

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 94 (2001)
Heft: 1

Artikel: Géométrie et faciés des récifs bajociens du haut-fond bourguignon (France) : implications paléo-environnementales et séquentielles
Autor: Durlet, Christophe / Lathuilière, Bernard / Aycard, Myene
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-168874>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 31.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Géométrie et faciès des récifs bajociens du haut-fond bourguignon (France): implications paléo-environnementales et séquentielles

CHRISTOPHE DURLET¹, BERNARD LATHUILIERE² & MYLENE AYCARD¹

Key Words: Bajocian, coral reefs, paleoslopes, sequence stratigraphy, Burgundy, France

Mots clés: Bajocien, récifs coralliens, paléopentes, stratigraphie séquentielle, Bourgogne, France

RESUME

Les affleurements bajociens du sud-est du Bassin parisien recoupent parfois des récifs coralliens associés à des paléo-dénivellations exceptionnelles, pouvant atteindre 50 m. Ces édifices sont largement exposés dans 6 localités, en falaises naturelles et en vastes carrières. Leur étude géométrique, faciologique et diagénétique apporte des précisions paléo-environnementales et séquentielles sur la mise en place de la plate-forme bajocienne.

Deux types de récifs sont décrits. Les plus nombreux correspondent à des pinacles escarpés, bordés par des faciès péri-récifaux progradants en direction de vastes glacis extra-récifaux où la tranche d'eau pouvait dépasser 50 m. Les plus vastes forment des structures allongées, implantées à l'aplomb de failles normales synsédimentaires. Tous montrent une dissymétrie E-W ou NE-SW qui résulterait d'une houle dominante venant de l'E ou du NE.

Dans toutes les localités, la géométrie des corps récifaux et péri-récifaux permet de mettre en évidence 3 séquences de dépôt (successivement aggradantes puis progradantes) au cours des deux dernières zones d'ammonites du Bajocien inférieur. Le sommet de chaque séquence a enregistré une chute du niveau marin relatif n'excédant pas 10 m d'amplitude, mais néanmoins suffisante pour provoquer l'émergence temporaire des aires récifales les moins profondes.

ABSTRACT

In the southeastern Paris Basin, several wide Bajocian outcrops (natural cliffs and quarries) show coral reefs rimmed by paleoslopes up to 50m high. Facies, geometries and diagenetic studies clarify the palaeoenvironmental and sequential setting of the Bajocian carbonate platform and reveal cyclic relative sea-level changes during reef development.

Two basic types of reef architecture are distinguished. Type 1 architecture corresponds to large pinnacles aggrading 30 to 50 m over underlying Aalenian and lowermost Bajocian limestones. Type 2 architecture corresponds to elongate reef structures growing above and along normal synsedimentary faults. Large pinnacles include either coral framework facies and coral debris and sometimes prograde thousand meters into various directions, but mainly towards W and SW, suggesting an hydrodynamic control by waves coming from the east (from the Tethys).

In the best exposed reef complexes, the cyclic aggradational-progradational geometry of reefal and peri-reefal deposits points out 3 depositional sequences during the Propinquans and Humphriesianum Lower Bajocian ammonite zones. These sequences end with a sea level fall which does not exceed 10 meters in amplitude, leading to temporary emergence of some of the reef crests.

1. Introduction

En environnement de plate-forme récifale, les variations de la topographie locale jouent un rôle majeur sur la distribution spatio-temporelle des faciès. Ce rôle doit être nécessairement appréhendé pour interpréter les séries récifales et péri-récifales en termes d'évolution paléo-environnementale et séquentielle.

Dans les séries anciennes, la difficulté est que le contexte paléo-topographique est souvent mal connu, du fait de la rareté et de l'exiguïté des affleurements. Il est alors délicat, à partir de quelques coupes verticales, de faire la part entre les facteurs eustatiques, climatiques, tectoniques et topographiques contrôlant la sédimentation. L'exception vient des affleurements de grande taille, falaises ou versants abrupts, qui recou-

pent des structures récifales et péri-récifales suivant plusieurs directions et sur plusieurs km de longueur. Les quelques modèles de croissance récifale qui font référence pour l'interprétation séquentielle des structures coralliennes anciennes sont ainsi tous fondés sur la description de vastes affleurements, par exemple des falaises côtières et continentales du Miocène de Majorque et d'Andalousie (e.g. Pomar 1991; Braga & Martin 1996).

Au sud-est du Bassin parisien, sur la partie occidentale du Seuil de Bourgogne, de longues falaises en bordure de cuesta et de vastes carrières recoupent des récifs coralliens mis en place au cours du Bajocien inférieur, sur une plate-forme carbonatée intracratonique (Fig. 1). Ces affleurements permettent d'observer en continu, et à toutes les échelles, la distribu-

¹ Laboratoire de Géologie des Bassins Sédimentaires, ESA-CNRS 7073, Université Paris 6, case 116, 4 pl. Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France. E-mail : durlet@ccr.jussieu.fr

² Géologie et gestion des ressources minérales et énergétiques, UMR-CNRS 7566 G2R, Faculté des Sciences, B.P. 239, 54056 Vandoeuvre-les-Nancy Cedex, France

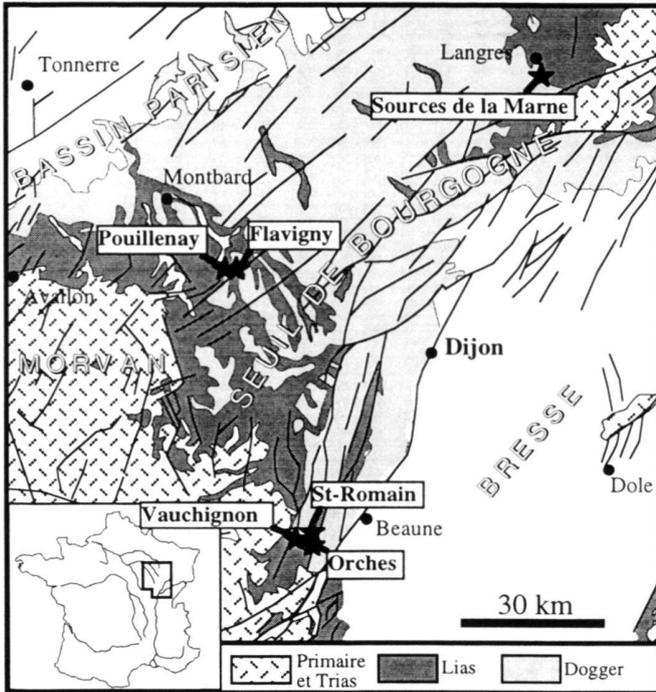


Fig. 1. Carte de localisation des récifs bajociens étudiés.

tion des faciès et des discontinuités le long de paléo-pentes pouvant atteindre 50 m de dénivellation. Leur analyse permet d'établir un modèle géométrique et faciologique de croissance récifale pour une période clef de l'évolution des écosystèmes coralliens. Dans l'histoire des plates-formes péri-téthysiennes, c'est en effet au Bajocien que les coraux scléractiniaires prennent pour la première fois une place aussi active dans la construction des récifs (Lathuilière 2000b).

À l'échelle régionale, l'objectif est de comprendre les contraintes paléo-environnementales et séquentielles qui ont présidé à l'apparition, à l'essor et à la disparition de la première plate-forme carbonatée du Dogger. Cette plate-forme recèle des faciès carbonatés variés, souvent crinoïdiques ou coralliens, qui ont depuis longtemps été le sujet de controverses en termes de paléo-profondeur et d'environnements de dépôt (e.g. Coulon 1979; Durllet 1996; Lathuilière 2000a, 2000b). Dans cet article, le positionnement des faciès par rapport à l'orientation et à la dénivellation des pentes permet de mieux contraindre la profondeur des divers groupes faciologiques, tout en offrant une interprétation hydrodynamique à la répartition spatiale des calcarénites et des faciès de démantèlement.

