

REVUE DE

VOLUME 34(2) – 2015

PALÉOBIOLOGIE

mséum
genève

Une institution
Ville de Genève

www.museum-geneve.ch



Le Kimméridgien d'Ajoie (Jura, Suisse): lithostratigraphie et biostratigraphie de la Formation de Reuchenette

Gaël COMMENT^{1,2}, Apolline LEFORT^{3*}, Jens KOPPKA⁴ & Pierre HANTZPERGUE⁵

¹ JURASSICA Museum, Route de Fontenais 21, CH-2900 Porrentruy, Suisse. E-mail: gael.comment@jurassica.ch

² Département des Géosciences, Université de Fribourg, Chemin du Musée 6, CH-1700 Fribourg, Suisse.

³ Section d'archéologie et paléontologie, Paléontologie A16, République et Canton du Jura, Office de la culture, Hôtel des Halles, CH-2900 Porrentruy, Suisse. E-mail: apolline.lefort@jura.ch

⁴ Section d'archéologie et paléontologie, Paléontologie A16, République et Canton du Jura, Office de la culture, Hôtel des Halles, CH-2900 Porrentruy, Suisse. E-mail: jens@trilobiten.de

⁵ Laboratoire de Géologie de Lyon, Terre, Planètes et Environnement, Université Claude Bernard Lyon 1 et Ecole Normale Supérieure de Lyon, 2 rue Raphaël Dubois, F-69622 Villeurbanne Cedex, France. E-mail: pierre.hantzpergue@cegetel.net

* Auteure correspondante

Résumé

Les travaux autoroutiers dans la République et Canton du Jura suisse (Transjurane A16) ont été l'occasion de nouveaux levés de terrain et de nombreux prélèvements réalisés en Ajoie par la Paléontologie A16 (Projet pilote financé par la Confédération suisse et la République et Canton du Jura). La Formation de Reuchenette couvre quasiment la totalité du Kimméridgien (Jurassique supérieur) d'Ajoie. Un historique et les synonymies de chacune des unités lithostratigraphiques de cette formation sont présentés. La partie sommitale de la Formation de Reuchenette (Kimméridgien supérieur) correspond au nouveau Membre de Chevenez. Les faciès et les associations fauniques dominantes des différents membres sont décrits. Les dépôts observés sont interprétés comme des environnements marins de plate-forme carbonatée peu profonde et plus ou moins ouverte. Les assemblages fauniques sont typiques des zones intertidales à subtidales. Lors des travaux de terrain, 630 ammonites ont été recueillies. Ce matériel inédit, complété par les collections historiques du JURASSICA Museum (Porrentruy) et de la Fondation paléontologique jurassienne (FPJ, Glovelier), donne suite aux travaux fondamentaux antérieurs menés sur le Kimméridgien du Jura suisse et français. Treize épisodes à ammonites sont reconnus et positionnés dans l'échelle biochronologique du biome franco-germanique. Une nouvelle espèce d'ammonite provenant du Membre de Courtedoux, *Progeronia bruntrutense* nov. sp., est décrite. Ces découvertes précisent le calage biostratigraphique des unités lithologiques de la Formation de Reuchenette et permettent des corrélations entre les successions d'Ajoie et les niveaux équivalents de France voisine (région de Montbéliard).

Mots-clés

Kimméridgien, Jura, Suisse, ammonites, lithostratigraphie, biostratigraphie, Formation de Reuchenette, plate-forme carbonatée.

Abstract

The Kimmeridgian in Ajoie (Swiss Jura): lithostratigraphy and biostratigraphy of the Reuchenette Formation. - During the construction of the A16 Transjurane highway (Canton Jura, Switzerland), the Paléontologie A16 team (Project funded by the Swiss Confederation and the République et Canton du Jura) had the opportunity to document and sample numerous new Kimmeridgian sections. The historical description of stratigraphical units and their synonyms, as well as the different lithofacies and dominant faunal assemblages of the Reuchenette Formation (Kimmeridgian, Upper Jurassic) are completely reviewed. The upper part of the Reuchenette Formation (Upper Kimmeridgian) is the new Chevenez Member. A description of local lithostratigraphic members and their correlation with regional geological units is proposed. The observed facies correspond to marine deposits of a shallow, more or less open carbonate platform. Sedimentary beds are rich in fossils of typical intertidal to subtidal zones. During the fieldwork, 630 specimens of ammonites were discovered. This new material, in addition to the historical collections of the JURASSICA Museum (Porrentruy) and the "Fondation paléontologique jurassienne" (FPJ, Glovelier) completes previous studies of the Kimmeridgian of the Swiss and French Jura. Thirteen ammonite-bearing horizons have been recognized and correlated with the Franco-Germanic biochronological scale. A new ammonite species from the Member of Courtedoux, *Progeronia bruntrutense* nov. sp., is described. These new data improve the biostratigraphic calibration of the lithostratigraphical units of the Reuchenette Formation and allow correlations between successions of the Ajoie and the nearby French outcrops (Montbéliard region).

