

Géométries et profils de dépôt de la plate-forme ardennaise au Bathonien supérieur-Callovien inférieur : un exemple de contraintes stratigraphiques lors de l'ennoyage d'une plate-forme carbonatée*

Philippe THIRY-BASTIEN ⁽¹⁾

Jacques THIERRY ⁽²⁾

Pierre DEBOURSE ⁽³⁾

Jean-Pierre VIDIER ⁽⁴⁾

Geometry and deposit profiles of the Ardennes platform during Late Bathonian-Early Callovian: stratigraphic constraints during the drowning of a carbonate shelf

Géologie de la France, n°2, 2000, pp. 3-15, 5 fig., 2 tabl.

Mots-clés : Stratigraphie, Plate-forme carbonatée, Ennoyage, Ardennes, Aisne, Brachiopodes, Bathonien-Callovien.

Key words: Stratigraphy, Carbonate shelf, Drowning, Ardennes, Aisne, Brachiopods, Bathonian-Callovian.

Résumé

Selon un transect NW-SE, entre Hirson et Sedan, une analyse fine intégrant les microfaciès et la reconnaissance des discontinuités limitant les corps sédimentaires conduit à la réactualisation du découpage lithostratigraphique en accord avec les principes modernes de la stratigraphie.

Cinq unités, datées par des niveaux-repères de brachiopodes sont définies. Trois unités majeures sont rapportées au Bathonien : la Formation de Chémery, subdivisée en deux membres, le membre de Chémery (zone à Hodsoni, zone à Orbis ; sous-zone à Blanazense) et le membre d'Hannappes (zone à Orbis ; sous-zone à Hannoveranus, zone à Discus ; sous-zone à Hollandi). Deux formations sont rapportées au Bathonien terminal (zone à Discus ; sous-zone à Discus) : la

Formation de Yoncq et la Formation des Calcaires marneux. Enfin, la Formation des Marnes oolithiques, qui passe vers l'ouest à la Formation des Calcaires oolithiques, est placée dans le Callovien inférieur (zone à Koenigi ; sous-zone à Curtilobus).

Les corrélations, fondées sur trois niveaux-repères à brachiopodes (*Burmiorhynchia decorata*, *B. elegantula* et *Septaliphoria mourdoni*) et un épisode détritique, montrent la redistribution du matériel sédimentaire sur la plate-forme ardennaise au cours de son ennoyage, au passage Bathonien supérieur/Callovien inférieur.

Au Bathonien supérieur, pendant la zone à Hodsoni, la plate-forme présente une morphologie de type rampe barrée qui, au cours de la zone à Orbis, rétrograde d'est en ouest. Au Bathonien terminal, cette rétrogradation s'accroît et la

plate-forme évolue vers un système de rampe barrée redistribuée. La base du Callovien inférieur (zone à Koenigi ; sous-zone à Curtilobus) marque l'inondation généralisée de la plate-forme ardennaise et une profonde déstabilisation du profil de dépôt vers un modèle de type rampe ouverte homoclinale; celle-ci est soulignée par une période de non-dépôt (Callovien basal), en relation avec des mouvements tectoniques locaux.

Abridged English version

Previous studies of the Bathonian along the SW border of the Ardennes Massif were focused on a fauna inventory and lithostratigraphic subdivision based mainly on macroscopic observations. The present paper proposes a stratigraphic update of the sequences based on a detailed analysis including microfacies definition and discontinuity identification

* Manuscrit déposé le 11 avril 2000, accepté le 15 septembre 2000.

(1) Centre des Sciences de la Terre et FRE 2158, Université Claude Bernard-Lyon 1, 43 Bd du 11 Novembre, 69622, Villeurbanne Cedex, France.

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

(3) 9, Rue Saint-Jean Baptiste-de-la-Salle, 59000, Lille, France.

(4) Rue du Calvaire, PN 82, 62100, Coulogne et UMR-CNRS 5561, « Biogéosciences-Dijon », Université de Bourgogne, 6 Bd Gabriel, 21000, Dijon, France.

between the sedimentary bodies. The investigation area is limited to a NW-SE profile between Hirson (Aisne) and Sedan (Ardennes) extending over approximately 70 km. Following the discovery of new outcrops, the lithostratigraphic subdivision was updated to meet the requirements of modern stratigraphy.

Five lithostratigraphic units are defined as formations and members and dated using brachiopod marker horizons. Three major lithologic units are attributed to the Bathonian:

- the Chémery Formation including the Chémery member (Hodsoni zone, Orbis zone, Blanazense sub-zone) and the Hannappes member (Orbis zone, Hannoveranus sub-zone, Discus zone, Discus sub-zone; the former may have been initiated during the Middle Bathonian ;

- the Yoncq Formation and the Marly Limestone Formation, both belonging to the Upper Bathonian (Discus zone, Discus sub-zone);

- the Oolithich Marl Formation passing westward (Hirson area) to the Oolithich Limestone Formation, is assigned to the Lower Callovian (Koenigi zone, Curtilobus sub-zone).

The dating material (brachiopod and rare ammonites) indicate that the lowermost Callovian is absent as both the oolithich marls and limestones belong to the Koenigi zone, Curtilobus sub-zone.

The correlations, based on three brachiopod marker horizons (*Burmishynchia decorata*, *B. elegantula* and *Septaliphora mourdoni*) and a detrital episode (quartz-bearing layer at the top of the Chémery layer and within the Yoncq Formation) indicate that the sedimentary material was redistributed over the Ardennes platform during burial, at the boundary between the Upper Bathonian and the Lower Callovian.

During the Upper Bathonian (Hodsoni zone), the morphology of the platform is that of a blocked ramp represented by shallow pelobioclastic deposits protecting a vast lagoonal domain of peloidal sediments. During the Orbis zone period, the pelobioclastic deposits retrograde westward. At the uppermost Bathonian, retrogradation increased and the platform evolved into a redistributed blocked-ramp

profile. General flooding of the Ardennes platform took place during the Lower Callovian (Koenigi zone, Curtilobus sub-zone) represented by brachiopod-rich marly facies. The beginning of this episode is marked by the presence of reworked pebbles. This, together with the absence of the *Digonella divionensis* and *Lotharingella gremifera* 2, suggests renewed marine transgression over the platform following a period of non-deposition, also identified further south-east in the Lorraine area and attributed to the lowermost Callovian (Herveyi zone S. L. and Koenigi zone, Gowezi-anus sub-zone). Extensive destabilization of the deposit profile towards a homoclinal open ramp during the Lower Callovian may be related to local tectonic events.

Introduction

Les formations bathoniennes de la bordure sud-ouest du Massif Ardennais, ont été jusqu'alors peu étudiées. Les travaux antérieurs effectués dans cette région (Piette, 1855 ; Gosselet, 1881 ; Bonte, 1941 ; Fischer, 1961a et 1969 ; Lethiers, 1968 ; Laurin, 1980 ; Le Guern, 1984 ; Krakenberger, 1985) se sont essentiellement focalisés sur un inventaire de la faune et sur un découpage lithostratigraphique basé sur des études macroscopiques succinctes faisant peu appel à l'analyse des microfaciès et à la reconnaissance des discontinuités délimitant les corps sédimentaires.

La présente étude s'appuie sur des observations portant sur une dizaine de coupes réparties le long d'un transect orienté NW-SE, entre Hirson (Aisne) et Sedan (Ardennes), étalé sur une distance d'environ 70 km (fig. 1).

Conjointement à une étude actualisée de coupes anciennes, la découverte de nouveaux affleurements (travaux de la RN51, nouvelles concessions de carrières, constructions d'habitations) a conduit à une remise à jour du découpage lithostratigraphique. De nombreuses fois défini par les auteurs (tabl. 1), celui-ci est apparu inadapté aux méthodes d'investigations et aux besoins actuels de la stratigraphie.

Cinq unités lithologiques (tabl. 2), ayant valeur de formations et de membres, sont définies selon la terminologie et les règles de la stratigraphie (Courel *et al.*, 1997). Leur définition repose sur une ana-

lyse classique et une analyse séquentielle des faciès et des microfaciès (Homewood *et al.*, 1992), complétée par une analyse diagénétique minutieuse des surfaces remarquables. Les différents faciès reconnus sont ensuite organisés en associations, puis interprétés en terme de processus et d'environnements de dépôt, afin de traduire les variations du niveau marin relatif.

