



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 336 (2004) 59–66



Stratigraphie

La plate-forme carbonatée oxfordienne de Lorraine : arguments pour une ouverture vers la mer Germanique

Cédric Carpentier^{a,*}, Bernard Lathuilière^a, Serge Ferry^b

^a Laboratoire G2R UMR 7566, « Géologie et gestion des ressources minérales et énergétiques », université Henri-Poincaré Nancy-1, BP 239, 54506 Vandœuvre-les-Nancy cedex, France

^b UMR 5125 « Paléoenvironnements et paléobiosphère », université Claude-Bernard, Lyon-1, 2, rue Raphaël-Dubois, 69622 Villeurbanne cedex, France

Reçu le 11 août 2003 ; accepté le 28 octobre 2003

Présenté par Jean Dercourt

Résumé

L'étude des faciès sédimentaires dans la carrière de Dompcevrin (Oxfordien moyen), au nord-ouest de St-Mihiel (Meuse), permet de mettre en évidence des conditions de dépôt de très haute énergie. La présence de plages associées à des brèches coralliennes cycloniques à mégaclastes caractérise des environnements de bordure de plate-forme. La mer ouverte était située au Nord-Est, en direction de l'Allemagne, comme en témoignent les progradations de plages dans cette même direction. La plate-forme carbonatée oxfordienne de Lorraine était par conséquent ouverte au nord-est sur la mer Germanique pendant l'Oxfordien moyen. **Pour citer cet article : C. Carpentier et al., C. R. Geoscience 336 (2004).**

© 2003 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

The Oxfordian carbonate platform of Lorraine: evidences for an opening toward the Germanic Sea. The study of sedimentary facies in the quarry of Dompcevrin (Middle Oxfordian) located northwestward of St-Mihiel (Meuse department) provides evidences of high-energy depositional conditions. The occurrence of beaches associated with hurricane coral breccias containing megaclasts is characteristic of platform edge environments. The open sea was located northeastward, in the direction of Germany, as it is indicated by the direction of progradation of beaches. It is concluded that the Oxfordian carbonate platform of Lorraine was opened to the northeast toward the Germanic Sea during the Middle Oxfordian. **To cite this article: C. Carpentier et al., C. R. Geoscience 336 (2004).**

© 2003 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : Oxfordien ; Lorraine ; Bassin de Paris ; plate-forme carbonatée ; brèches coralliennes ; ouragan ; paléogéographie ; France

Keywords : Middle Oxfordian; Lorraine; Paris Basin; carbonate platform; coral breccias; hurricane; palaeogeography; France

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : Cedric.Carpentier@g2r.uhp-nancy.fr (C. Carpentier).

Abridged English version

1. Introduction

During the Middle Oxfordian, a shallow carbonate platform developed between the Ardennes and the Marne Valley [6,8,10,14,15]. The platform was open toward the south in the Chaumont area [14,15]. This well-known polarity has also been described for the Oxfordian of Switzerland [11] and for the Northern Jura of France [3,7,9]. Until now, only Enay et al. [8] proposed a connection between the Oxfordian platform of Lorraine and the deeper environments of the Germanic Sea [16], but direct arguments were lacking. That is why the present survey of the Dompcevrin outcrop, located in the St-Mihiel area, is of high interest in the frame of a palaeogeographic reconstruction of the Oxfordian in the northeastern part of France, due to its very high-energy depositional environments.

2. Geographic and stratigraphic framework

The studied section is located in the Meuse department, northeast of St-Mihiel (Fig. 1) and belongs to the Oolithe de St-Mihiel formation dated of the Transversarium zone, Schilli subzone (Fig. 2).

At Dompcevrin, the section can be subdivided into five main successive facies (Fig. 3).

- *Oolitic grainstone with planar or low angle laminations.* This facies contains a poorly diversified fauna mainly constituted by bivalves, branching coral clasts, and scarce nerineids. The low angle laminations indicate a beach environment.
- *Coral breccias.* A structureless grainstone associated with reworked coral megaclasts (reaching more than one meter in diameter) characterises this facies. The basal surface of these deposits generally truncates the top of the underlying strata (Fig. 4). The associated fauna is represented by *Diceras*, nerineids, calcareous algae, chaetetids, abundant molluscs [12], and rare ammonites. This facies indicates a very fast deposition induced by considerable energy events.
- *Oolitic grainstone with *Diceras* and *Nerineids*.* The fauna characterising this facies is generally reworked and represented by numerous *Diceras*,

Nerineids, small corals, sea-urchin spines, brachiopods and bivalves. The matrix between bioclasts corresponds to an oolitic and/or oncolitic grainstone. Those features associated with scarce megaripple cross-stratifications suggest an oolitic shoal environment fairly protected, but temporarily agitated in order to allow the formation of oncoids [4].