Keywords

Kimmeridgian, Jura, Swiss, ammonites, lithostratigraphy, biostratigraphy, Reuchenette Formation, carbonate platform.

Soumis mars 2015, accepté juin 2015

Rédacteur en charge: L. Cavin

DOI: 10.5281/zenodo.34341

1. INTRODUCTION

La stratigraphie du Kimméridgien de la région jurassienne franco-suisse fut abordée dès le début du XIX^e siècle (Thurmann, 1832; Marcou, 1848; Contejean, 1859, 1866; Greppin, 1870). Au cours du XX^e siècle, les géologues ont poursuivi cette étude, profitant des affleurements naturels, des carrières et de forages isolés (Mouchet, 1995; Gygi, 1995, 2000; Colombié, 2002; Jank, 2004; Jank *et al.*, 2006a, b, c; Strasser, 2007). Dans les années 2000, la construction de l'autoroute A16 (Transjurane) a rendu accessibles des affleurements inédits et permis de compléter les observations de terrain existantes (Comment *et al.*, 2011). Les nombreux chantiers de fouille ont induit la découverte et l'étude d'une multitude de fossiles (e.g. Marty, 2008; Philippe *et al.*, 2010; Schudack *et al.*, 2013; Thuy *et al.*, 2013; Waite *et al.*, 2013; Püntener *et al.*, 2014; Anquetin *et al.*, 2014). Ces fouilles réalisées par la Paléontologie A16 (PALA16, Office de la culture, Porrentruy, République et Canton du Jura) sur le tracé de l'autoroute A16 ont notamment permis de récolter une importante faune d'ammonites, complétant ainsi les collections historiques du JURASSICA Museum (Porrentruy) et les découvertes de la Fondation paléontologique jurassienne (FPJ, Glovelier). Les nombreuses découvertes et les récents levés de terrain permettent ainsi une description approfondie de la Formation de Reuchenette en Ajoie.

2. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

L'Ajoie est une région du nord-ouest de la Suisse située dans le Canton du Jura, à la frontière des régions françaises de Franche-Comté et d'Alsace (Fig. 1). Elle s'étend principalement sur les plateaux jurassiens externes. La majeure partie des sites étudiés est localisée à quelques centaines de mètres au nord de l'anticlinal du Mont-Terri, dernier pli majeur de la Haute-Chaîne jurassienne. Les couches jurassiques présentent un pendage subhorizontal et sont affectées par un complexe de failles d'orientation NE/SO. Ces failles, datées de l'Oligocène à la fin du Miocène, résultent des contraintes N-S qui ont structuré le Jura plissé (Braillard, 2006). Sur une épaisseur d'environ 150 m, le Kimméridgien est principalement représenté par la Formation de Reuchenette (Thalman, 1966). En Ajoie, la Formation de Reuchenette est subdivisée en quatre membres: le Membre de Vabenau (Comment *et al.*, 2011), le Membre du Banné (Marcou, 1848) connu pour sa richesse en invertébrés, le Membre de Courtedoux (Comment *et al.*, 2011) avec plusieurs niveaux à traces de dinosaures et le Membre de Chevenez (nov.), dans la partie supérieure de la formation (Tab. 1). Les dépôts jurassiques sont souvent incomplets, érodés, et parfois surmontés par des dépôts cénozoïques discordants.