2. Cadre paléogéographique et stratigraphique

Les récifs bajociens étudiés se situent à la périphérie sud-est du Bassin parisien et sur le Seuil de Bourgogne (Fig. 1). Au début du Dogger cette zone correspondait à l'entité paléogéographique du haut-fond bourguignon, à la jonction entre la «plate-

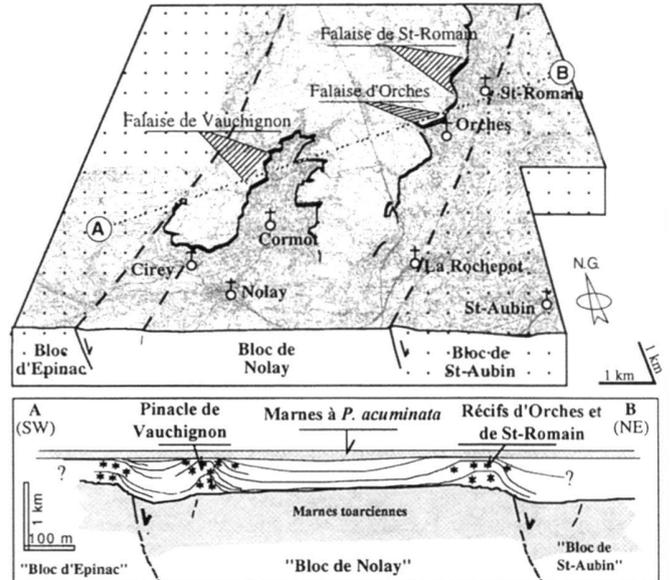


Fig. 2. Situation des falaises de Vauchignon, St-Romain et Orches par rapport aux failles normales délimitant le «bloc de Nolay». L'influence synsédimentaire de ces failles est perceptible dans les variations d'épaisseur de la série bajocienne et dans l'implantation des récifs coralliens.

forme centrale» et la «plate-forme septentrionale» (Contini & Mangold 1980). Ce haut-fond bourguignon était le siège d'une sédimentation carbonatée diversifiée sur une aire faiblement subsidente, délimitée par des failles synsédimentaires issues de la réactivation d'accidents hercyniens lors du rifting liguro-téthysien (Durllet et al. 1997). Immédiatement à l'est, le môle du Morvan et de l'Avallonnais n'était pas une aire durablement émergée, mais une aire positive, siège d'une sédimentation calcarénitique réduite en milieu très peu profond. Au sud, à l'est et au nord s'étendaient des zones sensiblement plus subsidentes, attestées par des dépôts calcarénitiques plus épais (Durllet & Thierry 2000).

La première formation du Dogger à s'être déposée sur le haut-fond bourguignon est la formation des Calcaires à Entroques, essentiellement d'âge Bajocien inférieur, avec à sa base quelques décimètres ou quelques mètres de calcaires aaléniens (Durllet & Thierry 2000). Épaisse de 30 à 60 mètres, cette formation est encadrée par 2 discontinuités majeures. À sa base, la discontinuité Lias-Dogger coïncide avec une longue lacune biostratigraphique, pouvant inclure le Toarcien sommital, l'Aalénien et le Bajocien basal. Cette discontinuité, commune à de nombreuses plates-formes périthésiennes, est interprétée comme étant une surface d'érosion et de non-dépôt engendrée par une régression majeure (Ziegler 1988; Jacquin & Graciansky 1998; Jacquin et al. 1998). Au toit de la formation, la discontinuité vésulienne est une surface perforée sub-horizontale qui est associée à une lacune systématique de la base du Bajocien supérieur (zone à Niortense). Cette disconti-

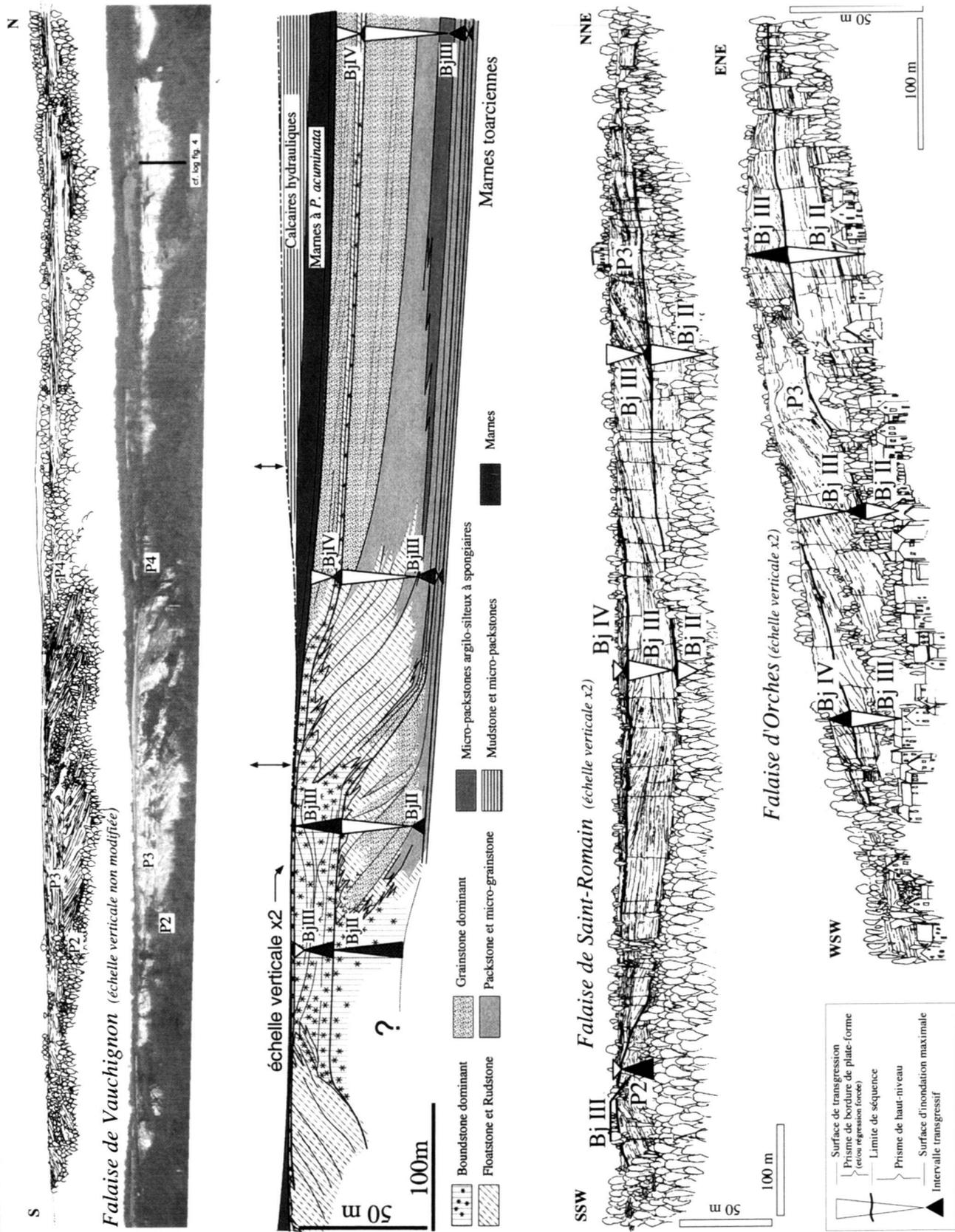


Fig. 3. Géométrie des corps sédimentaires recoupés par les falaises de St-Romain, d'Orches et de Vauchignon. Mise en évidence des cycles transgressifs-régressifs BjII, BjIII et BjIV au sein des calcaires récifaux et péri-récifaux des zones à Propinquans et Humphriesianum (Bajocien inférieur). Les membres à polyptiers sont indiqués par les indices P2, P3 et P4.

nuité est interprétée comme le résultat d'une exondation généralisée de plate-forme carbonatée à la fin du Bajocien inférieur ou au tout début du Bajocien supérieur (Durllet & Loreau 1996). La discontinuité vésulienne est scellée par la formation des marnes à *Praexogyra acuminata* (5 à 15 m d'épaisseur) qui témoigne de l'ennoyage de la plate-forme au cours des zones à Garantiana et à Parkinsoni.