- *Peloidal mudstone with bioherms.* This facies is characterised by a limestone made of peloids and the occurrence of small build-ups. Inside the peloidal limestone, the fauna is represented by few bivalves and gastropods. Scarce ooids occur. Build-ups contain chaetetids and branching corals associated with extensive microbial crusts. This facies represent a lagoonal environment deep enough to allow the settlement of reefal patches.
- *Mudstone with microbial lithoclasts and oncoids.* Those limestones contain reworked algal mat extraclasts, and scattered oncoids. Those features characterise a restricted lagoonal environment. The quantity of oncoids increases towards the top of the section when proportions of reworked algal extraclasts decrease, which suggests a less restricted environment.

3. Discussion

The vertical facies successions analysed in this study can be interpreted in terms of three high-frequency regression–transgression cycles inscribed in a middle frequency regressive hemicycle. Beach deposits correspond to regressive maximums. The increase of available space has allowed the reef-building process as well as the preservation of coral breccias. The systematic northeastward beach progradation indicates the direction of the open sea. Features such as the formation of coral breccias containing megaclasts, the truncation of beach tops by coral breccias, and the gradual decrease in grain size inside structureless deposits on the leeward side have been described after hurricanes in annular reefs or islands in the Pacific Ocean [1,2,17,18]. The same features have been observed in the section of Dompcevrin, thereby demonstrating that the coral breccias in this section correspond to hurricane deposits. Rare ammonites associated with these deposits emphasise the hypothesis of hurricane deposits, in good connection with an open

sea, as it is proposed for the Early Kimmeridgian of Jura [5]. At Dompcevrin, all facies containing corals have previously been interpreted as biohermal structures [13], which placed the hypothesised ‘reefs’ in an abnormally high position in the lithostratigraphic regional framework. In contrast, the only real bioherms appear lower in the section (Fig. 3). The study of coral assemblages of breccias rather suggests that corals did not form real build-ups, but lived on soft granular substrates in a shallow, well-lit environment, probably on the shoreface. All those observations lead to propose the facies model presented in Fig. 5.

4. Conclusion

The sedimentary facies observed in Dompcevrin argues for a windward carbonate platform edge, which has been regularly affected by hurricanes. The direction of beach progradations indicates that the open sea was located to the northeast (Fig. 6). Consequently, the Oxfordian carbonate platform of Lorraine, which was admittedly opened to the south toward the Tethys, was also connected to the Germanic Sea toward the north-east.

1. Introduction

Les dépôts oxfordiens de Lorraine ont fait l’objet de plusieurs études visant à décrire l’organisation spatiale des différents faciès sur la plate-forme. Les reconstitutions faites à partir des données de terrain par Humbert [14] et partiellement reprises par Marchand et Menot [15], Enay et Boullier [6], Enay et al. [8], Geister et Lathuilière [10] indiquent la présence d’une plate-forme carbonatée peu profonde entre les Ardennes et la vallée de la Meuse pendant l’Oxfordien moyen (zone à *Transversarium*). Ces reconstitutions font état d’une bordure unique située dans le secteur de Chaumont et signalant l’ouverture de la plate-forme au sud, sur les environnements plus profonds du Jura [9] et du bassin du Sud-Est. Cette polarité des environnements de dépôt a été également décrite par Gygi [11] pour les dépôts de l’Oxfordien moyen de Suisse, ainsi que par Enay et al. [7] et Contini [3] pour les dépôts du Jura septentrional.