Durant le Jurassique supérieur, la région jurassienne faisait partie d'une vaste plate-forme peu profonde à sédimentation carbonatée, orientée NE-SO, séparant deux bassins, la Téthys (bassin delphino-helvétique) au SE et le bassin de Paris au NO (Fig. 2) (Thierry *et al.*, 2000). Les principales zones émergées, reliques des massifs hercyniens, se situent au NO (Massif Londres-Brabant) et au SO (Massif central). Cette plate-forme est bordée au SE par des barrières bioclastiques, oolithiques et récifales plus ou moins continues (Énay *et al.*, 1988) et certains milieux confinés présentent une salinité variable (Hug, 2003; Colombié, 2002). L'éventail des dépôts sédimentaires s'organise entre la zone intertidale, le lagon et les barres récifales ou oolithiques. Les lithofaciès s'inscrivent dans un contexte de plate-forme carbonatée progradante qui s'installe à l'Oxfordien supérieur (Cariou *et al.*, 2014) et atteint son maximum d'extension au Kimméridgien terminal-Tithonien (Rameil, 2005). Des lithofaciès de haute énergie, périrécifaux et récifaux délimitent des bassins plus ou moins indépendants où s'établissent des environnements de plate-forme protégée (Hug, 2003). En fonction des apports terrigènes liés aux variations du niveau marin relatif, aux fluctuations climatiques (Hug, 2003; Colombié & Strasser, 2005) ainsi qu'à la tectonique, la plate-forme est épisodiquement envahie par une sédimentation argileuse (Chevalier, 1989). La série atteste de l'alternance de périodes prolongées d'émer-sion (traces de dinosaures, polygones de dessiccation) et d'immersion de la plate-forme carbonatée jurassienne (cf. § 4).

Jank *et al.* (2006c) comparent les courbes de fluctuation du niveau marin relatif du Kimméridgien du NO de Suisse avec celles de Hardenbol *et al.* (1998) et Haq *et al.* (1987) (Fig. 3 et 4). Cette comparaison met en évidence des séquences interprétées comme cycles de variations du niveau marin relatif dans la succession sédimentaire de la Formation de Reuchenette. Les cycles de moyenne fréquence indiquent une séquence transgressive à partir de la base des Calcaires à *Thalassinoides* (zones à Platynota et à Baylei *pars.*). La surface d'inondation maximale survient au sommet des Couches du Creugenat (zone à Cymodoce). La séquence régressive suivante se termine à la base des Calcaires à ptérocères inférieurs. Le demi-cycle transgressif de deuxième ordre suivant débute donc dans les Calcaires à ptérocères inférieurs et perdure jusqu'au sommet de la Formation de Reuchenette.

3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les lieux de découvertes apparaissent sur la Figure 1. Le matériel lithologique et paléontologique récolté est archivé actuellement dans les collections de la PALA16. Il sera intégré, dans les années à venir, aux collections du JURASSICA Museum. Les sites étudiés sur le territoire

