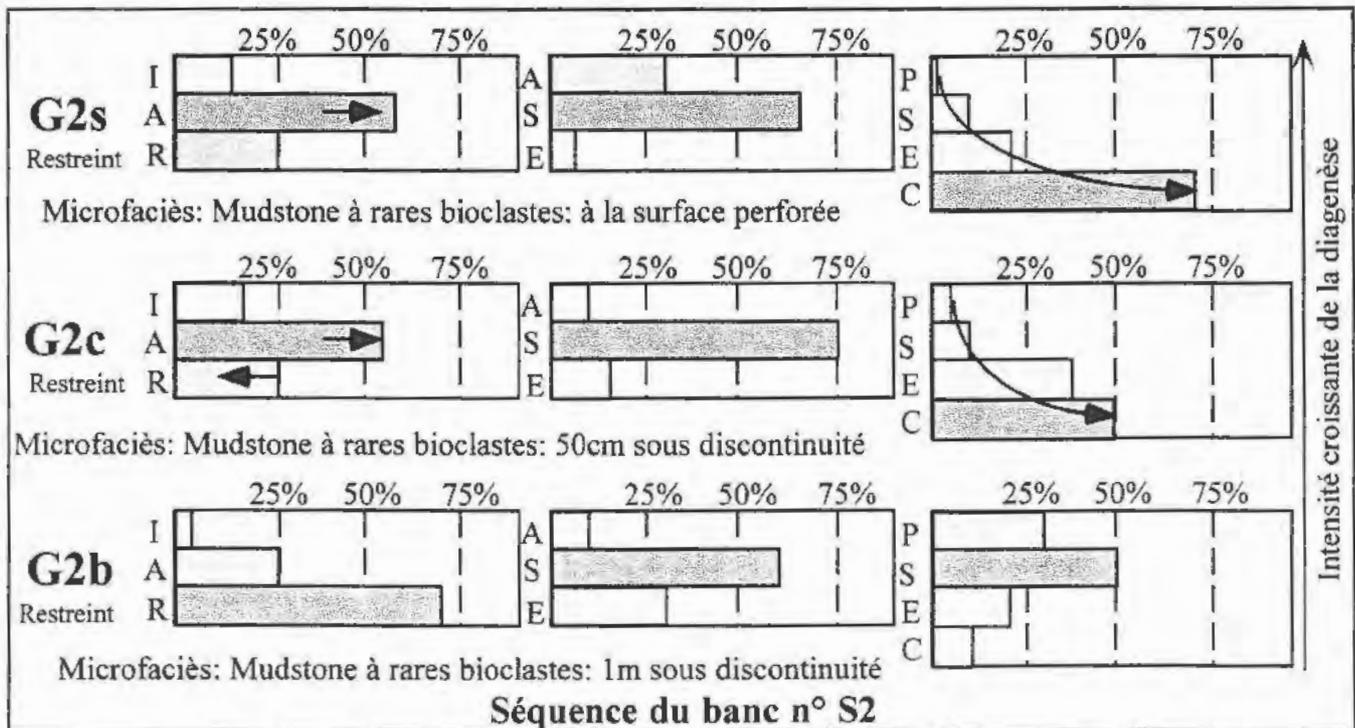


Fig.31: Nanostructures comparées de faciès micritique Coupe de Gudmont: évolution en fonction de la diagenèse

Attirons l'attention sur les échantillons n°s4 base et n°s4 centre qui montrent une tendance inverse à celle que l'on observe pour le banc n°s2. Ceci peut sans doute s'expliquer par le mode d'observation, car l'échelle utilisée pour le travail au MEB est telle que les observations sont quasi-ponctuelles: une esquille de sédiment de moins d'un centimètre caractérise un niveau entier. Or la diagenèse due à une perforation n'est pas équitablement répartie dans un banc et donc:

- les échantillons n°s2base et n°s4centre représentent la nanostructure du sédiment très peu influencée par la diagenèse due à la discontinuité.
- les échantillons n°s2centre et n°s4base représenteraient la nanostructure du sédiment influencée par la proximité d'une perforation.
- et les deux autres, la nanostructure du sédiment modifiée par la proximité de la discontinuité elle-même.

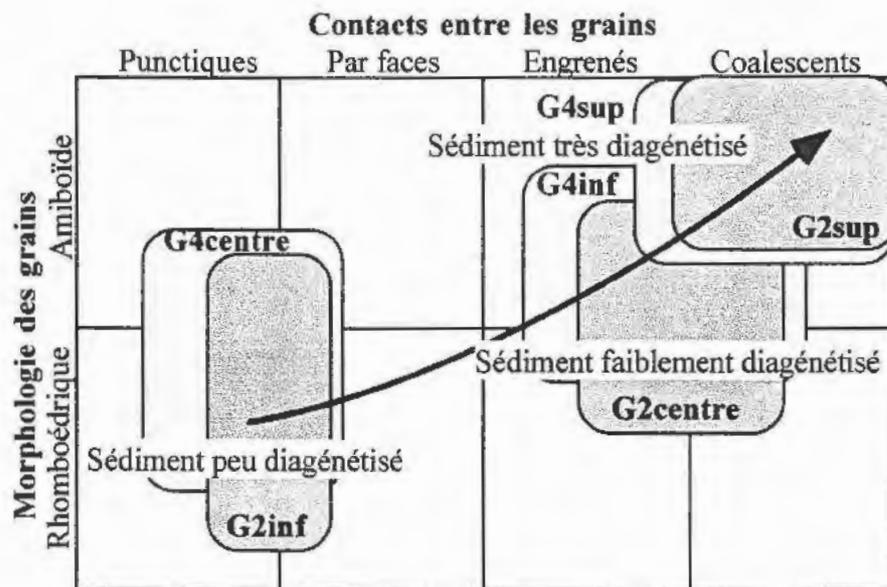


Fig. 32: Evolution de la nanostructure d'un sédiment micritique à l'approche d'une discontinuité

➤ Conclusion:

La nanostructure d'un sédiment de milieu ouvert correspond globalement à celle d'un sédiment très diagenésisé. Une nanostructure coalescente est considérée comme plus évoluée qu'une autre à contacts punctiques. La maturation d'une nanostructure irait donc dans le sens d'une perte des faces cristallines et de la morphologie rhomboédrique des grains.