Pendant l’Oxfordien moyen et le début de l’Oxfordien supérieur, le Nord-Est de l’Europe et, plus

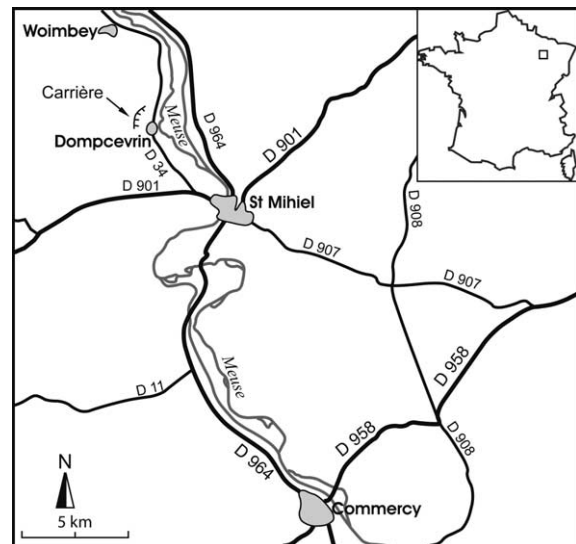


Fig. 1. Carte de localisation de la coupe étudiée.

Fig. 1. Location map of the studied section.

précisément, la plate-forme franconienne en Allemagne est le siège d’une sédimentation marno-calcaire relativement profonde [16]. Dans la seule carte paléogéographique traitant de l’Oxfordien moyen français réalisée par le Groupe français d’étude du Jurassique [8], la plate-forme lorraine est étendue jusqu’en Allemagne sur la carte interprétative, alors que la carte des faciès restreint les environnements de cette même plate-forme à la limite actuelle des affleurements. Cette incertitude se rapporte à l’absence d’affleurements liée aux érosions post-jurassiques sur les blocs Vosges–Forêt-Noire et Ardennes–Massif rhénan. En ce sens, l’étude et la description détaillée de l’affleurement de Dompcevrin, situé dans le secteur de St-Mihiel (Fig. 1), présente un intérêt certain pour élaborer une reconstitution paleogéographique de l’Oxfordien du Nord-Est de la France, particulièrement à travers l’existence de dépôts à très haute énergie.

2. Cadre géographique et stratigraphique

Le site de Dompcevrin se situe au nord-ouest de St-Mihiel, dans le département de la Meuse (Fig. 1). La coupe est observable dans une carrière actuellement inactive, située à l’ouest du village.

Age	Zones d'ammonites	Lithostratigraphie			
		Formations	Appellations locales		
			Commercy	St-Mihiel	Verdun
Oxfordien sup.	Bifurcatus	Argiles à Ostrea	Calcaires à polyptères de Pagny		
			Oolithe de Dugny		
			Marnes silteuses de Maxey	Marnes silteuses de Maxey	
?	?		Calcaires de Dainville		
Oxfordien moyen	Transversarium	Complexe récifal supérieur	Calcaires crayeux de Maxey	Oolithe de St-Mihiel	Calcaires crayeux de Maxey
			Calcaires coralliens d'Euville et Calcaires de Creuë		
			Calcarénite d'Haudainville		
			Calcaires coralliens de la Mésangère		
			Pierre d'Euville-Lérrouville		

Fig. 2. Série stratigraphique rencontrée dans le secteur de St-Mihiel. Le complexe récifal supérieur est ici subdivisé en plusieurs unités stratigraphiques d'appellations locales encore informelles.

Fig. 2. Stratigraphic column of the St-Mihiel area. The 'Complexe récifal supérieur' is subdivided into several local still informal stratigraphic units.

Les terrains étudiés appartiennent à la formation du complexe récifal supérieur et, plus précisément, à l'oolithe de St-Mihiel (Fig. 2). Les faciès crayeux sub-récifaux de Lorraine sont datés de l'Oxfordien moyen, zone à *Transversarium* [6,15] (Fig. 2). La récente découverte d'une ammonite du genre *Subdiscosphinctes* (*Aureimontanites*) sp. dans la carrière de Dompcevrin (localisation sur la Fig. 2) a permis de dater cette dernière de la zone à *Transversarium*, sous-zone à *Schilli* (détermination R. Enay).

3. Les faciès sub-récifaux de Dompcevrin

La coupe de Dompcevrin présente une série avec cinq faciès principaux récurrents qui se superposent sur un bioherme basal (Fig. 3).