Le découpage lithostratigraphique de la formation des Calcaires à Entroques du haut-fond bourguignon a été initialement entrepris par Collenet (1873) puis Daulin (1969). Ces auteurs ont distingué 2 membres riches en coraux au sein de la formation : le membre du «calcaire marbre» et le membre du «calcaire à polypiers». Récemment, Durllet & Thierry (2000) ont proposé un nouveau découpage lithostratigraphique où 4 membres coralliens sont distingués. Le premier de ces membres (P1) correspond au membre du «calcaire marbre» qui est daté de la zone à Discites ou de la zone à Laeviuscula mais n'est connu que ponctuellement dans la région de l'Auxois. Les 3 autres membres coralliens (P2, P3 et P4) se rattachent aux membres du «calcaires à entroques» et du «calcaire à polypiers» des premiers auteurs. L'inventaire exhaustif des ammonites récoltées dans la formation des Calcaires à Entroques du Seuil de Bourgogne (Durllet 1996; Durllet & Thierry 2000) montre que les membres P2, P3 et P4 appartiennent respectivement à la zone à Propinquans, à la base de la zone à Humphriesianum et au sommet de la zone à Humphriesianum (sous-zone à Blagdeni).

3. Architecture des récifs et description des affleurements

Au sein de la formation des Calcaires à Entroques les dépôts bioclastiques ou oncoïdiques à texture grainstone et packstone sont largement prédominants. Les faciès riches en coraux (faciès bioconstruits, faciès semi-bioconstruits et faciès de démantèlement) sont présents de façon discontinue. Ils peuvent être inclus au sein de biohermes de tailles métriques ou au sein de vastes biostromes mais ils ne sont alors associés ni à des paléodénivellations significatives, ni à de véritables faciès de démantèlement. Ils peuvent aussi être inclus dans de vastes complexes récifaux où des biohermes escarpés sont entourés par des faciès de démantèlement. L'architecture de tels complexes récifaux n'a été à ce jour que brièvement décrite (eg., Coulon 1979; Durllet 1996). Leur analyse séquentielle a été évoquée récemment à partir de quelques exemples (Durllet & Thierry 2000) sans toutefois détailler la géométrie et la distribution des faciès récifaux et péri-récifaux.

Deux types de structures récifales sont décrits ici. Le premier type architectural correspond à de vastes pinacles coralliens irrégulièrement implantés sur les calcaires de l'Aalénien et du Bajocien basal. Ces pinacles présentent des flancs escarpés, en relation avec des faciès de démantèlement (floatstone à rudstone) et des faciès bioclastiques qui forment une couronne de progradation pouvant atteindre 50 m de hauteur.

Le deuxième type architectural est constitué par une juxtaposition de bioconstructions coralliennes, implantées à

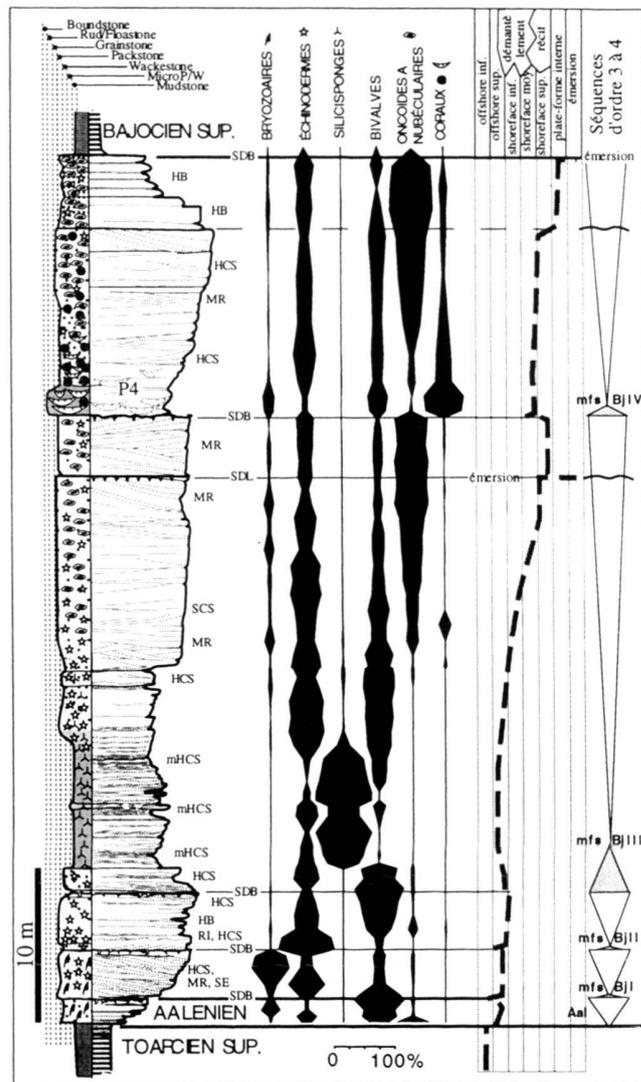


Fig. 4. Log sédimentologique de la partie nord de la falaise de Vauchignon, en contexte de glacis extra-récifal (cf. localisation de la coupe sur la fig. 3). La distribution verticale des figures sédimentaires, des textures et des principaux bioclastes est comparée à l'interprétation séquentielle fondée sur la lecture des géométries pluri-hectométriques (cf. fig. 3). Les proportions de bioclastes (ramenées à 100%) sont issues d'un comptage visuel effectué sur 61 lames minces. Les relevés et prélèvements ont été effectués en falaise, sur corde fixe. Abréviations utilisées pour les figures sédimentaires: HCS = Hummocky Cross Stratification; mHCS = micro Hummocky Cross Stratification; MR = Mégarides; SE = Sillons d'Erosion; HB = Homogénéisé par la Bioturbation; SDB = Surface Durcie Bosselée (sans abrasion); SDL = Surface Durcie Lisse (avec abrasion).

l'aplomb ou à proximité immédiate de petites failles normales synsédimentaires. Ces failles, communes sur le haut-fond bourguignon, ont fréquemment une direction N10-20 ou N70-80 et sont liées à la réactivation d'anciens accidents hercyens au cours de l'Aalénien et du Bajocien basal (Durllet et al. 1997). Les rejets synsédimentaires sont faibles (quelques

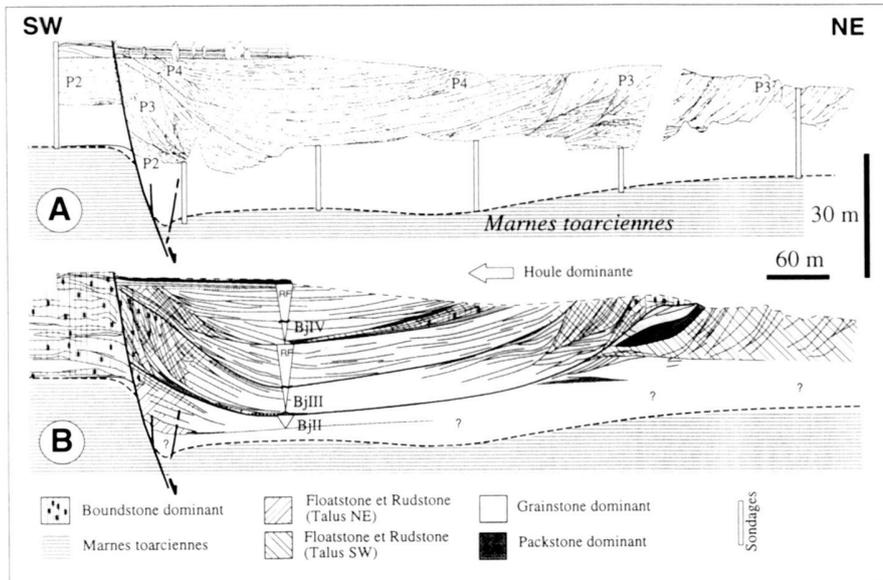


Fig. 5. Distribution des faciès et des discontinuités recoupés par les carrières et les falaises des Sources de la Marne. Une faille normale synsédimentaire (orientée N80) a influencé l'implantation de récifs coralliens formant soit une barrière discontinue (au sud) soit de vastes pinacles (au nord). Les diverses pentes péri-récifales montrent une dissymétrie géométrique et faciologique qui suggère l'influence d'une houle dominante issue de l'Est ou du Nord-Est. Mise en évidence des cycles transgressifs-régressifs BjII, BjIII et BjIV au sein des calcaires récifaux et péri-récifaux des zones à Propinquans et Humphriesium (Bajocien inférieur).