Du point de vue biochronologique, la rareté, voire l'absence des marqueurs classiques du Jurassique que sont les ammonites empêche une datation directe de la série sédimentaire de la plate-forme carbonatée ardonno-axonaise. Cependant, l'abondance de brachiopodes concentrés dans certains bancs, conduit à l'utilisation d'une démarche fondée sur les niveaux-repères (Garcia *et al.*, 1996 ; Garcia et Dromart, 1997), corrélés ensuite à l'échelle biostratigraphique standard des ammonites (Mangold et Rioult, 1997 ; Thierry *et al.*, 1997).

Nouvelle nomenclature des unités lithologiques jurassiques ardennaises

Suivant l'approche méthodologique ainsi définie, trois unités lithologiques majeures sont rapportées au Bathonien. La « Formation de Chémery », qui est subdivisée en deux membres, le « Membre de Chémery » et le « Membre d'Hannappes » (tabl. 2) ; la présence de niveaux repères successifs à *Burmishynchia turgida*, *B. decorata* et *B. thierachensis*, donne respectivement un âge Bathonien supérieur (zone à *Hodsoni* ; zone à *Orbis* ; zone à *Discus*, sous-zone à *Hollandi*). Il est probable, mais non confirmé, que le « Membre de Chémery » débute dans le Bathonien moyen. Avec *Burmishynchia elegantula* et *Cerithyris intermedia*, le sommet de la « Formation de Yoncq » et « la Formation des Calcaires marneux » sont rapportées au Bathonien terminal (zone à *Discus*, sous-zone à *Discus*).

Le Callovien inférieur comprend deux unités : la « Formation des Calcaires oolithiques », reconnue dans l'ouest du secteur étudié ; vers l'est, elle passe latéralement à la « Formation des Marnes oolithiques ». Le manque d'affleurement dans ces séries argileuses empêche de suivre de façon continue cette évolution latérale ; cependant, dès leur base, l'abondance de *Septaliphoria*

ÉTAGE	PIETTE (1855) Aisne Ardennes	BONTE (1941) Aisne Ardennes	FISCHER (1969) Aisne et Ardennes	LAURIN (1980) Aisne et Ardennes	ÉTAGE
BATHONIEN SUPÉRIEUR	Calcaires marneux supérieurs	Calcaire oolithique		Argiles à oolites ferrugineuses	CALL. MOY.
		Calcaire oolithique franc à stratifications entrecroisées			CALL. INF.
	Calcaires marneux inférieurs	Marnes à <i>Obovothyris obovata</i> Calcaire à <i>Ce. intermedia</i>	Calcaire oolithique à galets Oolithe ferrugineuse	Calcaire marneux à <i>Rhync. elegantula</i>	BATHONIEN SUPÉRIEUR
	Calcaires blancs supérieurs à <i>Nerinea patella</i>	Marne à <i>Rh. elegantula</i> Calc. à <i>Nerinea patella</i>	Calcaire à <i>Astarte</i>	Calcaire à <i>Nerinea patella</i>	
BATH. MOYEN	Calcaires blancs inférieurs	Calc. à <i>Rh. hopkinsii</i> Calcaires récifaux Calc. à <i>N. eudesii</i>	Calcaires à débris	Calc. pseudo-oolithique	BATH. MOYEN
		Calc. à <i>R. concinna</i> et <i>N. subbruntana</i> Récif des vallées	Calcaires blancs		
BATHONIEN INFÉRIEUR	Calcaire pisolitique d'Eparcy Calcaires jaunes Oolithe miliaire	Oolithe miliaire (Fuller's Earth)	Oolithe miliaire	Oolithe miliaire	BATH. INFÉRIEUR

Tabl. 1.- Correspondance entre les unités stratigraphiques du Bathonien et du Callovien des Ardennes et de l'Aisne définies par les auteurs (modifié et complété d'après Laurin, in Mégnien et Mégnien, 1980).

Table 1.- Correlation between the Bathonian and Callovian stratigraphic units from the Ardennes and Aisne as defined by the authors (modified and completed after Laurin, in Mégnien et Mégnien, 1980).

mourdoni, montre qu'elles ne débutent que dans la zone à *Koenigi*, sous-zone à *Curtilobus*, du Callovien inférieur. La discontinuité majeure couronnant les unités carbonatées bathoniennes, matérialise donc une lacune correspondant à la quasi-totalité du Callovien basal. Cette discontinuité, à valeur régionale pour le nord-est et l'est du bassin de Paris, est reconnue jusqu'en Lorraine (région de Neufchâteau ; Krakenberger, 1985 ; Garcia *et al.*, 1995).

Description des affleurements

Quatre coupes méritent d'être décrites comme références ; elles sont complétées par cinq autres coupes (fig. 1), plus réduites, mais qui apportent de précieux renseignements sur l'extension des formations et leurs variations latérales, ainsi que leur contenu faunique, en particulier les brachiopodes et les grands foraminifères imperforés. De l'ouest vers l'est, ces coupes complémentaires sont : la Fosse aux conains, la Fosse aux chevaux, Bui-refontaine, Rumigny, Raucourt-et-Flaba (Debourse, 1997 ; Thiry-Bastien, 1998).

Étages	AMMONITES		Principales associations de brachiopodes du Bassin de Paris	Niveaux-repères de la bordure SW du Massif Ardennais	FORMATIONS
	Province Subboréale Domaine Boréal				
	Sous-Zones	ZONES			
Callovien inf.	Curtilobus	KOENIGI	Ass. <i>Septaliphoria mourdoni</i>	<i>S. mourdoni</i>	 (5) (4) (3) (2) (1b) (1) (1a)
	Gowerianus				
	Kamptus	HERVEYI	Ass. <i>Digonella divionensis</i> & <i>Lotharingella gremifera</i> 2		
	Terebratus Keppleri				
Bathonien sup.	Discus	DISCUS	Ass. <i>Eudesia multicostata</i> & <i>Burmihynchia elegantula</i>	<i>B. elegantula</i> <i>C. intermedia</i>	 (3) (2) (1b) (1) (1a)
	Hollandi		Ass. <i>Digonella digona</i> & <i>Goniorhynchia boueti</i>	<i>B. thierachensis</i>	
	Hannoveranus	ORBIS		<i>B. decorata</i> ?	
	Blanazense			<i>B. turgida</i> ?	
		HODSONI		Ass. <i>Lotharingella woevrica</i> & <i>Kallirhynchia concinna</i>	
Bathonien moy.	MORRISI		Ass. <i>Burmihynchia</i> <i>cf. multiplicata</i>		
	SUBCONTRACTUS				
	PROGRACILIS		Ass. <i>Tubithyris globata</i>		

Tabl. 2.- Chronostratigraphie, unités lithologiques ardennaises et correspondance entre zones d'ammonites (d'après Mangold *et al.*, 1997 et Thierry *et al.*, 1997) et principales associations de brachiopodes du bassin de Paris (d'après Garcia *et al.*, 1996).

Noms des formations: (1) Formation de Chémery, (1a) Membre de Chémery, (1b) Membre d'Hannappes, (2) Formation de Yoncq, (3) Calcaires marneux, (4) Calcaires oolithiques, (5) Marnes oolithiques.

Table 2.- Chronostratigraphy, lithologic units from the Ardennes and correlation between the ammonite zones (after Mangold *et al.*, 1997 and Thierry *et al.*, 1997) and principal brachiopod associations of the Paris Basin (after Garcia *et al.*, 1996).

(1) Chémery Formation, (1a) Chémery Member, (1b) Hannappes Member, (2) Yoncq Formation, (3) Marly Limestone, (4) Oolitic Limestone, (5) Oolitic Marl.

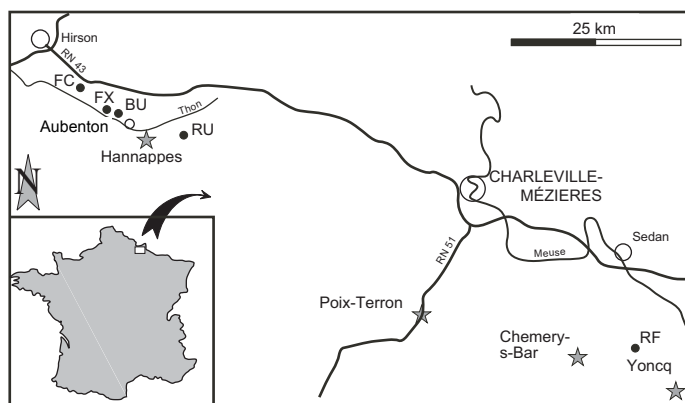


Fig. 1.- Situation géographique des différents affleurements étudiés et des coupes complémentaires (FC : Fosse aux conains ; FX : Fosse aux chevaux ; BU : Buirefontaine ; RU : Rumigny ; RF : Raucourt-et-Flaba).