Cela correspond à la conclusion de BERNARD 1988 pour qui dans un milieu restreint la sédimentation est très intense et donne une boue initiale "compacte". Il n'y a que peu de circulation de fluides, l'intensité de la diagenèse est limitée et la nanostructure finale peu évoluée (grains rhomboédriques...). A l'inverse dans un milieu ouvert, où la sédimentation est plus lente, la boue initiale est plus lâche, les circulations de fluides plus fortes. La diagenèse sera donc plus poussée avec des croissances cristallines et la nanostructure finale plus évoluée (grains coalescents).

CONCLUSIONS:

1/ SUR LA CARACTERISATION DES DISCONTINUITES:

- Les sédiments micritiques composent la grande majorité des faciès observés; le Kimméridgien est effectivement un étage où la sédimentation micritique est intense et généralisée. Or dans ce type de faciès, les outils classiques pour étudier la diagenèse de discontinuité, et par suite, les moyens pour caractériser cette discontinuité, ne sont pas efficaces.

Pour réaliser ce travail et étudier les discontinuités repérées lors du levé de coupes, il a fallu utiliser d'autres critères que les ciments sparitiques (colorations) ou que l'analyse chimique de phases diagénétiques (cathodoluminescence). Nous avons donc travaillé sur des surface polies (observation macroscopique), des lames minces (observation microscopique) et des esquilles de sédiment (observation nanoscopique). La compensation du peu de renseignements obtenus en microscopie optique est donc compensée par l'étude à deux autres échelles: le macroscopique et le nanoscopique. Celle-ci permettant de comprendre l'organisation et l'intensité du développement d'une discontinuité en contexte micritique.

- De nombreuses discontinuités ont été observées et caractérisées dans chaque affleurement, mais ces surfaces bioturbées, perforées et/ou encroûtées n'ont pas toutes la même signification.

Si par manque de place, toutes n'ont pas été matérialisées ou symbolisées, les discontinuités représentées ont été choisies pour exprimer le fait suivant. En l'absence de repères biostratigraphiques et d'analyse géochimique, l'importance d'une discontinuité peut être approchée par l'étude précise des environnements de dépôts de part et d'autre de la discontinuité.

Si une surface durcie se place à une rupture nette des types de milieux de dépôts et/ou de leur logique de succession. Cette surface peut être considérée comme une discontinuité majeure, aussi bien par son aspect sédimentologique que dans un contexte séquentiel.

Par contre, une surface de discontinuité interprétée comme le résultat d'une baisse du taux de sédimentation, liée à la nature même du milieu de dépôt, sera considérée comme une discontinuité mineure, n'ayant pas de valeur pour un découpage séquentiel à grande échelle.

Ainsi parmi les discontinuités présentées on peut considérer comme majeures:

- La surface perforée du sommet du banc n°14 à Marsannay le Bois, marquant une première rupture entre des environnements restreints (bancs n°1 à 14) et des milieux de dépôts ouverts (bancs n°15 à 19)
- La limite inférieure des niveaux dits du Ptérocérien celle-ci visible dans les trois coupes se retrouve à l'échelle du Bassin de Paris et à l'échelle globale, on peut la rapporter à la transgression Z.A 4.4 datée de 144 Ma (HAQ *et al* 1987).

Des discontinuités mineures ont aussi été observées et présentées, rappelons juste qu'elles sont liées à un milieu de dépôt à faible taux de sédimentation. Et comme elles ne provoquent pas de changement important dans la logique de sédimentation, elles se rencontreront en séries, localisées dans une unité ou une formation.

Enfin, la discontinuité de la base du Ptérocérien a donc été caractérisée dans les trois sites étudiés, elle présente une forte variation latérale d'aspect qu'il est bon de rappeler ici:

- Marsannay le Bois: une surface perforée sur peu d'épaisseur avec des encroûtements.
- Bèze: un niveau micritique perforé à lithoclastes, tronquant un niveau sparitique à litages obliques.
- Gudmont: un banc micritique à décharges d'éléments divers, la discontinuité mise en évidence n'étant pas matérialisée par une surface nette.

En Bourgogne la discontinuité est donc marquée par une surface nette, et le changement des milieux de dépôts (de part et d'autre de la discontinuité) est moins marqué qu'en Haute-Marne, où paradoxalement, la discontinuité n'est pas matérialisée.

2/ SUR LES SEDIMENTS ETUDIES:

Les sédiments du Kimméridgien inférieur de ces trois sites (Bourgogne et Sud-Est du bassin de Paris) sont issus d'un milieu de plate-forme carbonatée. Celle-ci est tout d'abord peu profonde (Zone à Baylei) avec des environnements protégés et des milieux restreints à forte production carbonatée. Puis, plus profonde avec un contexte plus ouvert et une sédimentation plus faible.

Les faciès sont essentiellement micritiques (sédiments de moyenne et basse énergie): wackestone à oncoïdes et Foraminifères (*Alveosepta jaccardi* par ex.), mudstone à rares bioclastes, à débris d'huîtres, packstone à oolites et bioclastes (dont de nombreuses algues: *Marinella lugeoni*, *Cayeuxia*...). Ces faciès micritiques peuvent être aussi bien de milieux de dépôts internes: Type A: zone inter à supratidale; Type B: lagon subtidal; que de milieux externes: Type D ou E: d'offshore.

Parfois, pourtant, les faciès renferment des ciments sparitiques et présentent des litages obliques à oolites et bioclastes: polypiers algues..., milieu de type C: barrière (shoreface sup.); faciès de plus haute énergie.

Le découpage séquentiel de ces dépôts met en évidence:

- un premier cycle d'approfondissement / comblement à la base du Calcaire oolithique de Bèze (unité IIa dans la coupe de Marsannay le Bois).