- *Grainstone oolithique à laminations planes ou à angle faible*. Ce faciès correspond à un *grainstone* oolithique très pur et bien classé. La faune y est rare et peu diversifiée, comprenant quasi-exclusivement des débris de bivalves organisés en lamines horizontales successives. Localement, des fragments de coraux branchus remaniés et de rares nérinées sont disséminés à l'intérieur de ce faciès. Les figures sédimentaires à laminations

planes ou à angles faibles sont caractéristiques des environnements de plage.

- *Brèches coralliennes*. La présence de mégaclastes coralliens remaniés (diamètre pouvant dépasser un mètre) caractérise ce faciès. Les dépôts sont chaotiques, sans stratifications ni structures sédimentaires apparentes. La base de ces niveaux ravine les bancs sous-jacents. La matrice, située entre les débris coralliens anguleux et sans traces d'usure correspond à un *grainstone* oolithique mal trié. La faune associée aux coraux est composée de *Diceras*, de nérinées, d'algues calcaires, de chaetétidés, de radioles d'oursins, d'une abondante faune de mollusques [12] et de rares ammonites. Les niveaux de brèches forment par endroit des reliefs pouvant atteindre 1,5 m. L'ensemble de ces caractéristiques indique des apports ponctuels sur la plate-forme, induits par des événements d'énergie considérable, capables de remanier des blocs coralliens de grande taille.
- *Grainstone oolithique à Diceras et Nérinées*. Ce faciès est caractérisé par une grande abondance de *Diceras* et de Nérinées. Ces derniers peuvent être associés à des coraux remaniés, des radioles d'oursins, des brachiopodes et des bivalves. L'ensemble des organismes n'est pas en position de vie et les tests et coquilles sont souvent brisés. Le sédiment entre les grands bioclastes correspond à un *grainstone* oolithique et parfois oncolithique mal trié. Les rares structures sédimentaires observées sont des stratifications obliques entrecroisées, caractéristiques de mégarides, ainsi que des surfaces de ravinement discrètes à l'intérieur d'ensembles sans stratification distincte. L'ensemble de ces caractères suggère un environnement de *shoal* oolithique. Nous retenons ici ce terme de *shoal* pour désigner cet environnement de haut-fond à fleur d'eau présentant ici des mégarides. Le milieu était relativement protégé, à *Diceras*, mais cependant temporairement agité pour permettre la formation d'oncoïdes [4]. L'augmentation sur une forte épaisseur de la quantité de matériel allochtone (coraux), associée à l'augmentation de la taille des éléments constitutifs des dépôts, semble souligner la migration latérale des faciès vers un environnement plus ouvert.
- *Mudstone péloïdal à biohermes*. Ce faciès est caractérisé par un calcaire fin, renfermant presque