Fig. 1.- Location of the studied outcrops and complementary sections (FC : Fosse-aux-Conains ; FX : Fosse aux chevaux ; BU : Buirefontaine ; RU : Rumigny ; RF : Raucourt-et-Flaba).

Coupe d'Hannappes (fig. 2a)

La carrière en exploitation d'Hannappes, antérieurement décrite par Lethiers (1968), est située à environ 700 m au nord-est du village ; elle présente l'affleurement le plus complet pour la succession des formations rapportées au Bathonien moyen (?) / supérieur - Callovien inférieur dans la vallée du Thon (partie la plus occidentale des Ardennes).

La formation de Chémery se subdivise en deux unités de développement inégal. La majeure partie (14 m) correspond au membre de Chémery, reconnaissable à sa série monotone de bancs de calcaires blancs, d'aspect crayeux, bioturbés, à texture grainstone à wackestone, à peloides et lithoclastes micritisés, souvent terminés par des lits à *fenestrae* et des voiles algaies. Des précipitations évaporitiques, en nodules serrés d'anhydrite formant une structure "chicken-wire", ont été observées sous la discontinuité DE.

Deux mètres plus haut, immédiatement au-dessus de la discontinuité DQ (surface bioturbée), les dépôts deviennent plus granulaires (grainstone à rudstone qui s'enrichit progressivement en oolites micritisées) avec le développement d'un banc lumachellique à *Burmishynchia decorata* (= banc à *decorata*, in Laurin, 1980), suivi immédiatement de *Burmishynchia thierachensis*. Ce niveau repère, connu sur toute la plate-forme ardennaise, marque le début du membre d'Hannappes. Il était auparavant utilisé comme limite entre le Bathonien moyen et le Bathonien supérieur (Piette, 1855) ;

les corrélations entre échelles standard d'ammonites et échelles de brachiopodes, montrent que *B. decorata* apparaît nettement au-dessus de cette limite chronostratigraphique. De plus, la présence des grands foraminifères imperforés *Meyendorffina bathonica* et *Orbitammina elliptica* (accompagnés de bioclastes nombreux et diversifiés : madréporaires, gastéropodes, algues rouges et petits foraminifères agglutinants) vient renforcer l'âge nettement Bathonien supérieur de ces niveaux (Pelissier *et al.*, 1984 ; Bassoulet, 1997). Dans sa partie médiane, le membre d'Hannappes présente un réseau complexe et bien marqué (plusieurs centimètres) de terriers de type *Thalassinoides*, coiffé par une surface perforée.

Le passage aux Calcaires marneux sus-jacents se fait de façon tranchée par le biais d'un calcaire boueux de texture wackestone altéré, riche en bryozoaires, lenticulines et où *Meyendorffina bathonica* est reprise sous forme de lithoclastes.

Au-dessus, un calcaire marneux tendre a livré de très nombreux débris usés d'échinodermes : plaques brachiales et articles pentamériques de crinoïdes, fragments de plaques d'oursins et radioles, ossicules d'astérides du genre *Pentasteria*, *Comptoniaster thierrii*, vertèbres et tuiles d'ophiures.

Enfin, les Calcaires marneux, dont l'épaisseur estimée à 4 m à cause d'une lacune d'observation, se présentent en deux affleurements successifs sous un faciès boueux de type wackestone à packstone à peloides et oolites oxydées

à bioclastes variés. Les brachiopodes sont représentés à la base par l'association *Burmishynchia elegantula*, *Cererithyris intermedia*, *Ornithella* sp. et *Kutchirhynchia obsoleta*, surmontée d'une seconde association moins riche à *Burmishynchia proteiformis* et *Cererithyris intermedia* qui indiquent le Bathonien terminal.

Une seconde lacune d'observation de quelques décimètres empêche de voir la base des Calcaires oolithiques du Callovien inférieur ; néanmoins, il est possible d'observer des marnes ooidiques à nodules calcaires remaniés, attribués à cet étage par la présence de *Cererithyris intermedia*, *Ornithella lagenalis* et *Septaliphoria mourdoni*. La macrofaune est riche et variée (entroques, bivalves, gastéropodes, spongiaires et bryozoaires). Le sommet des marnes devient rapidement azoïque ; elles sont surmontées par un calcaire à stratifications obliques, renfermant *Ornithella* sp. 1 ; de faciès grainstone, il comporte des oolites dont le cortex présente une nette structure concentrique.

Enfin, le reste visible de la série est composé d'un calcaire grainstone à oolites blanches et stratifications entrecroisées qui n'a livré aucune macrofaune.

Coupe de Poix-Terron (fig. 2b)

Plusieurs tranchées résultant de la mise en grand gabarit et du contournement de la RN51 par l'ouest de la localité de Poix-Terron ont fourni de très bons affleurements.

La moitié inférieure de la coupe est identifiée au membre de Chémery qui présente un ensemble de bancs d'aspect crayeux similaires à ceux observés à Hannappes. Ils matérialisent une succession de petites séquences de comblement allant de calcaires grossiers de type floatstone, à des micrograinstones ou packstones à peloides, lithoclastes, petits foraminifères benthiques et *Meyendorffina bathonica*.

Comme à Hannappes, le membre d'Hannappes débute au-dessus d'une surface bioturbée (discontinuité DQ) par un banc à *B. decorata*. Les lithoclastes disparaissent progressivement pour laisser place à des bioclastes d'échinodermes dans des calcaires grainstones à peloides où les grands foraminifères imperforés sont toujours observés.