- un approfondissement généralisé observable dans les trois sites (zone à Cymodoce) avec réduction des hauts-fonds barrières et lagons), apparition de grains de glauconie dès le début de l'intervalle transgressif et passage à des sédiments plus marneux. Cet approfondissement est moins brutal en Bourgogne qu'en Haute-Marne, car on y observe une séquence supplémentaire (un bref retour à des conditions de plate-forme barrée), avant l'inondation maximale qui permet la mise en place des Marnes à Exogyres (zone à Mutabilis).

Dans ce contexte séquentiel, les principales discontinuités caractérisées sont:

- une discontinuité majeure avec témoins d'émersion dans la partie inférieure de la coupe de Marsannay le Bois (zone à Baylei): sommet de l'unité Ia.

- une discontinuité majeure rapportée à la transgression globale ZA 4.4 (Haq *et al* 1987) datée de 144 Ma (zone à Cymodoce): sommet de l'unité IIIB à Marsannay le Bois, IIIB à Bèze, IV à Gudmont.

- une série de discontinuités mineures au sein des unités IIA à Marsannay le Bois, III à Bèze, II, III, VI à Gudmont.

3/ SUR L'OBSERVATION DE MICRITES AU MEB:

En l'absence de marqueurs stratigraphiques précis et de faciès sparitiques aux niveaux des discontinuités, la caractérisation de celles-ci passe par l'analyse des micrites. C'est pourquoi, dans un premier temps, nous avons définis, par rapport au degré de confinement du milieu de formation des micrites, deux pôles de nanostructure:

- milieu ouvert: nanostructure **coalescente** à engrenée de grains subhédraux parfois **anhédraux, amiboïdes à isométriques**

- milieu restreint: nanostructure serrée à **punctique** de grains subhédraux parfois **euhédraux, rhomboédriques à amiboïdes**.

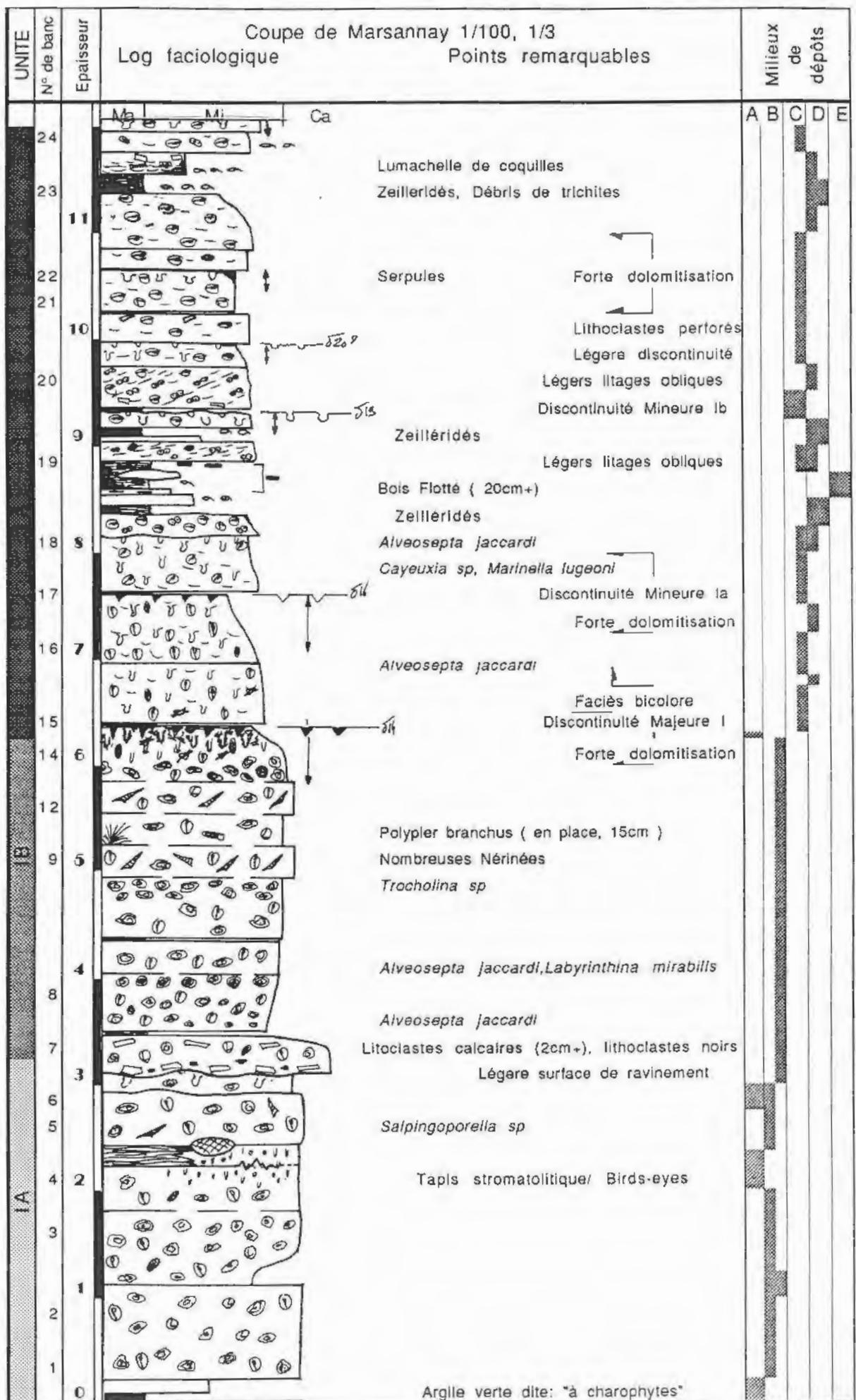
Ensuite nous avons vérifié qu'une discontinuité avait, par l'intermédiaire de la diagenèse, une influence sur la nanostructure d'un sédiment micritique:

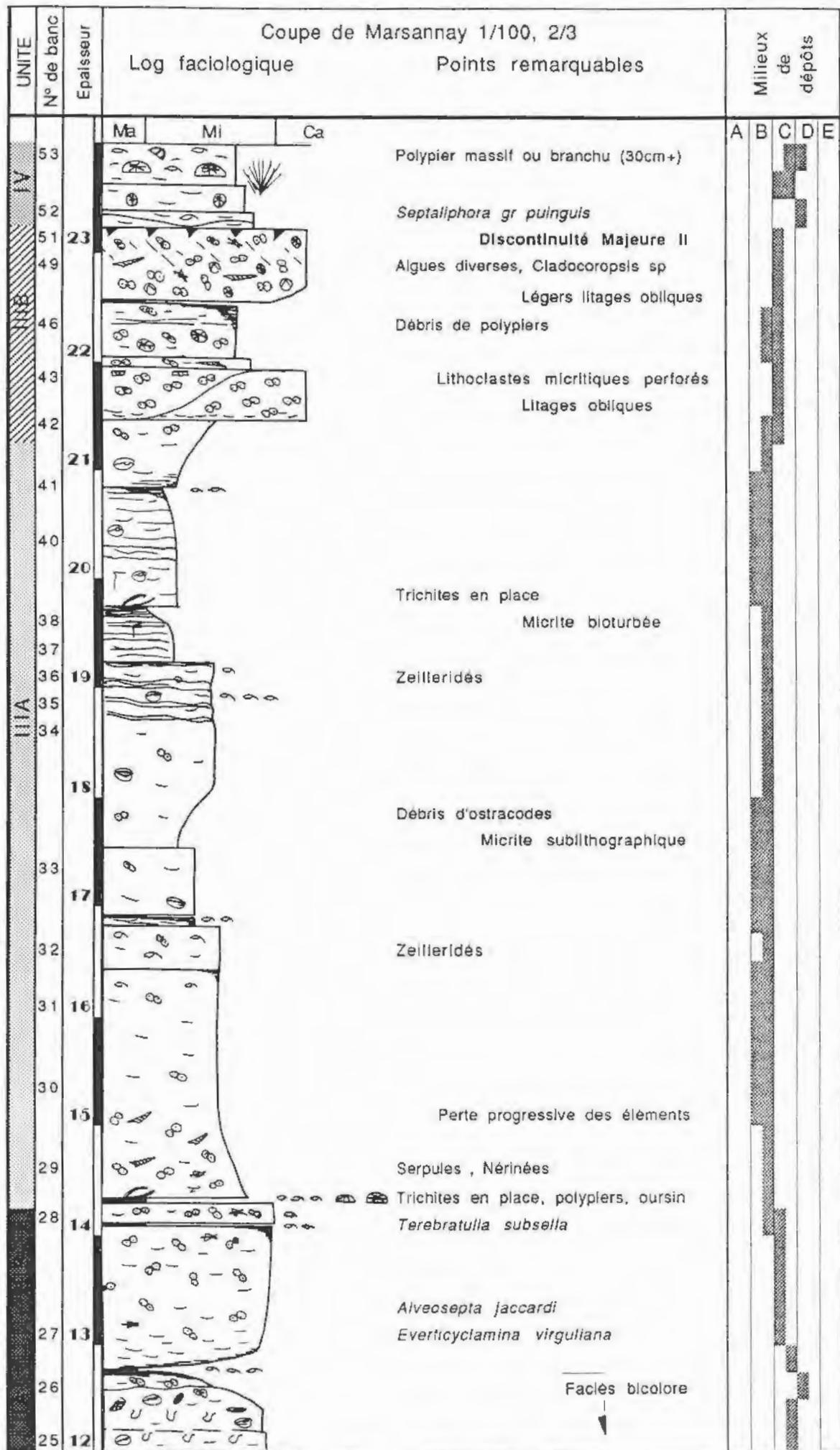
- tendance à la **coalescence des grains**, en conservant des îlots reliques de la nanostructure originelle qui dépend du degré de confinement du milieu de dépôt.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