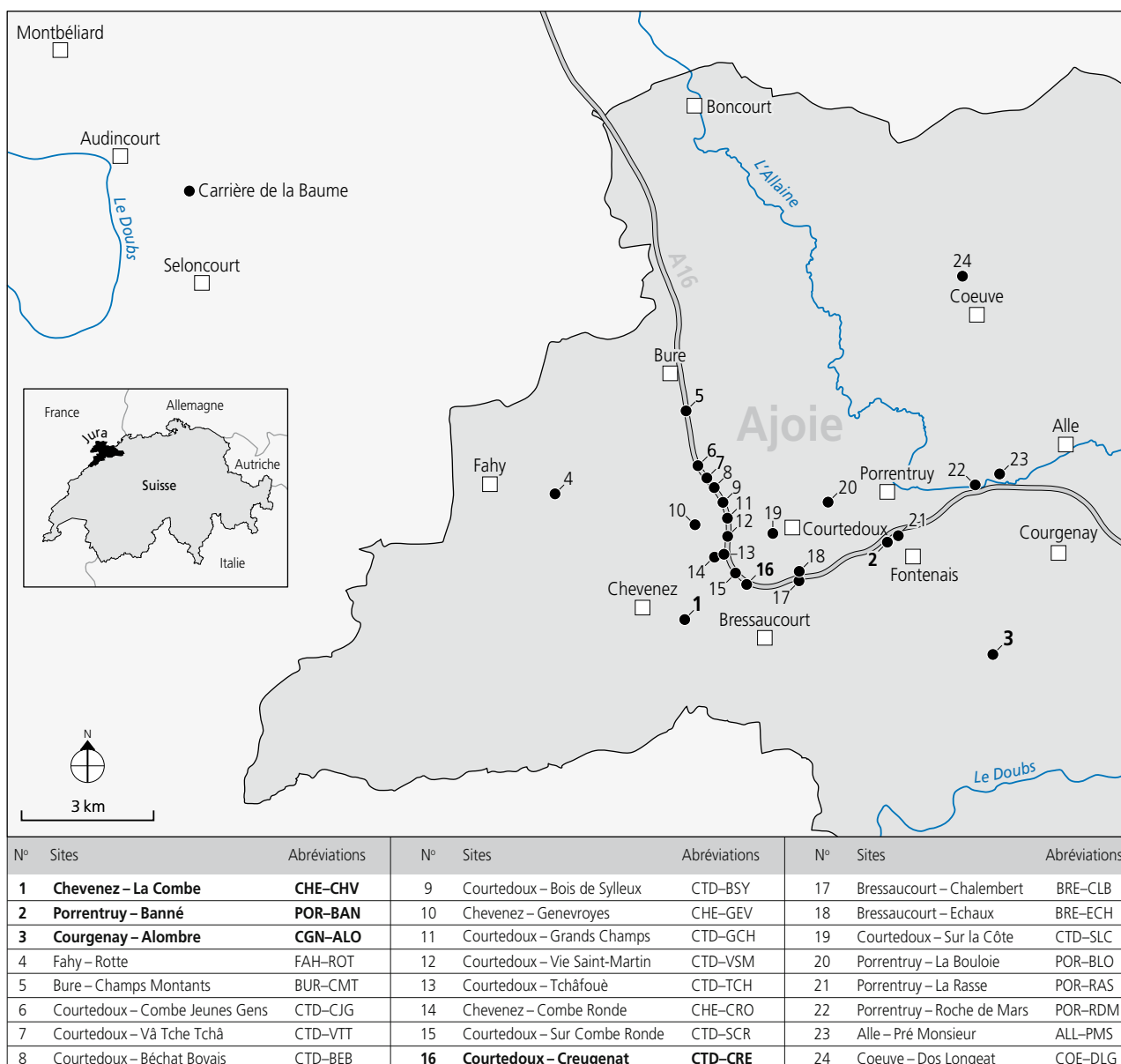


Fig. 1 : Localisation des sites étudiés en Ajoie (Suisse) et des localités types (en gras) des unités lithostratigraphiques. Deux abréviations caractérisent un site : trois lettres pour le nom de la commune, suivies de trois lettres pour le lieu-dit.

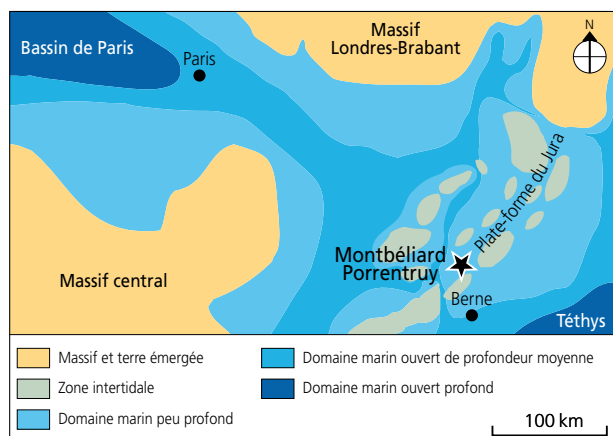


Fig. 2 : Paléogéographie de la plate-forme jurassienne au Kimméridgien (modifié d'après Thierry *et al.*, 2000).