mètres) et partiellement amortis par l'épaisse formation marneuse du Lias sous-jacent. Ces bioconstructions ne semblent pas avoir formé des barrières continues délimitant des zones de lagon franc. Toutefois, le manque d'affleurements sur les blocs surélevés (par suite de leur surrection et leur érosion cénozoïque) ne permet pas d'exclure définitivement cette possibilité.

3.1 Le récif de Vauchignon

A l'extrémité sud-ouest du haut-fond bourguignon (Fig. 1), le plateau bajocien des Chaumes d'Auvenay est bordé par plus de 15 kilomètres de falaises (Fig. 2) pouvant atteindre 55 mètres de hauteur. Ces falaises se développent entre les 2 failles normales qui délimitent les compartiments tectoniques d'Épinac, de Nolay et de Saint-Aubin (Fig. 2).

Au nord de Nolay et immédiatement à l'ouest du village de Vauchignon, un tronçon bien exposé de la falaise bajocienne recoupe un vaste pinacle corallien suivant une direction SW-NE à SSW-NNE. Outre la bonne qualité des affleurements et outre la présence d'ammonites à la base et au sommet de l'escarpement, ce tronçon de falaise présente l'avantage unique de montrer en continu et à toutes les échelles la transition latérale entre les faciès récifaux et non récifaux situés entre contrebas et à plus de 1 km du récif (Fig. 3 et 4).

3.2 Les récifs d'Orches et de Saint-Romain

Les structures récifales et péri-récifales d'Orches et de Saint-Romain sont recoupées par 2 tronçons de la falaise bajocienne des Chaumes d'Auvenay, à respectivement 4 et 5 km au NE du pinacle de Vauchignon (Fig. 2). Ces tronçons de falaise sont si-

tués à environ 1 kilomètre de la faille normale synsédimentaire (Durllet 1996, Forest et al. 1999) délimitant le bloc de Nolay de celui de Saint-Aubin. Ils montrent une progradation générale vers l'ouest des dépôts du Bajocien inférieur. Ces progradations incluent des faciès bioconstruits, des faciès de démantèlement et des faciès calcarénitiques bioclastiques. Elles sont interprétées comme exprimant la migration vers l'ouest d'une barrière récifale discontinue, initialement implantée plus à l'est, sur le revers de la faille ou de la flexure (Fig. 2).

La falaise d'Orches, orientée WSW-ENE recoupe les progradations obliquement, tandis que la falaise de Saint-Romain (orientée SSW-NNE) est perpendiculaire à la direction de progradation (Fig. 3). Ce type de section montre que les grandes progradations bioclastiques étaient localement devancées par des éperons bioconstruits ou semi-bioconstruits. Trois de ces éperons sont recoupés par les falaises de Saint-Romain (P2 et P3 sur Fig. 3) et d'Orches (P3 sur Fig. 3).

3.3 Les récifs des sources de la Marne

A l'endroit même où la Marne prend sa source, juste au sud de la ville de Langres et à 105 km au NNE des récifs précédemment décrits (Fig. 1), deux édifices récifaux de grande taille sont recoupés suivant plusieurs directions par un ensemble de carrières, de falaises naturelles et de sondages destructifs (Fig. 5). La structure récifale principale est implantée à l'aplomb d'une petite faille normale synsédimentaire orientée N80 (Durllet et al 1997). Elle montre un front récifal abrupt, haut d'une trentaine de mètres (Fig. 5), parallèle à la faille. La deuxième structure récifale, contemporaine mais non reliée à la précédente, est située à quelques centaines de mètres plus au nord. Les 2 récifs sont séparés par une étroite dépression

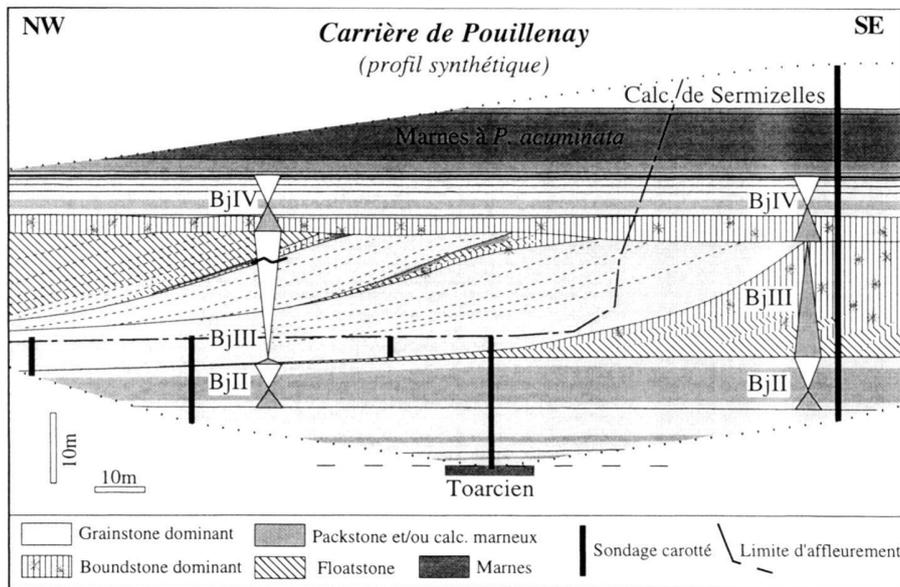


Fig. 6. Distribution des faciès et des discontinuités au niveau de la carrière de Pouillenay. Des sondages carottés complètent les relevés des fronts de taille. Dans la carrière, la séquence BjIII est principalement représentée par des faisceaux progradants mis en place sur le flanc ouest et nord-ouest d'un pinacle corallien reconnu par un sondage carotté effectué au sud-est de l'excavation. Ces faisceaux montrent une alternance de faciès bioconstruits (souvent argileux et uniquement au sommet des talus), de faciès de démantèlement et d'encrinites. Le sommet de ces faisceaux est tronqué par une surface érosive et émergitive qui matérialise le maximum régressif du début de la séquence BjIV.

inter-récifale, localisée à l'aplomb du *roll over* de la faille syn-sédimentaire.

3.4 Les récifs de Pouillenay et de Flavigny-sur-Ozerain

A 60 km au NNW des récifs de la région de Nolay, et à 75 km à l'WSW des récifs des sources de la Marne (Fig. 1), une carrière (Pouillenay, Fig. 6) et une falaise naturelle (Flavigny-sur-Ozerain) recourent deux structures récifales, situées de part et d'autre de la vallée de la Brenne. Espacées d'environ 2,5 km l'une de l'autre, ces structures correspondent à 2 grands pinacles contemporains qui ont la particularité d'être latéralement associés à de volumineux faisceaux d'encrinites, progradant principalement vers l'ouest et le nord-ouest. A quelques centaines de mètres au sud, une faille normale, d'orientation N20 et de rejet cénozoïque inférieur à 10 m, a peut-être influencé l'implantation de ces 2 pinacles.