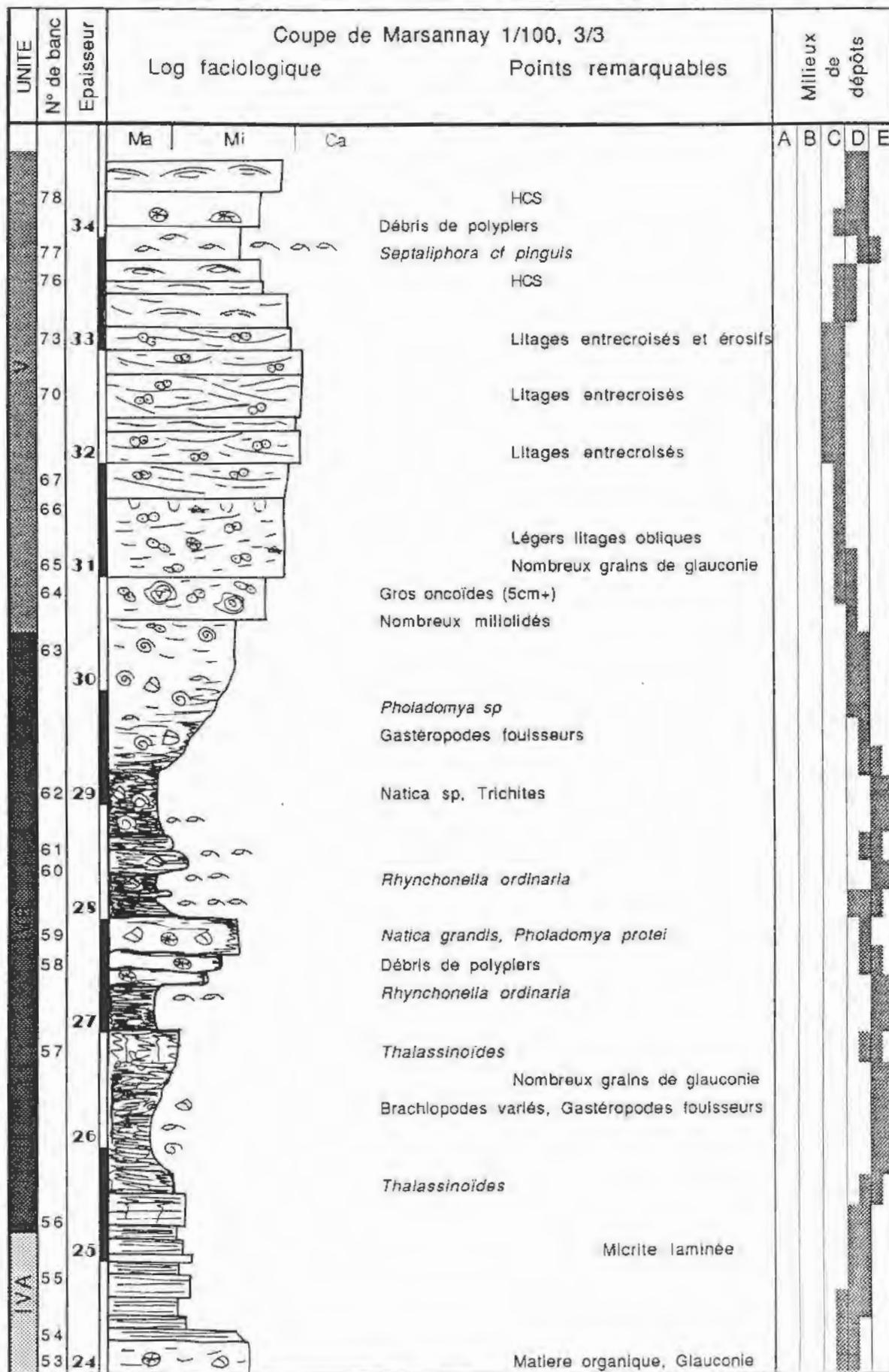
- BARBIER S., LE STRAT P., GUILLOCHEAU F., DAGALLIER G., BOURQUIN S. et VAIRON J. (1993): Evolution géométrique des plate-forme carbonatées du Jurassique supérieur de bassin de Paris: IV^{em} congrès français de sédimentologie, Lille, publication ASF n°19, p25-26.
- BERNARD P. (1988) La plate-forme carbonatée Niverno-Icaunaise à l'Oxfordien sup. et au Kimméridgien inf: Thèse doctorat 3^{em} cycle, Univ. Dijon, 297 p.
- BERNARD P, MENOT J.C., PASCAL A. (1984) Nannostructure des calcaires micritiques crayeux, lithographiques et sublithographiques du Jurassique supérieur dans le sud-est du Bassin de Paris: interprétation diagénétique: V^{em} congrès européen de sédimentologie, Marseille, p56-57.
- BUSSON G. *et ai* (1992) Les coccolithes en boutons de manchette et la genèse des calcaires lithographiques du Jurassique supérieur Revue de paléobiologie. Genève, Vol 11, N°1, p 255-271
- BUSSON G., NOEL D., CONTINI D., MANGIN A.M., CORNEE A. et HANIZEPERGUE P. (1993) Omniprésence des coccolithes dans les calcaires lagunaires du Jurassique moyen et supérieur de France: Bull. Centre Rech. Elf Prod. Vol 17, N°1, p 291-301.
- BOULLIER A. (1980) Essai de Zonation de l'Oxfordien et du Kimméridgien français au moyen des térébratulidés: Bull. Soc. Géol. France. t XXII, N°4, p 599-606.
- CHAMPETIER Y., FOURCADE E.(1966) A propos de *Cladocoropsis mirabilis* FEUX dans le Jurassique supérieur du sud-est de l'Espagne: Estudios Geologicos, t 22, N°1, p 101-111.
- DAGALLIER G.(1993) Séquences haute résolution et microtextures dans les calcaires fins de l'Oxfordien de Lorraine: IV^{em} congrès français de sédimentologie, Lille, publication ASF n°19, p11⁷-11⁸.
- DIETER U., REINHOLD R. (1995) *Lithocodjunt aggregatum* Elliot n'est pas une algue mais un foraminifère encroûtant, commensalisé par le foraminifère *Troglotelia incrustans* Wernli et Pookes: C. R. Acad. Sci. Paris, série IIA, t 320, p 531-538.
- DURLET C., LOREAU J.P., PASCAL A.(1992) Signature diagénétique des discontinuités et nouvelle représentation graphique de la diagenèse: C. R. Acad. Sci. Paris, série II, t 314, p 1507-1514.
- Elf-Aquitaine (1975-1977) Essai de caractérisation sédimentologique des dépôts carbonatés Elf-Aquitaine SNPA: Tome 1: Eléments d'analyse, 174p, Tome 2: Eléments d'interprétation, 231p.
- FILAKJ.M (1993) Observations et description de la coupe de Bèze: Rapport de Maîtrise, Univ. Dijon, 19p, Inédit.
- HACQ B.U.,HARDENBOL J. et VAIL P.R. (1987) Chronology of fluctuating sea level since the triassic: Science vol 235,p.1117-1288
- LOREAU J.P. (1972) Pétrographie de calcaires fins au microscopes électronique à balayage: introduction à une classification des micrites: C. R. Acad Sci Paris, série D, t 274, p 810-813.
- LUCAS G., GROS P., LANG J (1976) Etude microscopique des roches meubles et consolidées: Paris, Ed DOIN, 503p.