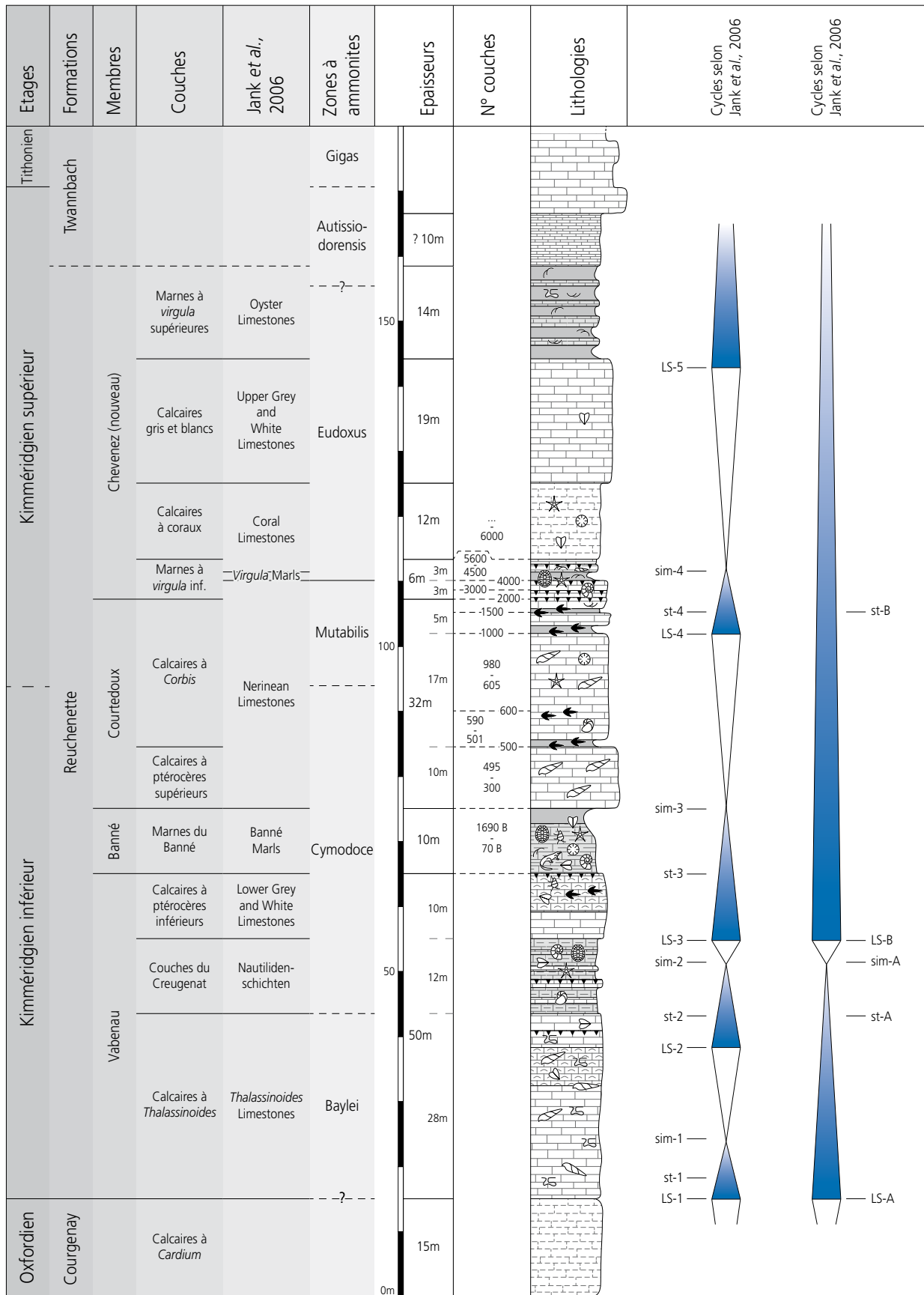


Fig. 3: Coupe stratigraphique synthétique du Kimmeridgien du NO de la Suisse. L'interprétation séquentielle est celle de Jank et al., 2006c. Légende cf. Fig. 4.

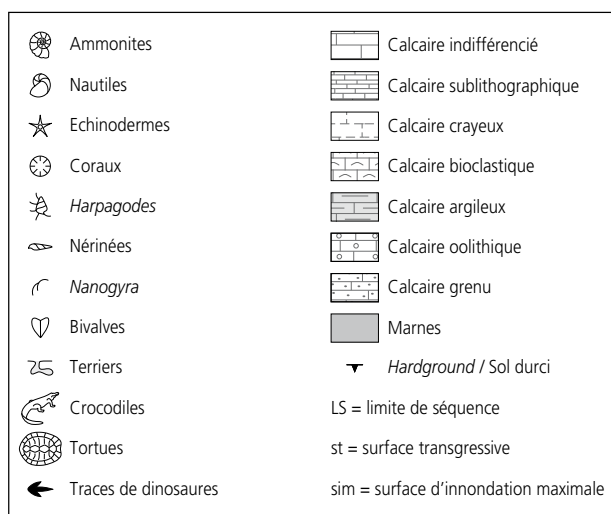


Fig. 4: Légende des figures 3, 6 et 8.