4. L'échelonnement des faciès le long des paléo-pentes

L'observation directe des changements latéraux de faciès et des télescopages de discontinuités le long des paléo-pentes a montré une évolution systématique des faciès depuis un pôle récifal proximal jusqu'à un pôle extra-récifal distal. Cette évolution, nuancée en fonction de la taille des structures récifales et en fonction de l'orientation des pentes (Tab. 1), permet d'appréhender la distribution spatiale des principaux faciès du Bajocien inférieur.

4.1 Les bioconstructions sommitales

Les bioconstructions coralliennes sont largement prédominantes au sommet des paléo-reliefs. Elles constituent des

masses compactes, de hauteurs métriques à décimétriques, biohermales ou biostromales, dont la juxtaposition forme l'ossature d'extension hectométrique des récifs étudiés. Les organismes bioconstructeurs sont essentiellement des madréporaires, avec une faible proportion de calcisponges, d'algues rouges (*Solenopora jurassica*) et d'encroûtements alga-bactériens. La matrice est calcarénitique ou micritique. Elle contient une faune abondante, dominée par des lamellibranches et des échinodermes (échinides et crinoïdes), avec une faible proportion de brachiopodes, de foraminifères benthiques, de gastropodes, de serpules, d'ostracodes et de bryozoaires.

Les madréporaires bioconstructeurs, dont la symbiose avec les zooxanthelles a été démontrée pour la plupart d'entre eux (e.g., Lathuilière 2000b), présentent des types morphologiques diversifiés, appartenant à une dizaine de genres. Les formes lamellaires (*Isastrea*, *Periseris*, *Thamnasteria*, *Complexastrea*, *Dimorpharaea*), parfois encroûtantes, sont les plus abondantes. Elles sont localement supplantées par des formes branchues phacéloïdes (*Cladophyllia*, *Stylosmilia*, *Isastrea*, *Thecosmilia*) ou dendroïdes (*Cladophyllia*), par des formes massives bidimensionnelles ou tridimensionnelles (*Isastrea*, *Periseris*), par des formes foliacées (*Dimorpharaea*) et par des formes en cônes (*Periseris*, *Complexastrea*). En relation avec ces variations morphologiques, les trames bioconstruites peuvent montrer des variations verticales et latérales très rapides. Elles sont souvent de type bindstone ou framestone, plus rarement de type bafflestone.

– Les sommets de pente orientés vers l'est et le nord-est ont en commun des caractéristiques qui les distinguent du sommet des pentes orientées vers l'ouest et le sud-ouest. Ils sont exclusivement bioconstruits (framestone à bindstone), avec une trame compacte fréquemment formée par des masses de polypiers encroûtants. Ils peuvent aussi être structurés par des co-

Tab. 1. Récapitulatif des principales différences entre les talus récifaux inclinés vers l'est ou le nord-est et ceux inclinés vers l'ouest ou le sud-ouest.

	Versants E et NE	Versants W et SW
Jointes marneux ou calcaires argileux	Rares, uniquement à plus de 25 m sous le sommet des paléo-reliefs	Fréquents, y compris vers le sommet des talus
Faciès de démantèlement	Peu volumineux, de texture rudstone ou floatstone	Très volumineux, matrice micritique abondante (floatstone)
Forme des coraux dominants	Formes encroûtantes, massives, coniques ou en lames épaisses	Formes branchues, foliacées, en assiettes ou massives
Trame bioconstruite	Framestone ou bindstone	Bafflestone, bindstone ou semi-bioconstruit
Faisceaux calcarénitiques	Grainstones à bioclastes variés	Packstone ou grainstone très riche en entroques
Surfaces durcies	Fréquentes	rare
Ciments isopaques	Fréquents et volumineux	Peu développés
Phénomènes gravitaires	Rares, blocs effondrés	Slumps, avalanchites Polypiers basculés

lonies massives, en cônes et en lames épaisses, dont la position en encorbellement est associée à des escarpements pouvant dépasser 40° d'inclinaison. Les algues *Solenopora jurassica* sont essentiellement observées sur les replats au sommet de ces pentes. Elles se présentent soit sous forme de dômes d'épaisseurs centimétriques (Vauchignon), soit sous forme d'encroûtements massifs, couvrant une surface de plusieurs mètres carrés sur une épaisseur pluridécimétrique (Sources de la Marne). Les surfaces perforées sont fréquentes. Elles sont soit inclinées parallèlement au front récifal, soit peu inclinées et alors associées à la troncature du sommet des récifs. Leur surface lisse, avec ou sans perforations, indique un façonnement mécanique, dans un environnement agité de type *shoreface* (Durllet 1996). Elles tronquent d'épais ciments isopaques initialement constitués de calcite magnésienne, également caractéristiques des environnements récifaux agités.

- Les sommets des pentes inclinées vers l'ouest et le sud-ouest sont plus variés et montrent une alternance de faciès bioconstruits, semi-bioconstruits et calcarénitiques. Les faciès dominants sont semi-bioconstruits, avec des madréporaires rarement jointifs. Les coraux en position de vie s'observent le plus souvent au sein de structures biostromales localisées au sommet de sigmoïdes de progradation. Les types morphologiques sont diversifiés, avec la présence notable de branchus phacéloïdes, de foliacés, de formes massives et de formes lamellaires évoluant vers des formes bosselées ou branchues. Les polypiers sont parfois encroûtés par des nubéculaires, des serpules, des calcisponges ou des bryozoaires. Les faciès non bioconstruits, interstratifiés entre les faciès bioconstruits et semi-bioconstruits présentent des textures variables (floatstone, grainstone, packstone ou wackestone), avec des éléments figurés où prédominent les madréporaires (brisés ou non brisés), les échinides, les entroques et les lamellibranches.

4.2 Les talus récifaux

- Les talus récifaux inclinés vers l'est ou le nord-est montrent une alternance de 2 types de faciès. Des faciès de démantèlement, à gros débris de madréporaires, sont surtout présents sur la partie amont des pentes où ils passent latéralement aux faciès bioconstruits. Leur texture est souvent de type floatstone, avec des épandages ponctuels à texture rudstone. Des faciès calcarénitiques ont une texture essentiellement grainstone, avec des bioclastes variés (entroques, débris millimétriques de polypiers, lamellibranches, échinides, bryozoaires, gastéropodes ...), des intraclastes et des oncoïdes à nubéculaires. Les structures sédimentaires, peu estompées par la bioturbation, comprennent principalement des rides unidirectionnelles progradant vers le haut de la pente ou parallèlement au front récifal, des macro-HCS (*hummocky cross stratification*) à base érosive, des sillons d'érosion orientés dans le sens de la pente et des figures de glissement gravitaire. Les surfaces durcies, lisses et perforées, observées au sommet des récifs peuvent se poursuivre jusqu'à la base des talus, ou au contraire disparaître progressivement lorsque les paléo-dénivellations dépassent 10 à 20 mètres. Certains intraclastes présents dans les faisceaux de progradation sont vraisemblablement issus du démantèlement de ces surfaces.

- Les pentes inclinées vers l'ouest et le sud-ouest sont le siège du maximum de sédimentation péri-récifale, avec des faisceaux de progradation qui se développent couramment sur plus de 500 mètres de long. Ces faisceaux sont faits de dépôts variés, où prédominent les faciès de démantèlement et les faciès à entroques. Les faciès de démantèlement (floatstone), surtout présents dans la partie amont des progradations, contiennent des polypiers roulés ou retournés, au sein d'une matrice à texture packstone ou wackestone qui peut être localement marneuse. Les faciès à entroques peuvent former des corps progradants très homogènes, à texture packstone ou grainstone, où les débris de crinoïdes représentent jusqu'à 95% des éléments figurés (encrinites exploitées à la carrière de Pouillenay, Fig. 6). Les figures de glissements gravitaires sont fréquentes, à l'inverse des structures de type HCS ou sillon d'érosion qui sont absentes.