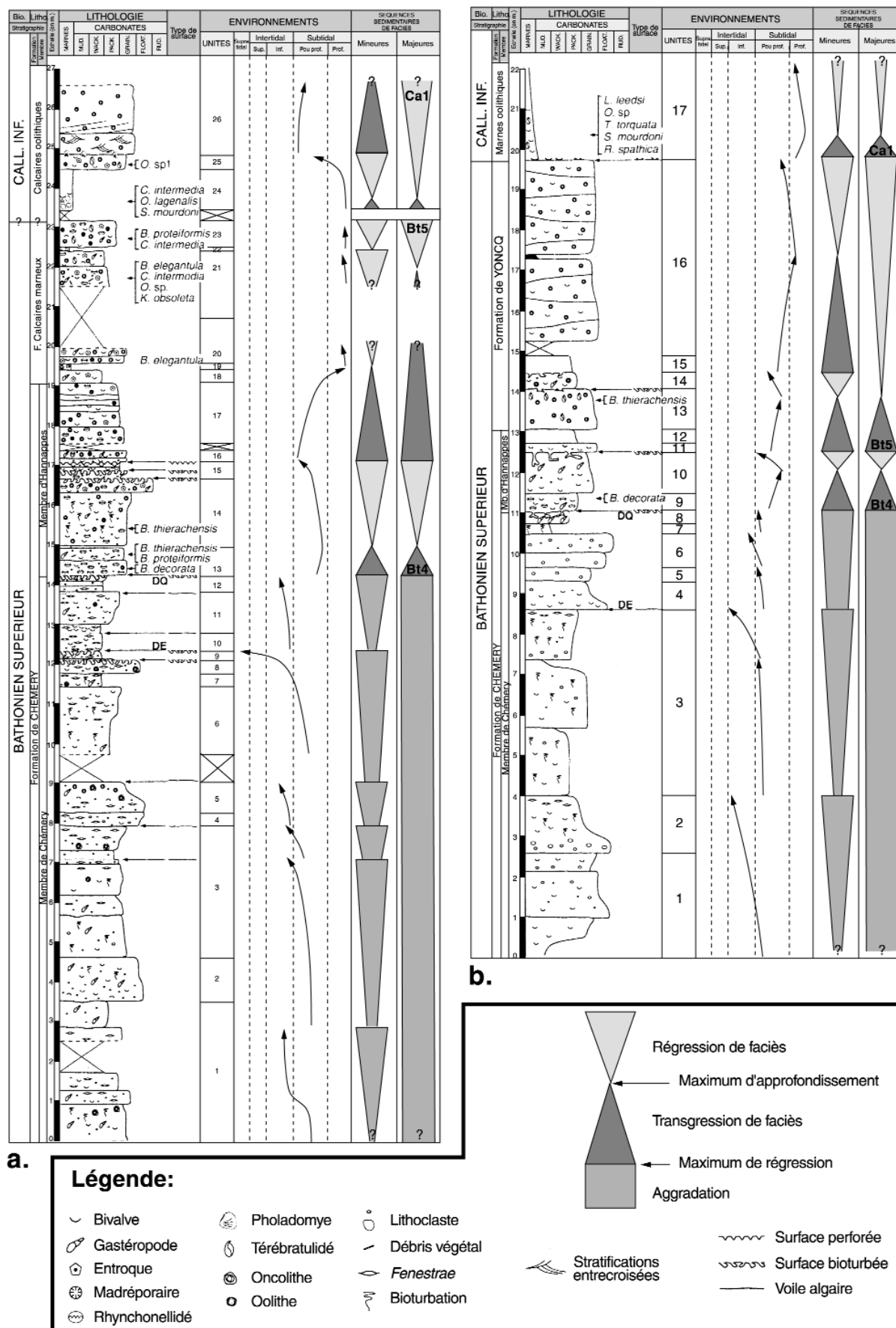


Fig. 2.- Log textural, interprétation paléoenvironnementale et découpage séquentiel. (a) Coupe de la carrière d'Hannappes, (b) coupe de la tranchée de la RN 51 à Poix-Terron.

Fig. 2.- Textural log, paleoenvironmental interpretation and sequential subdivision. (a) Hannappes-quarry section, (b) RN 51 trench section at Poix-Terron.

Au-dessus, un changement lithologique et faunique important se produit avec l'apparition conjointe d'oolithes micritiques de type 1 (*sensu* Strasser, 1986) et de *Burmishynchia thierachensis*. Ce changement illustre un passage progressif à la formation de Yoncq sus-jacente. Des grainstones peloldiques à oolithes micritiques et bioclastes constituent les deux premiers mètres ; il vient ensuite des grainstones à oolithes micritiques et à oolithes de type 3 (*sensu* Strasser, *op. cit.*). Localement les surfaces de bancs montrent des terriers verticaux. Le sommet de cette série, attribuée au Bathonien supérieur, se termine par une surface durcie incrustée d'huîtres.

Le Callovien inférieur, vraisemblablement déjà élevé (zone à *Koenigi* ou base zone à *Gracilis*) est représenté par des argiles grises à débris coquilliers et grains ferruginisés. La faune se compose essentiellement de débris d'huîtres et de brachiopodes (*Lotharingella leedsi*, *Ornithella* sp., *Torquirhynchia torquata*, *Septaliphoria mourdoni* et *Rhynchonelloidella spathica*).

Coupe de Chémery (fig. 3a)

La carrière de Chémery-sur-Bar est située immédiatement à la sortie nord du village, légèrement en retrait et à l'est de la D977 ; connue de longue date, cette immense carrière abandonnée, en partie souterraine, est la coupe-type de la formation de Chémery.

Elle montre 24 m de calcaires d'aspect crayeux à peloldes et lithoclastes, organisés en bancs parfois interrompus par des voiles algaires ou des niveaux à *fenestrae* laminées. Les surfaces bioturbées ou indurées sont également fréquentes. La faune est principalement constituée de petits foraminifères benthiques agglutinants (*Ataxiophragmiidés*, *Valvulinidés* et *Miliolidés*), ainsi que de bivalves, de gastéropodes et de quelques algues (*Cayeuxia* et *Codiacees*). Comme dans la coupe de Poix-Terron, quelques *Meyendorffina bathonica* apparaissent dans plusieurs unités.

Contrairement aux autres coupes, l'apparition de *Burmishynchia decorata* se produit avant la surface bioturbée à terriers verticaux (discontinuité DQ) qui marque le passage au membre d'Hannappes. Il s'agit d'une accumulation

lumachelique qui rapidement se dilue dans la pile sédimentaire.

Vers le sommet de la carrière, le membre d'Hannappes est peu visible mais se compose à la base d'un calcaire jaunâtre finement granulaire à peloldes, riche en grains de quartz de la taille des silts (5-7 %). Il évolue verticalement vers un ensemble de bancs renfermant trois niveaux successifs d'accumulation de *Burmishynchia decorata* qui font chacun suite à des surfaces bioturbées. Au-dessus de la carrière, plus haut, dans les champs, quelques brachiopodes ont été récoltés : il s'agit de *Burmishynchia elegantula* et *Ornithella* sp. du Bathonien supérieur.

Coupe de Yoncq (fig. 3b)

Cette ancienne carrière, coupe-type pour la formation de Yoncq à l'exception de la partie sommitale, est située à environ 750 m à l'ouest du village ; elle a été réouverte récemment.

La série débute par un premier ensemble (2 m) de calcaires jaunâtres à stratifications obliques, à texture grainstone avec oolithes micritiques et bioclastes micritisés, suivi d'un second ensemble oolithique (2 m) à figures de tempête ; tous deux sont dépourvus de faune. Au-dessus (sur 4 à 5 m), se développent également des grainstones à oolithes principalement micritiques et bioclastes micritisés ; des surfaces d'érosion sont présentes mais aucune structure sédimentaire nette n'est observable.

La suite de la série (environ 12 m) se compose de bancs de calcaires gréseux à peloldes, bioclastes d'échinodermes et de bivalves micritisés, plus ou moins riches en oolithes et interrompus par de nombreuses surfaces bioturbées ou lithifiées. Les stratifications obliques sont courantes, parfois recoupées par des surfaces de réactivation de tempête. La présence de *Eudesia* dans un interlit argilo-gréseux au tiers inférieur de l'affleurement prouve son appartenance au Bathonien supérieur.

Des faciès plus boueux (6 m), de texture wackestone-packstone à oolithes micritiques et bivalves se développent ensuite sur environ 6 m. Parallèlement à un enrichissement en argile, la proportion de bioclastes tend à diminuer vers le sommet.

Enfin, la formation de Yoncq se termine par une succession de quelques bancs calcaires décimétriques à bioclastes nombreux et diversifiés (bivalves, échinodermes, gastéropodes, bryozoaires et ostracodes), oolithes et peloldes ; ils montrent en outre l'apparition d'oolithes ferrugineuses au sein d'un calcaire lumachelique à huîtres.

Le sommet de l'affleurement (1,5 m) est organisé en minces bancs carbonatés à oolithes ferrugineuses, limités par des surfaces perforées, et suivis par une alternance marno-calcaire à oolithes ferrugineuses. Malgré l'absence d'éléments de datation, ces bancs appartiennent sans doute au Callovien inférieur.

Environnements de dépôt et paléogéographie

Avec l'appui de cinq coupes complémentaires, un inventaire systématique et précis des faciès a été réalisé afin de les organiser en associations (Homewood *et al.*, 1992) et définir des milieux de sédimentation.

L'intégration des données lithologiques, biologiques et diagénétiques a permis la construction de trois diagrammes de succession et de substitution latérale de faciès rendant compte d'un enchaînement de paléoenvironnements s'étalant depuis la zone supratidale jusqu'au subtidal profond. Trois profils de dépôt, qui ne coexistent pas dans l'espace, mais qui semblent plutôt se succéder dans le temps (fig. 4) sont ainsi élaborés. Il apparaît alors préférable de considérer ces profils comme trois étapes distinctes, reflétant trois épisodes dans l'évolution de la plate-forme ardennaise.