ajoulot – secteurs de fouilles paléontologiques, carrières et affleurements divers (Comment *et al.*, 2011; Comment & Paratte, 2013) – ont permis d'établir une coupe lithostratigraphique synthétique. Les dépôts kimméridgiens ont été différenciés en 10 couches subdivisant les 4 membres de la Formation de Reuchenette (Fig. 3 et 4). L'étude des microfaciès est en cours en utilisant les méthodes de classification de Dunham (1962) et Folk (1962). Une quinzaine de coupes a déjà été analysée (Gretz *et al.*, 2010) et les résultats pourront être comparés avec ceux de différentes études du Jura suisse et français (Pittet, 1996; Dupraz, 1999; Jordan, 1999; Colombié, 2002; Hug, 2003; Rameil, 2005; Fosso Menkem, 2007). Les épaisseurs moyennes attribuées aux unités lithostratigraphiques tiennent compte des données de la littérature et des nouvelles observations de terrain faites par la PAL A16.

Sur les 630 ammonites, complètes ou fragmentaires, qui ont été récoltées lors des travaux de l'autoroute A16, 580 proviennent de niveaux kimméridgiens. La majorité de ces ammonites proviennent du plateau de Courtedoux, notamment du sommet du Membre de Courtedoux et des Marnes à *virgula* inférieures (cf. § 4 et Fig. 3). Quelques spécimens de la FPJ et des collections historiques du JURASSICA Museum ont également été intégrés à cette étude afin de compléter l'information. Les individus récoltés *in situ* sont numérotés en référence au site et à la couche d'origine. Certains échantillons ont été photographiés et moulés. Trois cent onze spécimens kimméridgiens ont été déterminés, le plus souvent au niveau spécifique. Issus de 24 sites de récolte (Fig. 1), 42 spécimens caractéristiques des différents biohorizons d'ammonites reconnus dans la Formation de Reuchenette sont identifiés et illustrés dans cet article (Pl. I à V). Les critères dimensionnels et morphologiques des ammonites (caractérisation de l'ontogénèse) sont considérés comme déterminants pour l'identification des espèces.

La détermination des faunes de bivalves provenant de la Formation de Reuchenette est basée sur les premiers résultats d'une révision taxonomique en cours (Koppka, 2015). Actuellement plus de 100 espèces ont été identifiées (Koppka, 2010, 2014). Dix mille bivalves ont été récoltés sur les sites de fouilles de la PAL A16 et dans plusieurs sites de prospection. La plupart des bivalves présents dans la Formation de Reuchenette ont été décrits antérieurement par Contejean (1859) pour la région de Montbéliard et par Thurmann & Etallon (1861-1864) aux alentours de Porrentruy. Toutefois, ces faunes historiques, conservées au JURASSICA Museum de Porrentruy et au Musée de Montbéliard n'ont pas été révisées depuis plus d'un siècle. Elles ont été en partie intégrées dans notre étude afin de compléter les répartitions fauniques (Tab. 2). Le Tableau 2 n'est pas exhaustif et seuls sont présentés les taxons identifiés notamment par les collaborateurs de la PAL A16. Certains groupes fossiles n'ont pas été étudiés récemment (exemple : brachiopodes, foraminifères). La détermination des bivalves et des invertébrés associés ainsi que les interprétations paléoenvironnementales se basent sur : Buvignier (1852), Contejean (1859), Thurmann & Etallon (1861-1864), de Loriol & Pellat (1866), de Loriol & Cotteau (1888), de Loriol *et al.* (1872), d'Orbigny (1850-1852), Rollier (1911-1917), Cox (1925, 1929), Arkell (1929-1937), Wellnhofer (1964), Kelly (1984, 1992), Fürsich (1977), Fürsich & Werner (1986, 1988, 1989), Werner (1986), Oschmann (1988), Heinze (1991, 2007), Jaitly *et al.* (1995) et Scholz (2005). La plupart des bivalves endobiontes sont préservés uniquement sous forme de moules internes. Pour les bivalves dont la partie externe de la coquille est pseudomorphosée en calcite (huîtres, pectinidés, *Trichites*), un traitement à l'hydroxyde de potassium a permis de faire apparaître des détails supplémentaires de la coquille, souvent en complément de l'utilisation d'un microperceur pneumatique et d'une sableuse (Koppka, 2015).