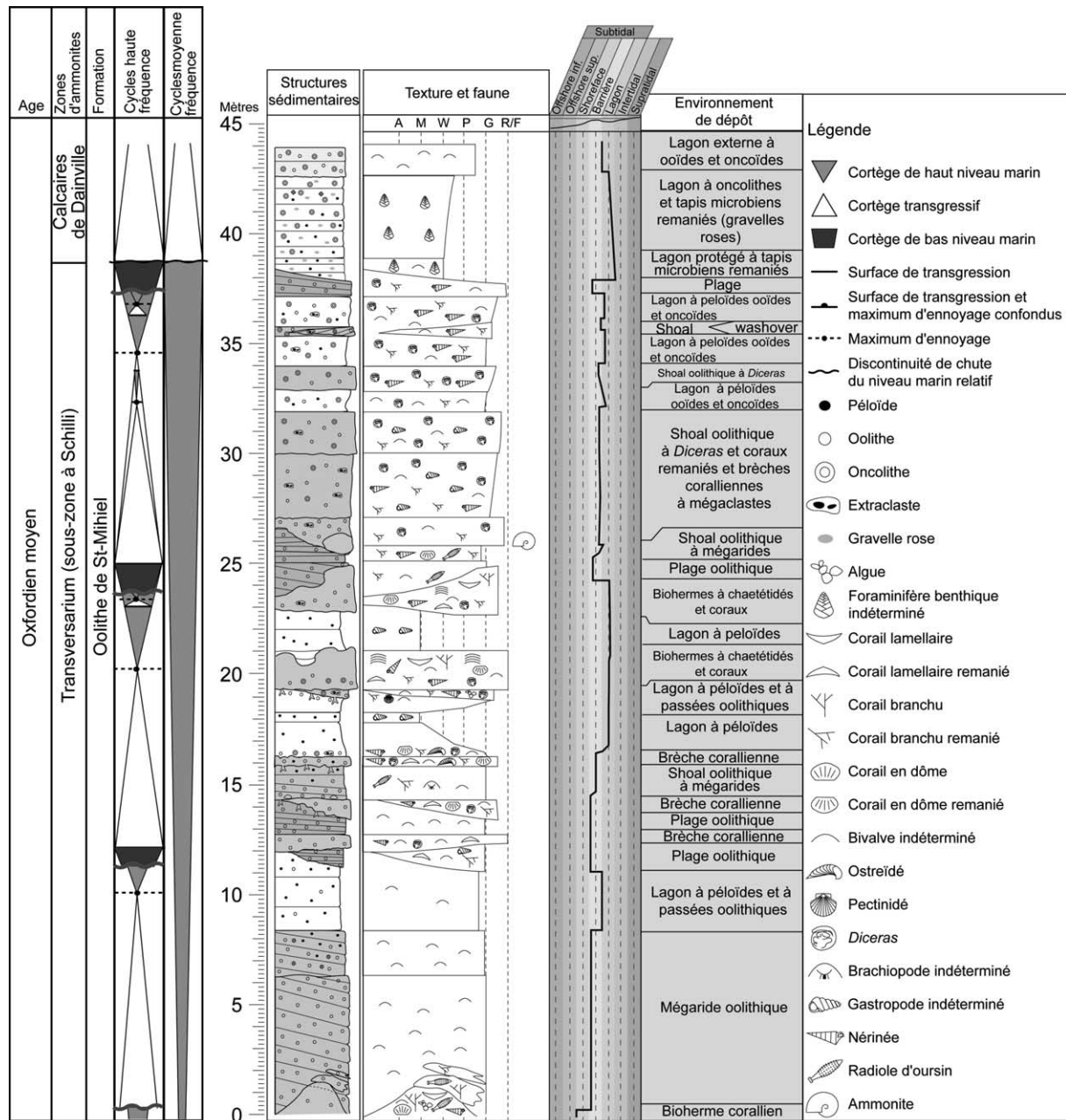


Fig. 3. Découpage séquentiel, structures sédimentaires, faune et environnements de dépôt de la coupe de Dompcevrin.

Fig. 3. Sequential framework, sedimentary structures, fauna and depositional environments of the Dompcevrin section.

exclusivement des péloïdes et par la présence de bioconstructions. De rares oncoïdes sont parfois présents au sein des calcaires à texture *mudstone*. La faune y est rare, voire absente et peu diversi-

fiée. Lorsqu'elle est présente, elle est constituée de bivalves et de gastropodes. Les bioconstructions sont constituées par des chaetétidés et des coraux branchus (?*Stylosmilia*) associés à un im-

portant encroûtement microbien. Les bancs de calcaires *mudstone* viennent parfois en *onlap* sur les biohermes dont le relief peut atteindre une élévation d'environ 1 m. Ce faciès représente un environnement de lagon suffisamment profond pour permettre l'installation de *patches* récifaux.

- Mudstone à *lithoclastes microbiens et oncoïdes*. Le sommet de la coupe est marqué par un calcaire à texture *mudstone*, très pauvre en faune et riche en intraclastes roses, probablement issus du remaniement de tapis microbiens. Cet ensemble renferme également des oncoïdes, dont l'abondance augmente vers le sommet de la série. Ce faciès est caractéristique d'un environnement de lagon restreint, défavorable au développement de la faune benthique. Toutefois, au sommet de la carrière, l'augmentation de la quantité d'oncoïdes au détriment de la quantité d'intraclastes microbiens marque un environnement de plus en plus ouvert.

4. Discussion

L'étude verticale des enchaînements de faciès permet de mettre en évidence trois cycles transgressif-régressif à haute fréquence au sein d'une grande tendance régressive à moyenne fréquence. Pour chaque cycle à haute fréquence, les maximums de régression correspondent aux mises en place des plages parfois progradantes surmontant des discontinuités de chutes du niveau marin relatif. Les bioconstructions accompagnées des faciès *mudstones* à péloïdes, marquent des périodes d'ennoyage également favorables à la préservation des brèches coralliennes.