Le premier épisode correspond à un profil de rampe barrée, favorisant le développement d'un domaine protégé à sédimentation peloldique au Bathonien supérieur. Dans le secteur oriental de la bordure ardennaise, la mise en place d'un complexe de barres peloobioclastiques peu profondes (formation de Yoncq), isole un vaste domaine interne protégé (formation de Chémery *s.l.*). La polarité de la plate-forme est déduite de l'identification vers l'ouest (coupe de la Fosse aux conains) de faciès de plage, grossiers et à lithoclastes, oncolithes et *Blastochaetetes bathonicus* (Fischer, 1965) reflétant un

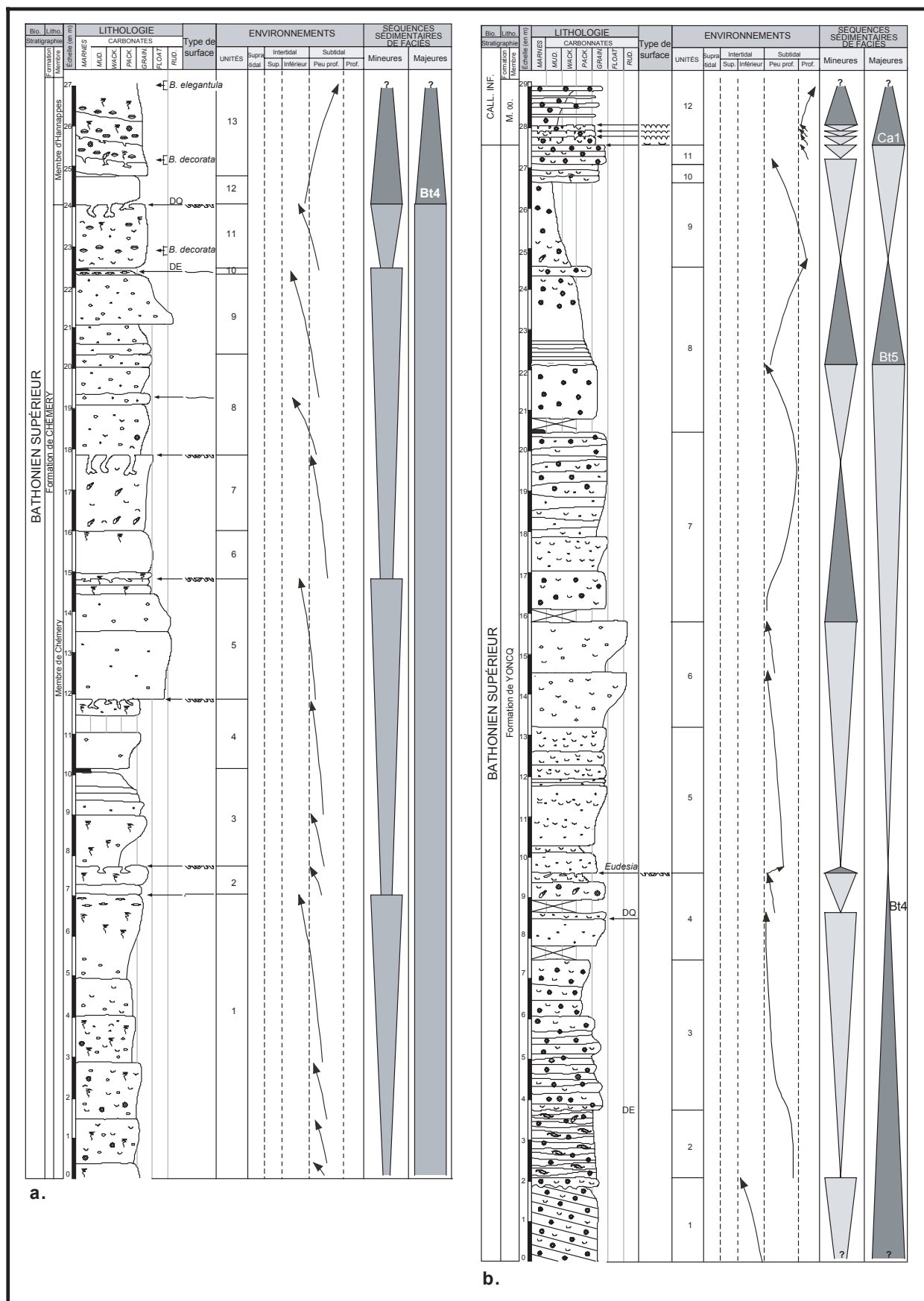


Fig. 3.- Log textural, interprétation paléoenvironnementale et découpage séquentiel. (a) Coupe de la carrière de Chémery, (b) coupe de la carrière de Yoncq.
 Fig. 3.- Textural log, paleoenvironmental interpretation and sequential subdivision. (a) Chémery-quarry section, (b) Yoncq-quarry section.

hydrodynamisme soutenu dans la zone intertidale. A la faveur des courants, la vaste zone protégée ainsi délimitée, peu profonde et calme, est progressivement comblée, de façon différentielle, par une des masses sableuses peloïdiques, où prolifère une grande diversité de foraminifères Ataxiophragmiidés. A fleur d'eau, ces barres sableuses émergent épisodiquement, soit à la faveur de faibles fluctuations de la tranche d'eau, soit à la faveur du déplacement du matériel sédimentaire (accrétion) sous l'effet d'une faible dynamique des eaux marines ; ces émergences sont prouvées par l'existence de *fenestrae* et de phases diagénétiques particulières (ciments microstalactitiques, précipitation d'anhydrite, ponts micritiques, etc...).

Pendant le dépôt des Calcaires marneux qui illustrent le deuxième épisode intervenant au Bathonien terminal, les organismes de milieux plus ouverts tels que les entroques et les lenticulines ainsi que des éléments figurés tels que les oolithes à structure concentrique tangentielle font leur apparition. La séparation d'un domaine interne de type lagon et d'un système barré n'est plus aussi tranchée ; cette situation dénote une ouverture de la plate-forme vers le large avec développement d'un domaine interne plus complexe avec barres calcarénitiques. Ce système évolue progressivement vers une rampe barrée redistribuée. Le manque d'affleurements en direction du nord-ouest pose le problème de la rétrogradation des faciès internes de la formation de Chémery. Existents-ils encore ou évoluent-ils vers des dépôts caractéristiques de plage ?

Enfin, la troisième étape débute avec le Callovien inférieur et illustre l'ennoyage de la plate-forme. Le profil de dépôt change radicalement, aboutissant à l'installation d'une rampe homoclinale qui conserve cependant une polarité (proximal au nord-ouest et distal au sud-est) identique à celle du Bathonien. Les dépôts oolithiques du secteur nord-ouest, soumis à une agitation continue (présence de stratifications entrecroisées), passent latéralement à des dépôts marneux subtidiaux à ammonites puis à des séries condensées à oolithes ferrugineuses vers le sud-est. La mise en place de cette rampe s'effectue au cours de l'ennoyage avec redistribution du matériel carbonaté.

Éléments de corrélation

Les différents diagrammes de succession et de substitution de faciès permettent de construire des séquences génétiques individualisant des cycles mineurs de variation du niveau marin relatif ; ces séquences sont ensuite regroupées en cycle d'ordre inférieur, utilisables à des fins de corrélation.

Selon cette procédure, la stratigraphie génétique appliquée à chaque coupe met en évidence trois maxima d'approfondissement (fig. 4) à contraindre par la biostratigraphie. La relation avec les maxima d'inondation, où la probabilité de réduction de la sédimentation est la plus forte, conduit à la concentration des brachiopodes en niveaux-repères majeurs (Garcia *et al.*, 1996 ; Garcia et Dromart, 1997), à l'échelle d'un bassin (bassin de Paris) ou locaux, à l'échelle de la région (bordure ardennaise). Ces niveaux-repères marquent donc des événements synchrones, se succédant dans le temps.

Deux types d'association de brachiopodes existent sur le transect considéré. Le premier, monospécifique (*Burmishynchia decorata* ou *B. thierachensis*), restreint à un seul environnement de dépôt, reflète des associations de plate-forme très peu profonde (Laurin, 1984). Le second, polyspécifique (*Burmishynchia elegantula* ou *Septaliphoria mourdoni*), reconnu dans tout le bassin de Paris, se développe dans des domaines plus ouverts (Laurin, 1984 ; Garcia *et al.*, 1996 ; Garcia et Dromart, 1997). Ces deux types d'associations sont donc porteuses d'une valeur corrélatrice différente, locale et réduite pour la première, régionale et élevée pour la seconde.

Néanmoins, le niveau-repère à *Burmishynchia decorata* (« banc à *decorata* » *auct.*), d'extension verticale réduite (0,5 m), est interprété comme un épisode de peuplement quasi instantané à l'échelle des temps géologiques (Laurin, 1984). Reconnu à l'échelle de la plate-forme ardennaise, immédiatement au-dessus d'une surface de bioturbation limitant les membres de Chémery et d'Hannappes (discontinuité DQ), il constitue un élément de corrélation fiable et complémentaire.

De plus, là où les brachiopodes sont absents, dans la partie orientale du secteur d'étude (Yoncq), un épisode détritique est

enregistré au niveau de cette surface bioturbée (discontinuité DQ). La proportion en quartz décroît depuis le pôle distal (20 % à Yoncq) vers le pôle proximal (moins de 1 % à Hannappes) conduisant à l'utilisation de cette discontinuité et de cet épisode détritique à des fins de corrélation.