4.3 Les glacis extra-récifaux

Les faciès déposés sur les vastes glacis sous-marins séparant les récifs, peuvent être étudiés dans de très bonnes conditions entre les sites de Vauchignon, Orches et Saint-Romain, où de longues falaises (Fig. 2) permettent des observations continues entre le sommet et la base des paléo-pentes. Ces faciès se répartissent en 3 pôles, en étroite relation avec la hauteur des talus récifaux contemporains.

Lorsque la hauteur des talus récifaux dépasse 30 à 35 mètres (décompaction non comptée), les dépôts les plus fréquents sont des calcaires fins, parfois silto-argileux, à texture wackestone ou micro-packstone, contenant de nombreux spicules de silicisponges (*Raxonella*). Ces faciès sont parfois silici-

fiés (chailles stratiformes, tubulaires, digités ou bulbeux) et parfois nodulés. Quand ils ne sont pas homogénéisés par la bioturbation, ils montrent une structure finement laminée, avec des micro-HCS ponctuellement affectés par des terriers verticaux ou horizontaux. La macrofaune non finement brisée est rare, à l'exception de brachiopodes et de quelques céphalopodes (nautilés, bélemnites).

Quand la hauteur des talus récifaux est comprise entre 20 et 30 mètres, les talus distaux et les glacis extra-récifaux sont le siège d'une sédimentation bioclastique variée (texture packstone ou grainstone) où prédominent les entroques, les lamelli-branches et les fragments millimétriques de polypiers. Ces faciès sont fréquemment structurés en mégarides 2D progradant dans des directions très diverses. Ces mégarides peuvent inclure des surfaces de réactivation, des sillons d'érosion ou des macro-HCS. Elles montrent parfois une alternance de faciès calcarénitiques (grainstone) et de faciès fins silto-argileux très typique des environnements de *shoreface* supérieur.

Le troisième pôle faciologique s'observe lorsque la hauteur des talus récifaux contemporains est faible, inférieure à 15 mètres. Il s'agit de grainstones bien calibrés, où les bioclastes sont encroûtés par des nubéculaires, formant ainsi de petits oncoïdes, de 0,5 à 1 mm de diamètre. Ces grainstones à nubéculaires sont fréquemment structurés par des mégarides 2D ou 3D, progradantes dans des directions diverses. Plus rarement (Sources de la Marne) des grainstones oolitiques ou oo-bioclastiques peuvent se substituer aux grainstones à nubéculaires.

5 Analyse paléo-environnementale

5.1 Bathymétrie des bioconstructions coralliennes

Certaines bioconstructions coralliennes du Bajocien de l'Est de la France ont parfois été considérées comme des constructions relativement profondes, mises en place à la base de la zone photique, dans un environnement peu agité. C'est le cas par exemple de certaines bioconstructions jurassiennes, qui se seraient développées sous une tranche d'eau comprise entre 80 et 30 mètres (Lathuilière 1982, 1988, 2000b; Ferry & Mangold 1995). Cette interprétation, fondée sur des critères sédimentologiques et paléocéologiques n'est transposable qu'à une minorité des bioconstructions du haut-fond bourguignon. Seuls peuvent être concernés certains biostromes caractérisés par une matrice relativement argileuse, par une très forte prédominance de colonies lamellaires non encroûtantes, par l'absence de paléopentes et de faciès de démantèlement. Les bioconstructions étudiées dans cet article sont de nature différente.

En premier lieu, les relevés géométriques des sites décrits montrent que les faciès bioconstruits sont surtout développés au sommet des paléo-reliefs, à moins de 10 m sous le sommet des paléo-pentes contemporaines. Ces bioconstructions sont en outre associées à des grainstones bioclastiques ou oobioclastiques et à des faciès de démantèlement (rudstone et floatstone) contenant des polypiers retournés, brisés ou roulés qui impliquent un environnement agité.

En second lieu, la trame et la composition des faciès bioconstruits sont différentes. Les algues rouges (*Solenopora*) inconnues dans le Jura méridional, sont ici présentes au sommet des bioconstructions. Par ailleurs, la faune corallienne constructrice montre une diversité morphotypique qui est importante, avec des formes lamellaires, massives, dendroïdes, branchues, foliacées ou encroûtantes. Les associations de formes massives, encroûtantes et tridimensionnelles observées au sommet des paléo-pentes sont en particulier considérées comme étant des biocénoses coralliennes nécessitant une forte luminosité (Lathuilière, 2000b).

En troisième lieu, les surfaces durcies qui s'intercalent parfois entre les faciès bioconstruits ont une morphologie lisse qui implique un façonnement mécanique en milieu agité, au-dessus de la limite d'action des vagues de beau temps. Les séquences diagénétiques intrinsèques de ces surfaces (Durllet et al. 1996) contiennent systématiquement d'épais ciments isopaques de calcite radiale fibreuse qui indiquent également une lithification en milieu récifal agité. Occasionnellement, ces séquences diagénétiques intrinsèques contiennent des phases vadoses et des phases météoriques ou mixtes (Pouillenay, Vauchignon, Sources de la Marne) qui indiquent des émergences temporaires du sommet des bioconstructions (Durllet 1996, Loreau & Durllet 1999).

Prises dans leur ensemble, ces caractéristiques sédimentologiques, paléo-écologiques et diagénétiques indiquent que la partie sommitale des récifs s'est mise en place sous une faible tranche d'eau, à une profondeur vraisemblablement inférieure à une dizaine de mètres.

5.2 Organisation des systèmes biosédimentaires et contrôle hydrodynamique des dépôts

Une des spécificités des calcaires du Bajocien inférieur est d'associer latéralement des faciès variés et des discontinuités multiples qui se télescopent les unes les autres. Sur le haut-fond bourguignon, cette complexité peut s'expliquer aisément par la morphologie tourmentée des profils de dépôt, en partie contrôlée par les systèmes récifaux eux mêmes.

Les paléo-dénivellations observées sur les flancs des systèmes récifaux peuvent atteindre 50 m, et cela sans tenir compte de la compaction qui a atténué les pentes dans une proportion de 10 à 30% (Durllet 1996). Les paléo-dénivellations les plus importantes sont observées au début de la zone à *Humphriesianum* (membre P3). Elles n'ont pu se mettre en place que dans le cadre d'une plate-forme profonde, ponctuée de hauts-fonds récifaux séparés par de vastes glacis extra-récifaux situés sous une tranche d'eau atteignant plusieurs dizaines de mètres. Dans ce type de système carbonaté, la mosaïque des milieux biosédimentaires était régie à la fois par la bathymétrie et par l'hydrodynamisme, sous contrôle étroit des conditions topographiques locales.

Au sein des structures récifales et péri-récifales, la prédominance des textures grainstone, boundstone, floatstone et rudstone et la présence de sillons d'érosion et de rides d'oscil-

lation (HCS) sont caractéristiques d'un hydrodynamisme essentiellement lié aux vagues. Lors des tempêtes, l'agitation a par exemple été capable de briser des coraux branchus et de les accumuler sous forme de rudstones calibrés.

L'influence des vagues, et en particulier de la direction dominante de la houle (beau temps et tempête), est également perceptible au vu de la dissymétrie des récifs. Les différences géométriques et faciologiques entre les versants est et ouest (ou nord-est et sud-ouest) sont en effet nombreuses (Tab. 1) et relativement constantes d'un récif à l'autre : elles suggèrent que l'agitation était plus importante sur les versants est et nord-est. Seule une houle dominante venant de l'est ou du nord-est peut avoir généré une telle dissymétrie. Une telle direction de la houle est d'ailleurs cohérente avec la position paléogéographique du haut-fond bourguignon qui, au-delà du domaine jurassien lui aussi dominé par la houle (Ferry & Mangold 1995), était bordé à l'est par l'immense étendue de l'océan téthysien et de la mer germanique tout en étant protégé à l'ouest par le môle peu profond et peu subsident du Morvan et de l'Avallonnais.