- MONGENOT .T. (1992) Observations pétrologiques et sédimentologiques sur la coupe de Gudmont (Hte-Marne) rapport de magistère 2ème année, 29p.2p1
- MOUSSA B.(1994) Etude des systèmes sédimentaires dans la carrière de Marsannay-le-bois: Rapport de Maîtrise, Univ Dijon, 21p, Inédit.
- MOUTIER L. (1994) Sédimentologie et diagenèse des calcaires crayeux du Barrémien supérieur d'Orgon (Bouches du Rhône): DEA PAL&SED, Aix-Marseille 1, 33p, 6 pl.
- NOEL D., BUSSON G. et CORNEE A. (1991) Les calcaires fins pélagiques du Jurassique moyen et supérieur sont essentiellement construit d'une nannoflore calcaire oligospécifique: C. R. Acad. Sci. Paris, série 11, t 31Q, p 1455-1462.
- PASCAL A. (1971) Etude sédimentologique et stratigraphique du Jurassique supérieur de la région de Dijon: Thèse doctorat 3èm cycle, Univ Dijon, 122 p., 16 fig.
- PASCAL A. (1973) Stratigraphie du Jurassique supérieur de la région de Dijon: Bull BRGM 2ème série, N°2, p 99-112.
- PURSER B.H. (1975) Sédimentation et diagenèse des séries carbonatées du Jurassique moyen de Bourgogne: Thèse de doctorat es sciences naturelles, Orsay, 383p.
- CARTES CONSULTEES: MIREBEAU 1/50000, DOULAINCOURT 1/50000:

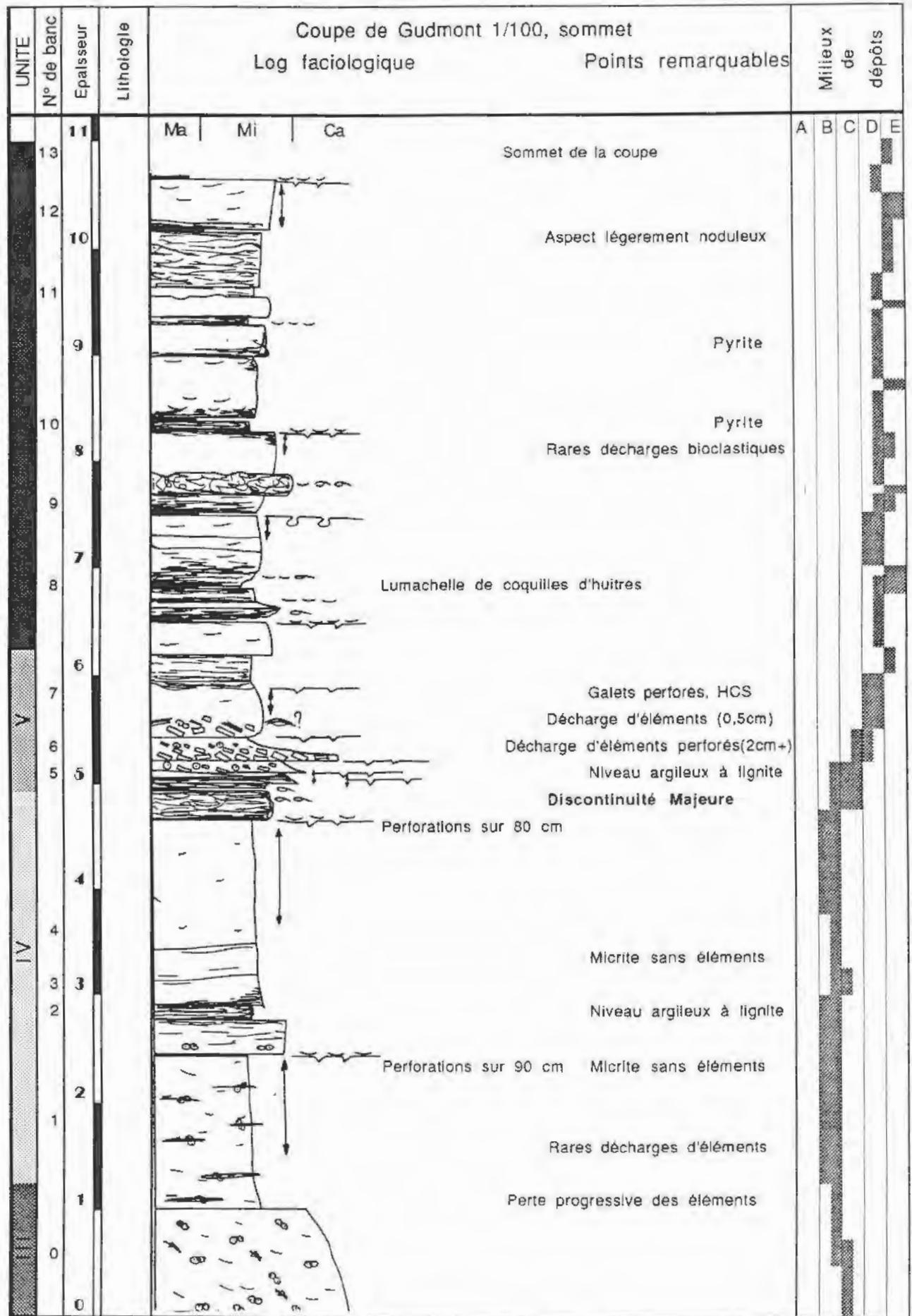




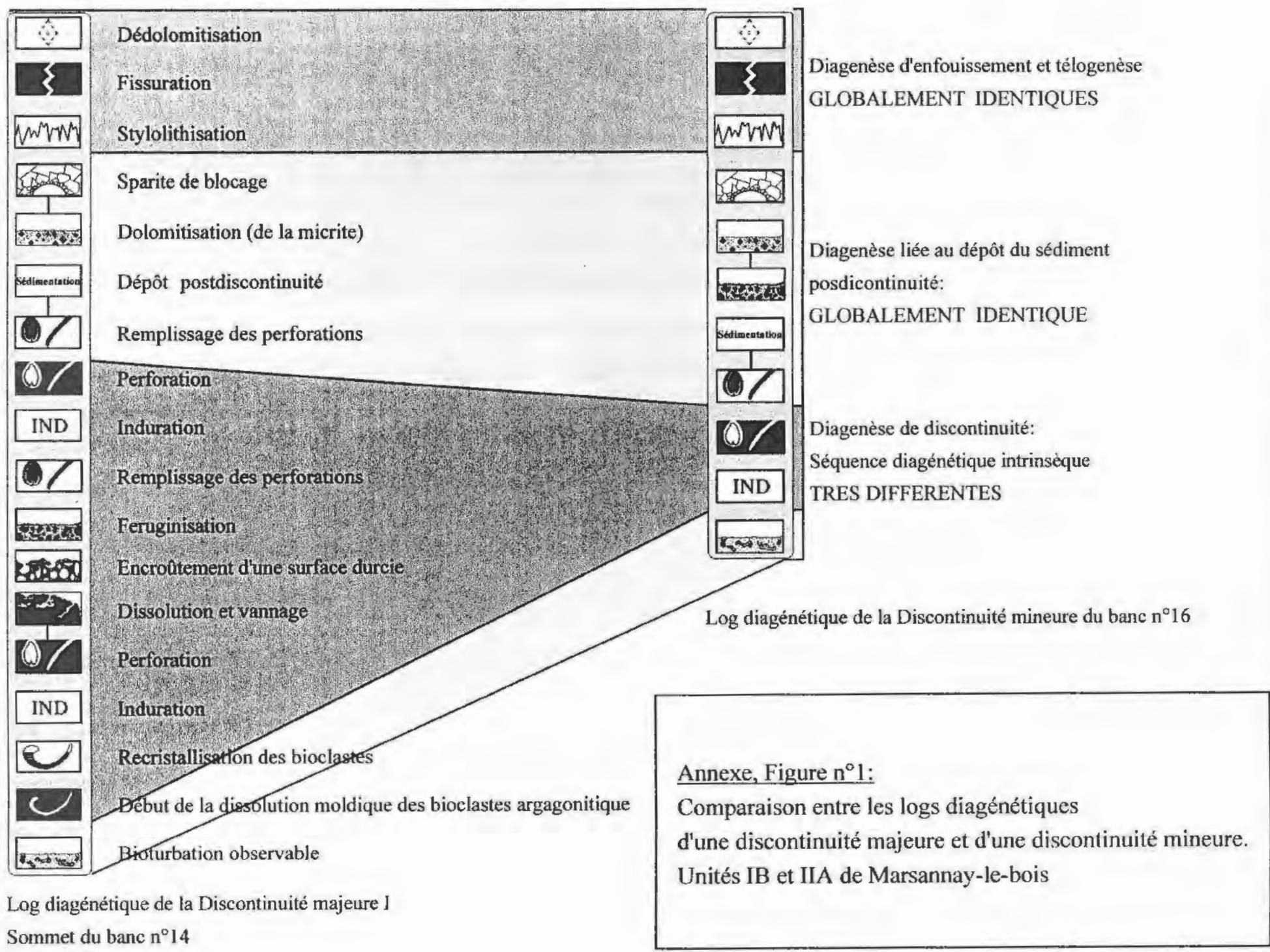
Caractérisation de Discontinuités Majeures dans le Kimméridgien de Bourgogne



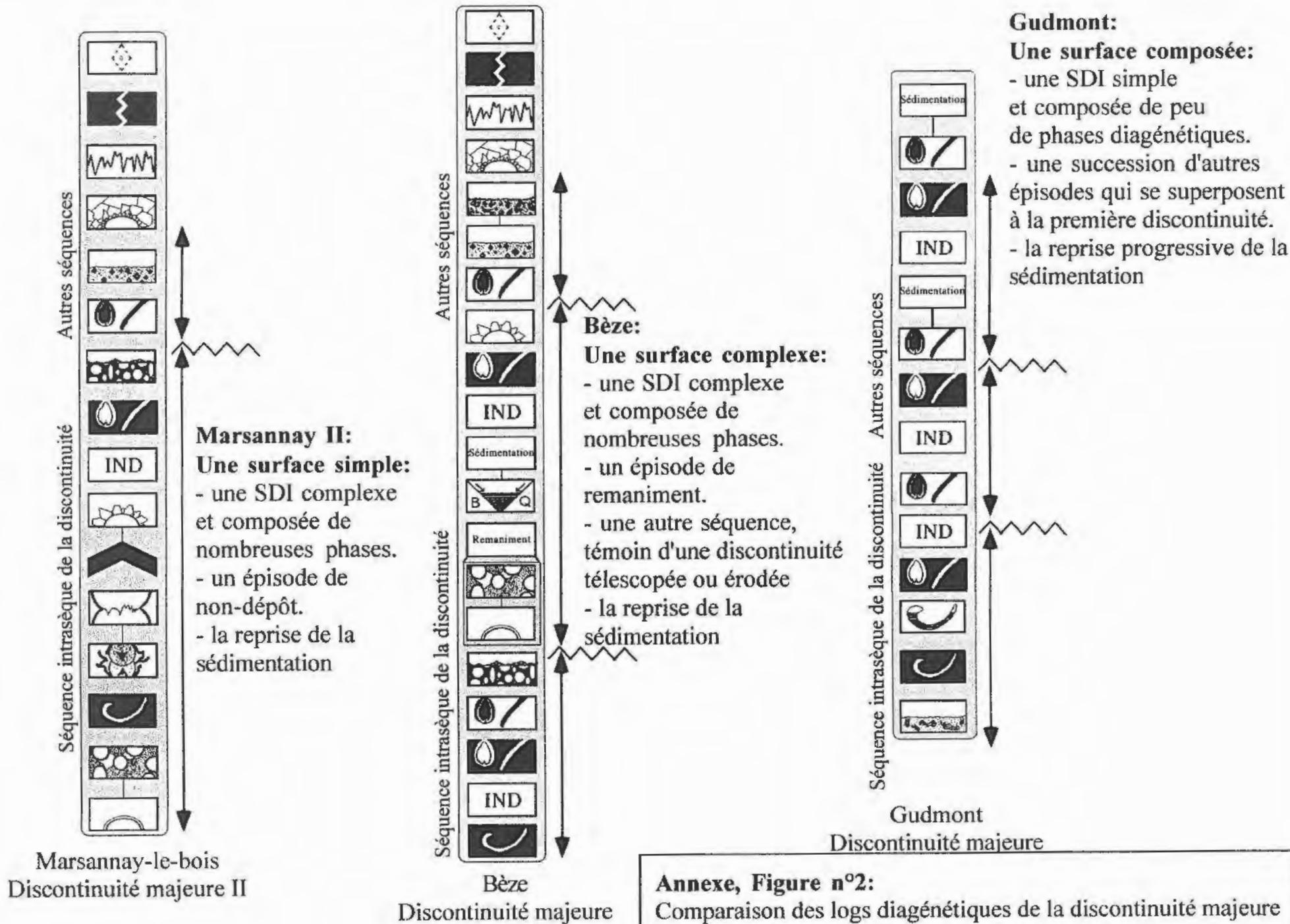
Caractérisation de Discontinuités Majeures dans le Kimméridgien de Bourgogne



50



Annexe, Figure n°1:
 Comparaison entre les logs diagenétiques d'une discontinuité majeure et d'une discontinuité mineure. Unités IB et IIA de Marsannay-le-bois



Annexe, Figure n°2:
 Comparaison des logs diagenétiques de la discontinuité majeure qui marque la fin des dépôts de milieu restreint.