La présence de faciès de plages indique un environnement de bordure. Leur progradation systématique en direction du nord-est permet de positionner la mer ouverte dans cette même direction.

Les faciès à coraux de Dompcevrin avaient tous été interprétés précédemment comme de vrais niveaux à biohermes, en dépit de l'orientation parfois aléatoire des directions de croissance des coraux [13]. Une telle interprétation faisait de Dompcevrin une exception par le caractère anormalement élevé de la position des bioconstructions dans la série régionale. En réalité, les seuls biohermes avérés à Dompcevrin se trouvent dans la moitié inférieure de la coupe.

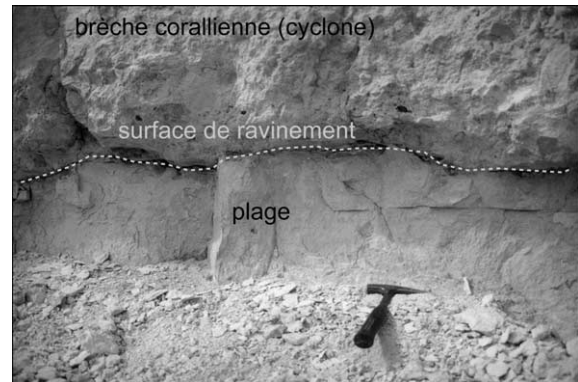


Fig. 4. Niveau de brèche corallienne de tempête ravinant le sommet d'une plage.

Fig. 4. Top of a beach furrowed by a hurricane coral breccia.

Les brèches coralliennes ne peuvent que résulter d'événements ponctuels de très grande énergie. Les différentes études menées sur des récifs annulaires et des îles de l'océan Pacifique après un passage de cyclone ont montré qu'une des conséquences principales de ces événements exceptionnels est la formation de brèches coralliennes pouvant contenir des mégaclastes de plusieurs tonnes sur les plages faisant face à l'avancée du cyclone [1,2,17,18]. L'épaisseur de ces dépôts peut atteindre plusieurs mètres. De plus, les ouragans sont capables de tronquer le sommet des plages. À Dompcevrin, certains niveaux de brèche présentent des reliefs ayant parfois 2 m d'élévation. La plupart de ces niveaux surmonte directement des faciès de plages (Fig. 4). Dans un cas précis, à 12 m au-dessus de la base de la coupe, la plage est totalement ravinée et disparaît latéralement sous un niveau de tempête (Fig. 4).

La granulométrie à l'intérieur des dépôts de cyclone décroît progressivement en direction du lagon [2,18]. Cette caractéristique se retrouve à Dompcevrin où les niveaux de brèches les plus grossiers recouvrent, ou sont recouverts, par des faciès de plages. De plus, la présence de rares ammonites au sein de ces dépôts conforte l'idée d'ouragans capables d'importer les coquilles dans des environnements peu profonds. Un mécanisme de dépôt identique a été proposé par Enay [5] pour expliquer la présence d'ammonites dans les dépôts oolithiques du Kimméridgien basal jurassien.

L'ensemble de ces similitudes entre les dépôts de cyclones actuels et les dépôts observés dans cette

étude permettent d'affirmer que les brèches coralliennes de Dompcevrin correspondent à des dépôts de cyclones.

L'étude préliminaire des faunes coralliennes suggère que les organismes présents dans les niveaux de brèche ne formaient pas de réelles bioconstructions, mais vivaient en colonies isolées sur un fond meuble. La grande diversité des genres et des formes coralliennes (B. Martin-Garin, thèse en cours) implique un environnement de vie bien éclairé et très peu profond. Ces observations, associées à la présence de plages, semblent indiquer qu'il n'existait pas une réelle barrière sur la bordure nord-est de la plate-forme, mais plutôt des colonies coralliennes disséminées en avant de la plage. Cette hypothèse va dans le sens d'une topographie peu accusée, sans platier récifal en avant de la plage. Ce type de morphologie d'avant-plage, qui serait à l'origine de la grande quantité de coraux remaniés et exportés sur la plate-forme [18], semble d'autant plus envisageable qu'aucun système d'éperons et sillons solidement argumenté n'a été jusqu'à présent décrit dans des dépôts jurassiques.