L'influence de courants tidaux a parfois été évoquée pour expliquer l'abondance des mégarides dans certains faciès aaléniens ou bajociens du Jura, du Mâconnais et du haut-fond bourguignon (Coulon 1979; Ferry & Mangold 1995; Rousselle & Dromart 1996; Neumeier 1998). Dans les faciès récifaux et péri-récifaux étudiés ici, les mégarides sont effectivement omniprésentes, et cela aussi bien au sommet qu'à la base des paléo-reliefs. Ces mégarides ont des tailles et des géométries diverses (2D à 3D) et sont parfois riches en surfaces de réactivation. Elles progradent dans des directions diverses et aucune direction privilégiée n'a été décelée à l'échelle du Seuil de Bourgogne (Coulon, 1979, Durllet 1996). En l'absence de critères tidaux tels que la présence d'une cyclicité interne, de rides subordonnées ou de directions de progradation statistiquement opposées, ces mégarides peuvent avoir des origines non tiales. Elles peuvent fort bien avoir été générées par des courants de contour, par des courants de dérive et par des courants de retour liés à l'interférence entre la houle et les reliefs récifaux. L'influence des marées reste donc à démontrer.

6 Analyse séquentielle

6.1 Le contexte transgressif de 2^{ème} ordre

A l'échelle des cycles transgressifs – régressifs de second ordre (durée comprise entre 3 et 30 millions d'années *sensu* Vail et al. 1991), la mise en place des récifs du Bajocien inférieur s'inscrit intégralement dans un demi-cycle transgressif [Jacquin *et al.*, 1998] qui débute à la fin de l'Aalénien (maximum de régression) et se termine avec l'ennoyage maximal de la plate-forme, lors du Bajocien terminal. Sur un vaste territoire, englobant la Bourgogne, le Bassin de Paris et la Normandie, divers travaux (Rioullet et al. 1991; Durllet & Thierry 2000; Graciansky et al. 2000) ont montré que la création d'espace disponible sur les plates-formes a surtout été importante au

cours de 2 courtes périodes, d'une part au cours des zones à Propinquans et à Humphriesianum, d'autre part au cours des zones à Garantiana et à Parkinsoni.

A cette échelle, et indépendamment des cycles de 3^{ème} ou de 4^{ème} ordre, la géométrie globalement aggradante des édifices récifaux des membres P2 et P3 apparaît comme une réponse biosédimentaire de type « *keep up* » : lors de la zone à Propinquans et au début de la zone à Humphriesianum, seule la croissance rapide des récifs est parvenue à compenser localement la création d'espace disponible. La hauteur cumulée des membres P2 et P3 fournit une estimation de l'amplitude minimale de cette augmentation de l'espace disponible. Cette estimation, différente entre les divers sites du fait des variations de la subsidence locale et du fait de l'érosion différentielle du sommet des récifs P2 et P3, est comprise entre 20 m (Sources de la Marne) et 40 m (Vauchignon).

Suivant le même raisonnement, le caractère globalement progradant du membre P4 est le signe d'un ralentissement, voire d'une interruption momentanée de la transgression de second ordre. A la fin de la sous-zone à Blagdeni les derniers récifs sont ensevelis ou érodés, alors que la plate-forme est nivelée par de volumineux apports calcarénitiques, suite au comblement des anciennes dépressions extra-récifales. Il a par ailleurs été établi que la « discontinuité vésulienne » (Durllet, 1996), qui tronque localement le sommet du membre P4, est contemporaine d'une émergence généralisée de la plate-forme carbonatée lors de la transition Bajocien inférieur – Bajocien supérieur.

6.2 Cycles de 3^{ème} et 4^{ème} ordre

A l'échelle des séquences de dépôt de 3^{ème} ou de 4^{ème} ordre (*sensu* Vail et al. 1991), la distribution des faciès et des discontinuités permet de distinguer 3 cycles aggradants-progradants au sein des faciès récifaux et péri-récifaux (Fig. 3, 4, 5 et 6). Nommés BjII, BjIII et BjIV (Durllet & Thierry 2000), ces cycles révèlent un partitionnement volumétrique et faciologique très marqué entre les zones récifales et péri-récifales. A l'exemple des modèles de croissance récifale développés à partir desaffleurements miocènes de Majorque et d'Andalousie (Pomar 1991; Braga & Martin 1996), la prise en compte de ce partitionnement permet de décomposer chaque séquence en cortège de bas niveau, en cortège transgressif et en cortège de haut-niveau.

Au cœur des récifs, la géométrie essentiellement aggradante des faciès bioconstruits suggère que seuls les cortèges transgressifs et le début des cortèges de haut niveau sont enregistrés par la sédimentation. Au sommet de chaque séquence, la présence systématique de surfaces durcies tronquant les récifs est ainsi attribuée aux phénomènes érosifs lors des cortèges de bas niveau. Ces surfaces sont lisses, non micritisées, et parfois démunies de perforations. Elles tronquent systématiquement des ciments marins précoces initialement constitués de calcite magnésienne et peuvent aussi tronquer des ciments vadoses ou des ciments sparitiques formés en milieu phréatique météo-

rique ou mixte (Durllet 1996). De telles caractéristiques suggèrent que la lithification et le façonnement de ces surfaces a eu lieu lorsque la partie sommitale des récifs était soumise, soit à une abrasion mécanique en milieu marin très peu profond, soit à une émergence temporaire.

Sur les talus récifaux, la progradation des faciès de démantèlement et des faciès calcarénitiques débute dès la phase d'aggradation du cœur des récifs, c'est à dire lors du cortège transgressif. Cette progradation est cependant maximale au cours du cortège de haut niveau (Fig. 3), lorsque la création d'espace disponible devient insuffisante dans la partie sommitale des récifs. En période de bas niveau, la progradation des divers faciès se poursuit sur la partie la plus distale des talus, alors que le sommet des premiers faisceaux progradants est érodé.

Sur les vastes glacis extra-récifaux, la sédimentation est maximale lorsque le sommet des aires récifales est soumis à érosion ou non dépôt, c'est à dire à la fin des cortèges de haut-niveau et lors des cortèges de bas-niveau. A l'inverse, la sédimentation est réduite lors des cortèges transgressifs et au début des cortèges de haut-niveau. Dans les environnements les plus profonds, la surface d'inondation maximale est souvent associée à un niveau condensé et peut éventuellement être matérialisée par une surface durcie bosselée, façonnée et lithifiée sous la limite d'action permanente des vagues de beau temps (Durllet 1996).

Toutes ces constatations montrent que les diminutions d'espace disponible marquant le début des séquences BjII, BjIII et BjIV n'ont probablement jamais dépassé quelques mètres d'amplitude (moins de 10 mètres). En effet, lors des périodes de bas-niveau de troisième ordre, seuls ont émergé les sommets de quelques aires récifales et de quelques hauts-fonds d'origine tectonique (Durllet & Thierry 2000). Les talus distaux et les glacis extra-récifaux n'ont enregistré aucune émergence, ils ont au contraire fonctionné comme des aires de transit ou comme des réceptacles pour les débris de coraux et autres bioclastes.

7 Synthèse

Les récifs bajociens du haut-fond bourguignon se sont mis en place dans un contexte de «plate-forme profonde» qui était structurée autour d'aires récifales très peu profondes séparées par de vastes glacis extra-récifaux noyés sous une tranche d'eau pouvant dépasser 50 m. Les édifices coralliens les plus escarpés formaient soit des barrières discontinues implantées à l'aplomb ou à proximité de failles normales synsédimentaires, soit des pinacles implantés sans logique apparente sur le substratum des calcaires de l'Aalénien et du Bajocien basal.