0,4 mm G= x25 ↓ Bas

Photo n°1: Microstalactite (S) dans un terrier ouvert (T), banc n°4 Marsannay le Bois



15 cm

Photo n°2: Sommet du banc n°14 , surface perforée Discontinuité majeure I, (R): réseau de terriers



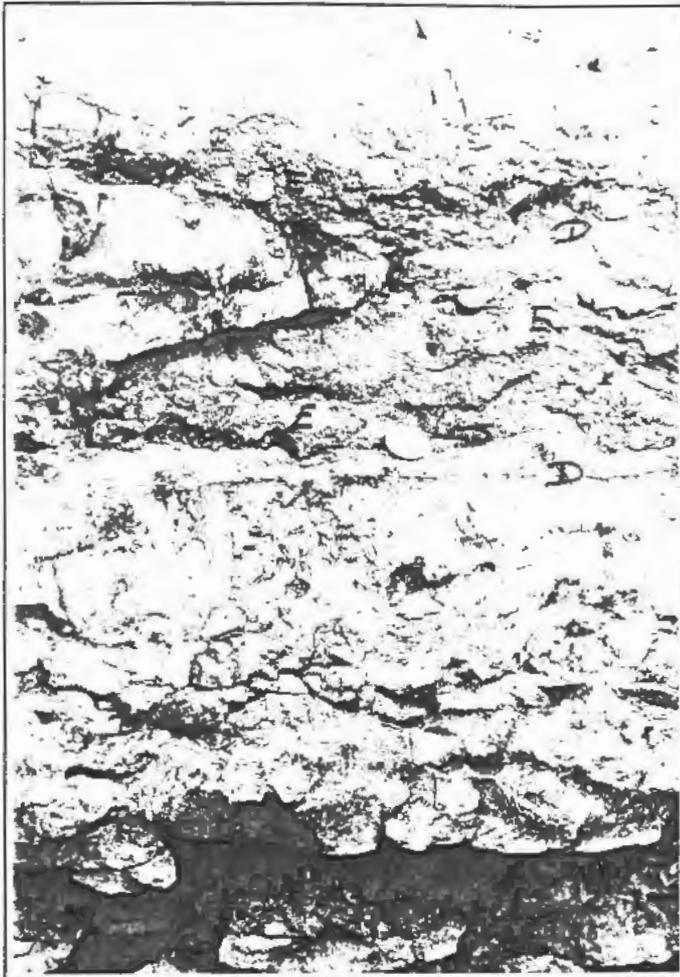
8 cm

Photo n°3: Sommet du banc n°16 , surface perforée, discontinuité mineure (d) (P): Packstone, (M): Mudstone Marsannay le Bois



0,4 mm G= x25 → Bas

Photo n°4: Perforation et encroûtement: Lithocodium agregatum (A), voir page 34



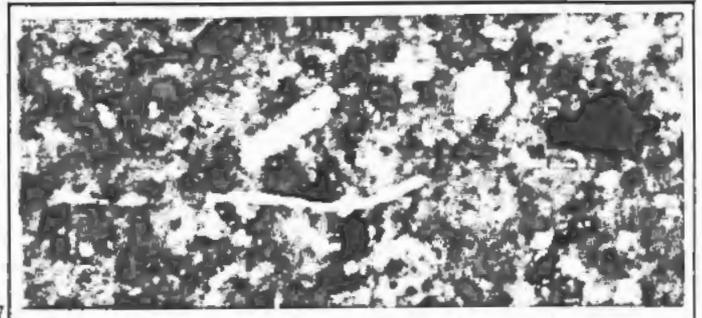
4 cm

Photo n°5: Surfaces durcies (D), banc n°6base
Décharges d'éléments (E), Gudmont



0,4 mm Gudmont *25

Photo n°6: Sommet du banc n°6base, éléments en décharges, lithoclastes encroûtés et/ou perforés (L), serpules démantelées (S), oolites brisées (O)



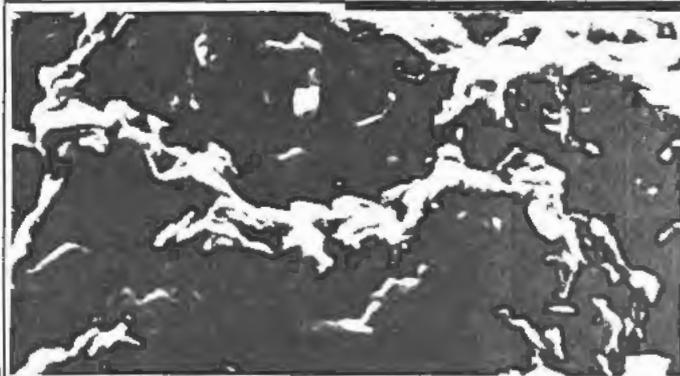
8



10



11



9

Micrites:

photo n°7: micrite du banc M55, microscope optique,
1cm = 0,1mm

photo n°8: échantillon: M76, vu au MEB *3000
micrite de milieu ouvert: grains coalescents

photo n°9: échantillon: G2base *3000

micrite de milieu restreint: grains rhomboédriques

photo n°10: échantillon: G2centre *3000

micrite de milieu restreint: îlot de grains préservés

photo n°11: échantillon: G4sup: *3000

micrite de milieu restreint: grains coalescents

échelle: 1 trait = 10µm