L'ensemble de ces observations permet de proposer le modèle de faciès présenté sur la Fig. 5.

5. Conclusion

Les faciès sédimentaires observés à Dompcevrin correspondent à des environnements de bordure de plate-forme faisant face au vent (Fig. 6). En effet, les niveaux de plage sont récurrents à l'intérieur de la coupe, tout comme les brèches de cyclones à mégaclastes. De plus, l'orientation systématique des progradations de plage en direction du nord-est permet de localiser la mer ouverte dans cette même direction. Donc, si la plate-forme carbonatée de l'Oxfordien moyen en Lorraine était sans aucun doute ouverte vers le sud, en direction de la Téthys, elle l'était aussi vers le nord-est, en direction de la mer Germanique.

Remerciements

Nous tenons à remercier R. Enay pour ses remarques et la détermination de l'ammonite de Dompcevrin, J. Thierry pour sa critique du manuscrit ainsi que L. Richard pour ses corrections de la version anglaise.

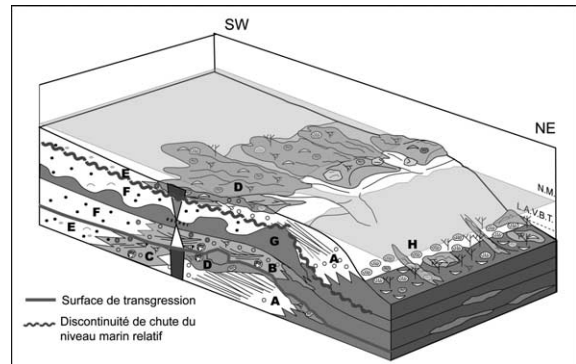


Fig. 5. Modèle de distribution de faciès associé à la bordure nord-est de la plate-forme. **A** : Faciès oolithiques de plages à brèches coralliennes et mégaclastes ; **B** : haut-fond oolithique à *Diceras*, mégarides et brèches coralliennes ; **C** : haut-fond oolithique à *Diceras* et lobes de *spillover* ; **D** : brèches coralliennes ; **E** : faciès de lagon à péloïdes, intraclastes microbiens et faune pauvre ; **F** : faciès de lagon à péloïdes et rares oncolithes ; **G** : biohermes ; **H** : avant-plage à colonies coralliennes en pavements épars. **N.M.** : Niveau marin ; **L.A.V.B.T.** : limite d'action des vagues de beau temps.

Fig. 5. Facies model of the northeast platform edge. **A**: Oolitic beaches with coral breccias and megaclasts; **B**: oolitic shoal with *Diceras*, megaripples, and coral breccias; **C**: oolitic shoal with *Diceras*, and spillover lobes; **D**: coral breccia; **E**: peloidal lagoon with microbial intraclasts and few fossils; **F**: peloidal lagoon with scarce ooids; **G**: bioherms; **H**: foreshore with coral colonies in loose pavements; **N.M.**: sea level; **L.A.V.B.T.**: fair weather wave base.

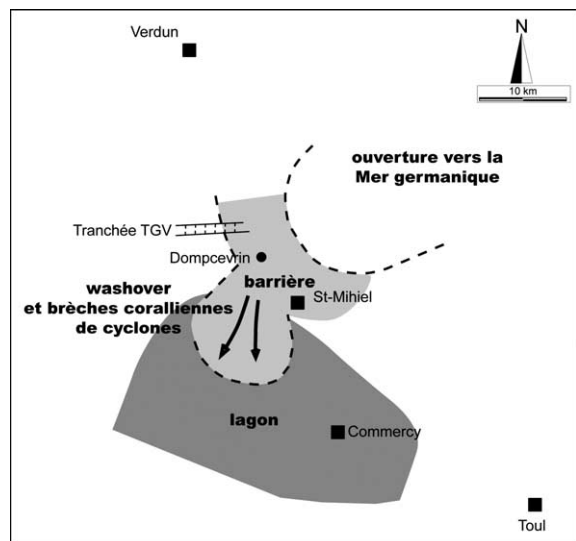


Fig. 6. Paléogéographie simplifiée.

Fig. 6. Simplified palaeogeography.