Sur cette plate-forme profonde, la distribution des faciès était contrôlée non seulement par une topographie tourmentée, mais aussi par les mouvements oscillatoires et les courants induits par les vagues de beau temps et de tempête. La dissymétrie faciologique et géométrique des pinacles est attribuée à l'influence d'une houle dominante venant de l'est et du nord-est, ce qui est en accord avec la position paléogéographique du

haut-fond bourguignon sur la marge nord-occidentale de l'océan téthysien et de la mer germanique.

La géométrie des corps récifaux et péri-récifaux a enregistré des cycles transgressifs-régressifs de deux ordres. Au cours des zones à Propinquans et à Humphriesianum, la géométrie globalement aggradante des membres P2 et P3 puis la géométrie globalement progradante du membre P4 sont conformes à la réponse sédimentaire d'un cycle transgressif-régressif d'ordre 2 à 3. Ce cycle, déjà mis en évidence dans d'autres régions (Rioullet et al. 1991; Graciansky et al. 2000), s'est manifesté dans les sites bourguignons par une rapide augmentation de l'accommodation (de l'ordre de 20 à 40 m) suivie par une accommodation nulle, voire négative à la limite Bajocien inférieur - Bajocien supérieur (nivellement de la plate-forme et émergence à hauteur de la discontinuité vésulienne). Dans la plupart des sites, ce grand cycle récifal peut être subdivisé en 3 cycles d'ordre 3 à 4. Chacun de ces cycles, successivement aggradant puis progradant, se termine par une accommodation négative n'excédant pas quelques mètres d'amplitude. Ces phases d'accommodation négatives n'interrompent pas la sédimentation sur les glacis extra-récifaux mais sont néanmoins suffisantes pour provoquer l'émergence temporaire des aires récifales les moins profondes.

REFERENCES

- BRAGA, J.C. & MARTIN, J.M. 1996: Geometrie of reef advance in response to relative sea-level changes in a Messinian (uppermost Miocene) fringing reef (Cariatiz reef, Sorbas Basin, SE Spain). *Sedimentary Geology* 107, 61-81.
- COLLENOT, J.J. 1873: Description géologique de l'Auxois, Semur en Auxois, 660 p.
- CONTINI, D. & MANOLD, C. 1980: Évolution paléogéographique de la France au Jurassique moyen. In: Synthèse géologique du Sud-Est de la France. (Ed. by DEBRAND-PASSARD, S., COURBOULEIX, S. & LIENHARDT, M.J.). *Mém. B.R.G.M.*, 125, 218-221.
- COULON, M. 1979: Les systèmes biosédimentaires en relation avec les calcaires à entroques de Bourgogne (Aalénien - Bajocien). *Stratigraphie, Sédimentologie, géochimie*. Thèse 3^e cycle Univ. Dijon, 168 p. (inédit).
- DAULIN, J.L. 1969: Les calcaires du Bajocien de Bourgogne : stratigraphie, sédimentologie. Thèse 3^e cycle Univ. Dijon, 134 p. (inédit).
- DURLET, C. 1996: Apport de la diagenèse des discontinuités à l'interprétation paléo-environnementale et séquentielle d'une plate-forme carbonatée. Exemple des Calcaires à entroques du Seuil de Bourgogne (Aalénien-Bajocien). Thèse Univ. Bourgogne, 444 p. (inédit)
- DURLET, C. & LOREAU, J.P. 1996: Séquence diagénétique intrinsèque des surfaces durcies: mise en évidence de surface d'émergence et de leur ablation marine. Exemple de la plate-forme bourguignonne, Bajocien (France). *C. R. Acad. Sci. (Paris)*, 323, 11a, 389-396.
- DURLET, C., JACQUIN, T. & FLOQUET, M. 1997: Tectonique synsédimentaire distensive dans les calcaires aaléno-bajociens du seuil de Bourgogne. *C. R. Acad. Sci. (Paris)*, 324, 1001-1004.
- DURLET, C. & THIERRY J. 2000: Modalités séquentielles de la transgression aaléno-bajocienne sur le sud-est du Bassin parisien. *Bull. Soc. géol. France* 171, in press.
- FERRY, S. & MANGOLD, C. 1995: Faciès de dépôt et stratigraphie séquentielle des calcaires bajociens du Jura méridional. *Docum. Lab. Géol. Lyon* 133, 96 p.
- FOREST, N., LOREAU, J. P. & DOMMERMES, J.L. 1999: Distribution des faciès et préservation des dépôts en relation avec la variation d'espace disponi-

- ble dans un cadre-temps à haute résolution. Exemple des séries condensées de l'éperon bourguignon au Sinémurien supérieur (France). *Bull. Soc. géol. France* 170, 853–871.
- GRACIANSKY, P.C., JACQUIN, T. & POLI, E. 2000: Evolution des Structures au passage Lias Dogger dans le Bassin de Paris d'après les données de subsurface. *Strata* 10, 46–48.
- JACQUIN, T. & GRACIANSKY, P.C. 1998: Major transgressive-regressive cycles. The stratigraphic signature of European basins development. In: *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. (Ed. by GRACIANSKY, P.C., HARDENBOL, J., JACQUIN, T., FARLEY, A. & VAIL, P.R.). *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Sp. Publ.* 60, 15–30.
- JACQUIN, T., DARDEAU, G., DURLET, C., GRACIANSKY, P.C. & HANTZBERGUE, P. 1998: The North sea cycle – An overview of transgressive-regressive facies cycles in western Europe. In: *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. (Ed. by GRACIANSKY, P.C., HARDENBOL, J., JACQUIN, T., FARLEY, A. & VAIL, P.R.). *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Sp. Publ.* 60, 445–466.
- LATHULIERE, B. 1982: Bioconstructions bajociennes à madréporaires et faciès associés dans l'île Crémieu (Jura Sud, France). *Geobios* 15, 491–504.
- 1988: Analyse des populations d'isatrées bajociennes. Conséquences taxinomiques, stratigraphiques et paléocologiques. *Geobios* 21, 269–305.
 - 2000a: Coraux constructeurs du Bajocien inférieur de France (première partie). *Geobios* 33, 51–72.
 - 2000b: Coraux constructeurs du Bajocien inférieur de France (deuxième partie). *Geobios* 33, 153–181.
- LOREAU, J.P. & DURLET, C. 1999: Diagenetic stratigraphy of discontinuity surfaces : an application to paleo-environments and sequence stratigraphy. *Zbl Geol. Palaont.* 1, 381–407.
- NEUMEIER, U. 1998: Tidal dunes and sand waves in deep outer-shelf environments, Bajocian, SE Jura, France. *J. Sedimen. Res.* 68, 507–514.
- POMAR, L. 1991: Reef geometries, erosion surfaces and high frequency sea-level changes, Upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology* 38, 243–269.
- RIOULT, M., DUGUÉ, O., JAN DU CHENE, R., PONSOT, C., FILY, G., MORON, J.M. & VAIL, P.R. 1991: Outcrop sequence stratigraphy of the anglo-Paris basin, Middle-Upper Jurassic (Normandy, Maine, Dorset). *Bull. Centr. Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine* 15, 101–194.
- ROUSSELLE, B. & DROMART, G. 1996: Partition stratigraphique des environnements et produits carbonatés dans l'Aalénien du sud-est de la France. *Bull. Soc. géol. Fr.* 167, 399–408.
- VAIL, P.R., AUDEMARD, F., BOWMAN, S.A., EISNER, P.N. & PEREZ-CRUZ, C. 1991: The stratigraphic signature of tectonics, eustacy and sedimentology. In: *Cycles and Events in Stratigraphy* (Ed. by EINSELE, G., RICKEN, W. & SEILACHER, A.). Springer Verlag Publ., Berlin, 617–665.
- ZIEGLER, P. 1988: Evolution of the Arctic-North Atlantic and the Western Tethys. *Amer. Assoc. Petroleum Geol.* 43, 101–194.

Manuscrit reçu le 4 juillet 2000

Révision accepté le 16 décembre 2000