Ainsi, trois niveaux-repères à brachiopodes (*Burmishynchia decorata*, *B. elegantula* et *Septaliphoria mourdoni*) et un épisode détritique (DQ) servent de lignes-temps.

Organisation géométrique des dépôts : une redistribution du matériel carbonaté au cours de l'ennoyage

La construction d'une succession de profils de dépôts met en évidence la géométrie des corps sédimentaires à différents stades d'évolution de la plate-forme ardennaise. Compte tenu du calage biostratigraphique et des unités séquentielles reconnues, ces stades s'inscrivent à l'intérieur du demi-cycle transgressif de 2^{ème} ordre T8 reconnu au passage Bathonien-Callovien en Europe occidentale (Jacquin *et al.*, 1998).

Il est donc nécessaire :

- (1) de reconstituer la topographie du fond marin à un instant donné (t), en accord avec les principaux dépôts contemporains ;
- (2) en fonction des fluctuations du niveau marin relatif à l'instant suivant (t+1), ce profil de dépôt subit une déformation qui tient compte du volume de sédiments déposés pendant cet intervalle de temps.

Il est volontairement fait abstraction de la compaction. Ainsi, entre deux lignes-temps, bien datées, isochrones et corrélables sur tout le transect, il est possible de suivre le déplacement des aires de production carbonatée, dans l'espace et dans le temps. L'objectif de cette construction vise à comprendre et argumenter les effets stratigraphique et biologique de l'ennoyage ("drowning", *sensu* Kendall et Schlager, 1981 ; Schlager, 1989) d'une plate-forme mature peu profonde, en cours de comblement (contexte aggra-



Fig. 4:- Deposit profiles and correlations between the reference sections of the Ardennes platform.

dant). Quatre stades successifs sont proposés (fig. 5).

Stade A (fig. 5a) : maturation de la plate-forme en contexte aggradant

Le membre de Chémery présente une certaine uniformité d'épaisseur de dépôts d'environnements peu profonds de type lagon, en relation avec un taux d'accommodation et une production carbonatée quasi constante (faciès identique sur 50 km du transect). Avec la base du Bathonien supérieur (zone à *Hodsoni*), voire dès le Bathonien moyen, la majeure partie de la plate-forme ardennaise a donc atteint un stade de maturité et évolue en contexte aggradant.

Cependant, dans le secteur sud-est, à l'aplomb de Yoncq, les dépôts peloo-bioclastiques rapportés à ce membre, présentent un surépaississement associé à une amplification de l'enregistrement des cycles de transgression-régression de faciès. Cette importante différence d'épaisseur des dépôts ne peut être le seul fait d'une compaction différentielle ; elle apparaît plutôt comme la conséquence d'une subsidence accrue à l'est, vraisemblablement en réponse à une tectonique locale. Dans un premier temps, le jeu positif d'accidents aurait conduit à la création de points hauts, soumis à l'action des marées et des vagues de beau temps, favorisant l'installation de barres oolithiques et pelbioclastiques. Dans un deuxième temps, ces accidents jouant en sens inverse, créent ainsi plus d'accommodation au sud-est. Ils ne sont pas clairement identifiables sur le terrain mais les oscillations du socle paléozoïque (Fischer, 1961b), sans doute en réponse à la subsidence thermique liée au "doming" de la phase rift de la Mer du Nord (Underhill et Partington, 1993), semblent suffisants pour faire jouer des accidents varisques orientés NE-SW.

Stade B (fig. 5b) : amorce de l'ennoyage

Prémice de l'ennoyage de la plate-forme, une rétrogradation d'est en ouest des faciès oolithiques s'organise et prend le pas sur les faciès de lagon du membre de Chémery. Cette migration, initiée au-dessus de la discontinuité DQ (soulignée par l'épisode détritique) et matérialisée

par les dépôts du membre d'Hannappes, est contemporaine de l'apparition de *Burmihynchia decorata* dans les domaines proximaux ; elle se place dans la partie moyenne du Bathonien supérieur, zone à *Orbis*, et pourrait correspondre au cycle « Bat4 » (*sensu* Jacquin *et al.*, 1998). L'amorce d'ennoyage par découplage du rapport taux de sédimentation/taux d'accommodation sur une topographie peu marquée, induit d'importants changements (chimiques, hydrodynamiques, bathymétriques) favorables à l'installation d'une nappe faunique à rhynchonelles *Burmihynchia decorata*. Celles-ci résultent de l'évolution du stock *B. turgida* qui existe dans la pile sédimentaire sous-jacente (membre de Chémery) jusqu'à ce que les conditions environnementales changent (Laurin, 1984). Par la suite, et vraisemblablement rapidement, *B. decorata*, considérée comme une forme pionnière, évolue vers *B. thierachensis*, espèce plus discrète mais caractéristique des séries bathoniennes ardennaises.

Stade C (fig. 5c et d) : redistribution de la plate-forme

Au cours de la dernière phase d'inondation du Bathonien terminal, la rétrogradation des faciès oolithiques de la formation de Yoncq s'accroît en direction de l'ouest. Grâce à la faune de brachiopodes, cette rétrogradation est considérée comme contemporaine de la surface d'inondation maximale majeure à *Eudesia*, (Garcia *et al.*, 1996), reconnue ailleurs dans le bassin de Paris. La plate-forme évolue vers un système de rampe barrée redistribuée (Gaumet *et al.*, 1996), peu profonde, à topographie irrégulière (voir profil de dépôt, fig. 4) ; des zones hautes à sédimentation oolithique s'individualisent vis-à-vis de zones basses plus marneuses (Calcaires marneux à l'ouest). L'influence de ce type de milieu plus ouvert favorise le développement de rhynchonelles plus petites et de morphologie globuleuse telles que *Burmihynchia elegantula*. A la base des Calcaires marneux (fig. 5d), celles-ci dominent dans un ensemble incluant de nombreux gastéropodes, bivalves et échinodermes. Correspondant à un stade intermédiaire de l'évolution du taxon *elegantula* (Laurin, 1984), elles sont associées dans un riche ensemble de brachiopodes comprenant *Cererithyris intermedia*, *Ornithella* sp. et *Kutchirhyn-*

chia obsoleta. De façon générale, cet ennoyage progressif de la plate-forme va de paire avec le développement du groupe *elegantula* dans un contexte graduel, favorable à l'ouverture de nouvelles niches écologiques.

Au Bathonien terminal (fig. 5d), la sédimentation oolithique se stabilise à l'aplomb du secteur de Poix-Terron qui fonctionne désormais en point haut (relation probable avec les « ondulations anticlinales » de Fischer, 1961b), alors que de part et d'autre les dépôts restent plus marneux et plus protégés, laissant présager la persistance de barres oolithiques résiduelles plus à l'est.

Stade D (fig. 5e) : ennoyage généralisé de la plate-forme

Soulignée par des faciès marneux, l'inondation généralisée qui intervient pendant le Callovien inférieur (zone à *Koenigi*, sous-zone à *Curtilobus*), enregistre une nouvelle phase d'approfondissement dont l'amplitude est suffisamment importante pour ennoyer tous les faciès de plate-forme interne. A Poix-Terron, la base des marnes présente des dépôts lenticulaires à oolithes ferrugineuses, connus pour leur riche faune d'ammonites (Tintant, 1963), tandis que plus à l'est seules se mettent en place des séries condensées à oolithes ferrugineuses ; leur calage biostratigraphique permet de les rapporter toutes deux à la fin du cycle haute fréquence Ca1 (Jacquin *et al.*, 1998).

Cet ennoyage provoque d'abord un déplacement majeur des faciès oolithiques vers le nord-ouest (faciès différent de ceux de Yoncq) et conduit au renouvellement de la faune benthique (remplacement de *Burmihynchia* par *Septaliphoria*). A la base des marnes calloviennes, au-dessus d'une discontinuité sédimentaire majeure, l'absence des taxons d'ammonites caractéristiques et de l'association de brachiopodes à *Digonella divionensis* et *Lotharingella gremifera* 2 (Garcia *et al.*, 1996), conjointement à la découverte de galets remaniés, suggèrent un épisode de non dépôt : lacune du Callovien basal et de la séquence Ca0 (Jacquin *et al.*, 1998) ; cette lacune est également constatée en Lorraine (région de Neufchâteau ; Krakenberger, 1985 ; Garcia *et al.*, 1993) et sur la partie est du Bloc ardennais (Krakenberger, 1995).