4. LITHOSTRATIGRAPHIE ET ÉLÉMENTS D'INTERPRÉTATIONS PALÉOENVIRONNEMENTALES

4.1 Formation de Reuchenette (Thalman, 1966) (Tab. 1)

Synonymes : cf. liste complète dans Gygi (2000); Kimméridgien (Mouchet, 1995).

Localité type : carrière au sud de Reuchenette à Péry.

Coordonnées : 47°11'21"N / 7°15'2"E (585736 / 226484), carte nationale de la Suisse 1126 Büren an der Aare (1:25000).

La Formation de Reuchenette est une succession composée d'assises calcaires bien stratifiées interrompues par des unités marneuses. Dans la localité type, l'épaisseur de la formation est d'environ 150 m. Elle diminue faible-

Tableau 1 : Unités lithostratigraphiques du Kimméridgien dans le Jura septentrional ; *unités lithostratigraphiques utilisées dans ce travail.

ETAGES	Ajoie (Jura suisse)			Franche-Comté septentrionale		NW Switzerland	
	Formations	Membres*	Couches*	Contejean, 1859-1866	Contini & Hantzpergue, 1973 Contini, 1976	Jank, 2004 Jank <i>et al.</i> , 2006 a, b, c	
TITHONNIEN	Twannbach			Calcaires portlandiens	Calcaires à tubulures		
KIMMÉRIDIEN I KIMMÉRIDIEN I INFERIEUR	Reuchenette	Chevenez (nouveau)	Marnes à <i>virgula</i> supérieures	Calcaires et marnes à Virgules supérieurs	Calcaires et Marnes à Virgules supérieurs	Oyster Limestones	
			Calcaires gris et blancs	Calcaire à <i>Diceras</i>	Calcaires à <i>Diceras</i>	Upper Grey and White Limestones	
			Calcaires à coraux			Coral Limestones	
			Marnes à <i>virgula</i> inférieures	Calcaires et marnes à Virgules inférieurs	Calcaires et Marnes à Virgules inférieurs	<i>Virgula</i> Marls	
		Courtedoux	Calcaires à <i>Corbis</i>	Calcaire à <i>Corbis</i>	Calcaires à <i>Corbis</i>	Nerinean Limestones	
			Calcaires à ptérocères supérieurs	Calcaires supérieurs à Ptérocères	Calcaires à Ptérocères supérieurs		
		Banné	Marnes du Banné	Marnes à Ptérocères	Marnes à Ptérocères	Banné Marls	
		Vabenau	Calcaires à ptérocères inférieurs	Calcaires à Ptérocères inférieurs	Calcaires à Ptérocères inférieurs	Calcaires à Ptérocères inférieurs	Lower Grey and White Limestones
			Couches du Creugenat			Nautiliden-Schichten	
			Calcaires à <i>Thalassinoides</i>			<i>Thalassinoides</i> Limestones	

ment en direction de l'est. Des indices d'émersion sont fréquents dans la région de Courtedoux, notamment des polygones de dessiccation et des traces de dinosaures. Au SE de la plate-forme (Gygi, 2000), se développent de petits biohermes coralliens. Cette formation a été réduite par l'érosion paléogène et ne s'observe pas à l'est de Soleure (CH). Plus au NO en France voisine, le Kimméridgien est érodé entre Belfort et Montbéliard, à l'approche de la dépression péri-vosgienne. Le long de l'axe Montbéliard-Rang-Besançon, l'étage ne présente pas de grandes variations de faciès (Contini & Hantzpergue, 1973). A Audincourt (carrière de la Baume) se retrouvent, sous l'horizon à Schilleri, comme à Porrentruy, un niveau de tidalites (Contini & Hantzpergue, 1973) et des restes de tortues signalés par Contejean (1859). Les quatre membres constituant la Formation de Reuchenette sont décrits ci-dessous.

4.1.1. Membre de Vabenau (Comment *et al.*, 2011)

Synonymes : Hypoptérocérien (Thurmann, 1852), Hypostrombien (Thurmann & Etallon, 1861-1864), Calcaires à Ptérocères inférieurs (Contejean, 1859, 1866), *Thalassinoides* Limestones + Nautilidenschichten + Lower Grey and White Limestones (Jank, 2004; Jank *et al.*, 2006a, b, c).