Références

- [1] G.B.K. Baines, P.J. Beveridge, J.E. Maragos, Storms and island building at Funafuti Atoll, Ellice Islands, in : Proc. 2nd Int. Coral Reef Symp., Brisbane, Australie, 2, Great Barrier Reef Committee, 1974, pp. 485–496.
- [2] F.G. Bourrouilh-Le-Jan, J. Talandier, Sédimentologie et géomorphologie d'un atoll : cyclone ou tsunami à Rangiroa, Tuamotu, in : 1^{er} Congrès Français de Sédimentologie, Paris, Livre des résumés, 1987, p. 79.
- [3] D. Contini, L'Oxfordien du Jura septentrional. Définitions des formations. Évolution paléogéographique, Ann. sci. Univ. Fr.-Comté 4 (1989) 3–16.
- [4] K. Dahanayake, Depositional environments of some Upper Jurassic oncoids, in : T.M. Peryt (Ed.), Coated Grains, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1983, pp. 377–385.
- [5] R. Enay, Une faune d'ammonites inédite du Kimmeridgien inférieur à Molinges (Jura) et la limite Oxfordien–Kimmeridgien dans le faisceau externe du Jura méridional, Géol. France 4 (2000) 3–19.
- [6] R. Enay, A. Boullier, L'âge du complexe récifal des côtes de Meuse entre Verdun et Commercy et la stratigraphie de l'Oxfordien dans l'Est du bassin de Paris, Geobios 14 (1981) 727–771.
- [7] R. Enay, D. Contini, A. Boullier, Le Séquanien type de Franche-Comté (Oxfordien supérieur) : datations et corrélations nouvelles, conséquences sur la paléogéographie et l'évolution du Jura et régions voisines, Eclog. geol. Helv. 81 (1988) 295–363.
- [8] R. Enay, E. Cariou, S. Debrand-Passard, J.-C. Menot, M. Rioult, Middle Oxfordian, in : R. Enay, C. Mangold (Eds.), Synthèse paléogéographique du Jurassique français, Docum. Lab. Géol. Lyon, hors série 5, 1980, pp. 181–184.
- [9] C. Gaillard, Les biohermes à spongiaires et leur environnement dans l'Oxfordien du Jura méridional, Doc. Lab. Géol. Lyon 90 (1983) 1–515.
- [10] J. Geister, B. Lathuilière, Jurassic Coral Reefs of the northeastern Paris Basin (Luxembourg and Lorraine), in : Int. Symp. on Fossil Cnidaria including Archaeocyatha and Porifera, Münster, Excursion A3 guidebook, 1991, pp. 1–112.
- [11] R.A. Gygi, Eustatic sea level changes of the Oxfordian (Late Jurassic) and their effect documented in sediments and fossil assemblages of an epicontinental sea, Eclog. geol. Helv. 79 (1986) 455–491.
- [12] M. Heinze, Evolution benthonischer Faunengemeinschaften im subborealen Jura des Pariser Beckens und in der äthiopischen Faunenprovinz des Beckens von Kachchh (Indien) – ein Vergleich, Beringeria 4 (1991) 3–126.
- [13] J. Hilly, B. Haguenaer, Lorraine-Champagne, Guides géologiques régionaux, Masson, Paris, 1979, 216 p.
- [14] L. Humbert, Recherches méthodologiques pour la restitution de l'histoire bio-sédimentaire d'un bassin ; l'ensemble carbonaté oxfordien de la partie orientale du bassin de Paris, thèse, université de Nancy, 1971, 364 p.
- [15] D. Marchand, J.-C. Menot, Jurassique supérieur : Ardenne et Lorraine, in : C. Mégien (Ed.), Synthèse géologique du bassin de Paris, BRGM, Vol. I : Stratigraphie et Paléogéographie, Mém. BRGM, Orléans 101 (1980) 204–206.
- [16] R. Meyer, H. Schmidt-Kaler, Paläogeographischer Atlas des süddeutschen Oberjura (Malm), Geol. Jahrb. A 115 (1989) 3–77.
- [17] R. Noormets, E.A. Felton, K.A.W. Crook, Sedimentology of rocky shorelines: 2 Shoreline megaclasts on the north shore of Oahu, Hawaii-origins and history, Sediment. Geol. 150 (2002) 31–45.
- [18] T.P. Scoffin, The geological effects of hurricanes on coral reefs and the interpretation of storm deposits, Coral Reefs 12 (1993) 203–221.