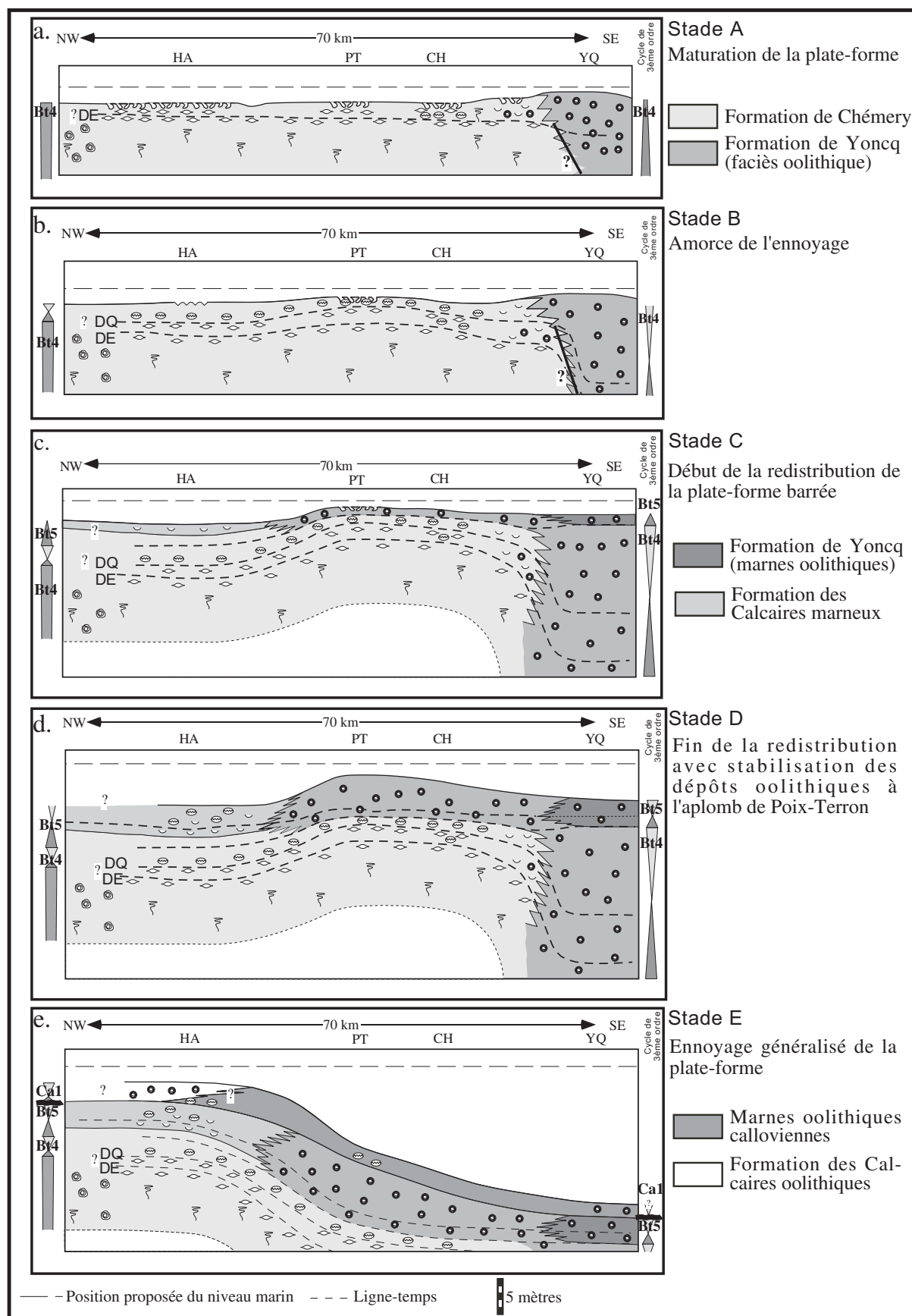


Fig. 5.- Organisation géométrique selon un diagramme épaisseur des formations et évolution paléogéographique de la bordure sud-ouest ardennaise au Bathonien supérieur et Callovien inférieur.

Fig. 5.- Geometric organization based on a formation-thickness diagram and paleogeographic evolution of the SW Ardennes border during the Upper Bathonian and Lower Callovian.

Ailleurs, comme plus au sud sur le Bloc bourguignon (Garcia *et al.*, 1995), la présence du Callovien basal traduit le rôle fondamental de l'accident de Vittel sur la répartition des dépôts dans l'est du bassin de Paris à la charnière Bathonien supérieur-Callovien inférieur. La profonde déstabilisation du profil de dépôt vers un modèle de type rampe ouverte homoclinale pourrait être le résultat d'un basculement du Bloc ardennais, interprétation déjà évoquée pour la série boulonnaise (Vidier, 1996).

Conclusion : contrôle stratigraphique des faciès et des profils de dépôt

L'évolution des profils de dépôt au cours de la phase de remontée du niveau marin relatif basse fréquence sur la plate-forme ardennaise (cycle transgressif T8 in Jacquin *et al.*, 1998), corrobore les effets d'emboîtement des différents cycles de variation du niveau marin relatif observés ailleurs dans le bassin de Paris, par exemple sur la plate-forme bourguignonne (Gaumet *et al.*, 1996), la bordure armoricaine (Riout *et al.*, 1991) ou le seuil poitevin (Gonnin *et al.*, 1994).

Au début du cycle basse fréquence correspondant à la phase de remontée du niveau marin et au régime d'aggradation (membre de Chémery), le profil de dépôt est de type rampe barrée ; seuls les demi-cycles de régression de faciès haute fréquence sont enregistrés. Cette organisation

paléotopographique du fond marin persiste jusqu'au moment où la phase de remontée basse fréquence s'accélère, au début de la rétrogradation du cycle T8, c'est-à-dire au cours de la transgression de faciès du cycle Bat4.

La mise en place de plusieurs barrières dispersées, issues du démantèlement d'une barrière principale, n'intervient qu'un peu plus tard (fin du membre d'Hannappes), c'est-à-dire au début du cycle haute fréquence Bat5. Il existe ici un décalage entre l'enregistrement des progradations de faciès haute fréquence et l'installation d'un profil de rampe redistribuée. Ce décalage s'explique par la forte subsidence enregistrée à l'aplomb de la barrière qui absorbe l'action de la houle et des tempêtes, et donc empêche la redistribution des dépôts oolithiques. Néanmoins, même si le profil n'évolue pas, les conditions environnementales changent (fin du cycle haute fréquence Bt4), permettant le développement d'abondantes faunes de brachiopodes (*Burmishynchia decorata*).

Le profil de type rampe ouverte se met en place au Callovien inférieur pendant la phase de remontée basse fréquence du niveau marin relatif ; l'accélération et la rapidité de la remise en eau empêchent l'installation et la préservation des dépôts du Callovien basal (lacune des unités biostratigraphiques et du cycle Ca0) et seule la fin du cycle haute fréquence Ca1 est enregistré. Ce phénomène est vraisemblablement amplifié par la tectonique

locale, héritée d'accidents hercyniens qui rejouent à cette époque. Le manque d'informations sur la suite de la série callovienne ne permet pas de vérifier s'il existe, comme en Bourgogne (Gaumet *et al.*, 1996), une relation entre la lithologie (dominante argileuse ou calcarénitique) et les cycles haute fréquence.

Malgré une étroite liaison entre les événements enregistrés et l'épisode de rifting de la Mer du Nord, le développement de faciès carbonatés pendant le Bathonien, en préalable à leur ennoyage progressif au Callovien, est un changement paléoenvironnemental majeur du bassin de Paris et de ses bordures. Par rapport au Bajocien, pendant lequel les séries carbonatées sont essentiellement à entroques ou oolithiques et considérées comme déposées sous un climat tempéré, celles du Bathonien, nettement plus boueuses et moins bioclastiques, résultant souvent d'activités algaires ou cyano-bactériennes, témoignent d'une évolution vers des conditions climatiques plus tropicales (Jacquin, Graciansky, 1998).

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Jean-Pierre Garcia (détermination des faunes de brachiopodes), Loïc Viller (détermination des fragments d'astérides) et Jean-Paul Bassoullet (détermination des foraminifères).

Références

- Bassoullet J.P. (1997) - Les grands foraminifères. In: Cariou E. et Hantzpergue P. (Eds.), Biostratigraphie du Jurassique Ouest-Européen et Méditerranéen: zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, **17**, 293-304.
- Bonte A. (1941) - Contribution à l'étude du Jurassique de la bordure septentrionale du bassin de Paris. Thèse, *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, **42**, (205), 439 p.
- Courel L., Rey J., Cotillon N.P., Dumay J., Mauriaud P., Rabiller P., Raynaud J.F. (1997) - Lithostratigraphie : des unités lithologiques aux stratigraphies génétiques. In: J. REY (Ed.), Stratigraphie terminologie française. *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, **19**, 7-36.
- Debourse P. (1997) - Lithostratigraphie, biochronologie de niveaux-repères et cycles sédimentaires dans le Bathonien supérieur des Ardennes (secteur de Charleville-Mézières). Mém. D.E.A., Centre Sciences de la Terre, Univ. Bourgogne, Dijon, 46 p. (inédit).
- Fischer J.C. (1961a) - Observations stratigraphiques et tectoniques sur le Bathonien supérieur de l'Aisne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **7**, 2, 895-905.
- Fischer J.C. (1961b) - Sur le système des ondulations jurassiques au sud-ouest du Massif Ardennais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **81**, 35-45.
- Fischer J.C. (1965) - Découverte d'un niveau-repère à « *Chaetidae* » dans le Bathonien moyen ardennais. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, Paris, 260, Groupe 9, 6641-6643.
- Fischer J.C. (1969) - Géologie, paléontologie et paléoécologie du Bathonien au sud-ouest du Massif Ardennais. Mém. Mus. Nat. Hist. Nat., nouvelle série, (C), **20**, 319p.

- Garcia J.P., Laurin B., Thierry J. (1993) - Le Bathonien de la région de Neufchâteau. Rapport relatif au contrat Elf Aquitaine (P) - Univ. Bourgogne, Centre Sciences de la Terre, 51 p. (inédit).
- Garcia J.P., Gaumet F., Laurin B., Thierry J. (1995) - Synthèse stratigraphique du Bathonien - Callovien sur un transect Bourgogne - Lorraine. Rapport relatif au contrat Elf Aquitaine (P) DEPF - Univ. Bourgogne, Centre Sciences de la Terre, 53 p. (inédit).
- Garcia J.P., Dromart G. (1997) - The validity of two biostratigraphic approaches in sequence stratigraphic correlations: brachiopod zones and marker-beds in the Jurassic. *Sediment. Geol.*, **114**, 55-79.
- Garcia J.P., Laurin B., Sambet G. (1996) - Les associations de brachiopodes du Jurassique moyen du bassin de Paris : une échelle biochronologique ponctuée de niveaux-repères pour la contrainte des corrélations séquentielles à haute résolution. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **167**, (3), 435-461.
- Gaumet F., Garcia J.P., Dromart G., Sambet G. (1996) - Contrôle stratigraphique des faciès, géométries et profils de dépôt de la plate-forme carbonatée bourguignonne au Bathonien-Callovien. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **167**, (3), 409-421.
- Gonnin C., Cariou E., Bassoullet J.P., Gabilly J., Mourier J.P. (1994) - Corrélation haute résolution et stratigraphie génétique : une démarche intégrée. *C.R. Acad. Sci. Fr., Paris*, (2), **318**, 235-241.
- Gosselet J. (1881) - Etude sur la partie supérieure du Bathonien dans le département de l'Aisne. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **9**, 132-138.
- Homewood P., Guillocheau F., Echard R., Cross T.A. (1992) - La stratigraphie séquentielle, outil de datation régional complémentaire de la biostratigraphie: application à la reconstitution de la dynamique sédimentaire des séries bathoniennes de surface du seuil du Poitou (France). *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, **16**, 357-382.
- Jacquin T., Graciansky P.C. (1998) - Major transgressive/regressive cycles: the Stratigraphic signature of European basin development. In: P.C. Graciansky, J. Hardenbol, T. Jacquin, A. Farley, P.R. Vail, Eds, Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ.*, **60**, 15-29.
- Jacquin T., Dardeau G., Durlot C., Graciansky P.C., Hantzpergue P. (1998) - The North sea cycle - An overview of transgressive-regressive facies cycles in western Europe. In: P.C. Graciansky, J. Hardenbol, T. Jacquin, A. Farley, P.R. Vail, Eds, Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ.*, **60**, 445-466.
- Kendall C.G., Schlager W. (1981) - Carbonates and relative sea-level. In: M.B. Cita, W.B.F. Ryan Eds., Carbonate platform of the passive type continental margins, present and past. *Mar. Geol.*, **44**, 181-212.
- Krakenberger A. (1985) - Étude sédimentaire et diagénétique du Bathonien supérieur et du Callovien inférieur carbonatés de la bordure orientale de bassin de Paris. Mém. thèse 3^{ème} cycle, Univ. Nancy, 170 p. (inédit).
- Laurin B. (1980) - Ardennes et Boulonnais. In: Jurassique Moyen (J. Thierry coord. ; C. Mégrien, F. Mégrien (Eds), Synthèse géologique du bassin de Paris Mém. BRGM, **101**, 167-170.
- Laurin B. (1984) - Les rhynchonelles des plates-formes du Jurassique moyen en Europe occidentale. *Cahiers de paléontologie*, CNRS éditions, 465 p.
- Le Guern J. (1984) - Sédimentologie dans le Bathonien au sud-ouest du Massif Ardennais. Mém. D.E.A., Inst. Sci. Terre, Dijon, 83 p. (inédit).
- Lethiers F. (1968) - Contribution à la stratigraphie du Bathonien dans les départements de l'Aisne et des Ardennes entre Martigny et Aouste. D.E.S., Fac. Sci. Lille, 79 p. (inédit).
- Mangold C., Rioult M. (1997) - Ammonites (Bathonien). In: E. Cariou et P. Hantzpergue (Eds.), Biostratigraphie du Jurassique Ouest-Européen et Méditerranéen: zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, **17**, 55-62.
- Pelissé T., Peybernes B., Rey J. (1984) - Les grands foraminifères benthiques du Jurassique moyen / supérieur du S-W de la France (Aquitaine, Causses, Pyrénées). Intérêt biostratigraphique, paléoécologique et paléobiogéographique. Benthos'83, 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera (Pau, April 1983), 479-489.
- Piette E. (1855) - Observations sur les étages inférieurs des terrains jurassiques dans les départements des Ardennes et de l'Aisne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (2), **12**, 1083-1122.
- Rioult M., Dugue O., Jan-De-Chêne R., Ponsot C., Fily G., Moron J.M., Vail P.R. (1991) - Stratigraphie séquentielle des affleurements du Jurassique moyen-supérieur, dans le bassin de Paris (Normandie, Maine, Dorset). *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine*, **15**, 1, 101-194.
- Schlager W. (1989) - Drowning unconformities on carbonate platforms. In: P.D. Crevello, P.D. Wilson, J.F. Srag, J.F. Read (Eds), Controls on carbonate platform and basin development. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral. (Soc. Sedim. Geol.) Spec. Publ.*, **44**, 15-25.
- Strasser A. (1986) - Ooids in Purbeck limestones (lowermost Cretaceous) of the Swiss and French Jura. *Sedimentology*, **33**, 711-727.
- Thierry J., Cariou E., Elmi S., Mangold C., Marchand D., Rioult M. (1997) - Ammonites (Callovien). In: E. Cariou, P. Hantzpergue (Eds.), Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.*, **17**, 169-195.
- Thiry-Bastien P. (1998) - Séquences de dépôt et paléoenvironnements sur la bordure sud-ouest du Massif Ardennais: comblement et ennoyage d'une plate-forme carbonatée au Bathonien supérieur-Callovien inférieur. Mém. D.E.A., Centre Sciences de la Terre, Univ. Bourgogne, Dijon, 50 p. (inédit).
- Tintant H. (1963) - Les Kosmocératidés du Callovien inférieur et moyen d'Europe Occidentale - Essai de paléontologie quantitative. *Publications de l'Université de Dijon*, **29**, 500 p.
- Underhill J.R., Partington M.A. (1993) - Jurassic thermal doming and deflation in the North Sea: applications of the sequence stratigraphic evidence. In: J.R. Parker (Eds), Petroleum Geology of Northwest Europe: Proceedings of the 4th Conference. *Geol. Soc. London*, 337-345.
- Vidier J.P. (1996) - Modalités de la transgression médio-jurassique sur la bordure méridionale du massif Londres-Brabant (Nord de la France) - Stratigraphie du Dogger de la région de Marquise (Boulonnais). Mém. D.E.R., Centre Sciences de la Terre, Univ. Bourgogne, Dijon, 190 p. (inédit).