Localité type : carrière de Courgenay-Alombre (CGN-ALO).

Coordonnées : 47°23'01"N / 7°06'15"E (574750 / 248150), carte nationale de la Suisse 1085 Saint-Ursanne (1:25000).

Le Membre de Vabenau est composé de calcaires clairs, lités, parfois délimités par de minces lits argileux millimétriques. Sa puissance est d'environ 50 m. A sa base, un surplomb souligne le passage des calcaires crayeux du sommet de la Formation de Courgenay (Oxfordien) (Desor & Gressly, 1859; Gygi, 1995, 2000) aux calcaires micritiques du Membre de Vabenau (Kimméridgien) divisé en trois couches distinctes. Les 30 premiers mètres sont appelés Calcaires à *Thalassinoides*. Au-dessus, 12 m de calcaires marneux, riches en bivalves et en grands nautilus (Tab. 2) déterminent les Couches du Creugenat. Enfin, les dix derniers mètres correspondent aux Calcaires à ptérocères inférieurs. Un hardground sépare le sommet du Membre de Vabenau du Membre du Banné. La description ci-dessous des trois couches est la synthèse de plusieurs levés de coupes (sites POR-RAS, BUR-CMT, CGN-ALO, CTD-CRE et CTD-CJG, Fig. 1) (Comment *et al.*, 2011).

Calcaires à *Thalassinoides*

Synonymes : Calcaire à Ptérocères inférieurs (Contejean, 1859), *Thalassinoides* Limestones (Jank, 2004; Jank *et al.*, 2006a, b, c).

La limite inférieure des Calcaires à *Thalassinoides* est marquée sur le terrain par des bancs de calcaires micri-

Tableau 2: Taxons déterminés et associations fauniques prédominantes dans chaque membre de la Formation de Reuchenette en Ajoie (Suisse).

	Calcaires à Thalassinoides	Couches du Creugenat	Calcaires à ptérocères inférieurs	Marnes du Banné	Calcaires à ptérocères supérieurs	Calcaires à Corbis	Marnes à virgule inférieures	Calcaires à coraux	Calcaires gris et blancs	Marnes à virgule supérieures		Calcaires à Thalassinoides	Couches du Creugenat	Calcaires à ptérocères inférieurs	Marnes du Banné	Calcaires à ptérocères supérieurs	Calcaires à Corbis	Marnes à virgule inférieures	Calcaires à coraux	Calcaires gris et blancs	Marnes à virgule supérieures		
Bivalves endobiontes	<i>Anisocardia</i> sp.	•				•																	
	<i>Arcomya (Pachymya) robusta</i>																						
	<i>Ceratomya excentrica</i>		•	•			•		•														
	<i>Ceratomyopsis striata</i>																						
	<i>Cercomya (Capillmya) striata</i>																						
	<i>Coelastarte</i>																						
	<i>Corbulomima</i>																						
	<i>Discoloripes</i>																						
	<i>Fimbria subclathrata</i>																						
	<i>Frenguelliella</i> cf. <i>concinna</i>																						
	<i>Goniomya trapezicostata</i>																						
	<i>Homomya hortulana</i>		•	•																			
	<i>Integricardium bannesianum</i>																						
	<i>Integricardium ovatum</i>																						
	<i>Lithophaga</i> cf. <i>inclusa</i>																						
	<i>Lyapinella</i> aff. <i>rawsoni</i>																						
	<i>Mactromya concentrica</i>																						
	<i>Mesomiltha substriata</i>																						
	<i>Myopholas multicostata</i>																						
	<i>Myophorella</i>																						
	<i>Nicanella</i>																						
	<i>Pachymya</i> sp.																						
	<i>Pachyrismella cornuta</i>																						
	<i>Palaeonucula menkei</i>																						
	<i>Pholadomya (Bucardiomya) cf. inornata</i>																						
	<i>Pholadomya protei</i>																						
	<i>Plectomya rugosa</i>																						
	<i>Pleuromya uniformis</i>																						
	<i>Protocardia</i>																						
	<i>Quenstedtia</i>																						
<i>Tancredia (Isotancredia) sp.</i>																							
<i>Thracia incerta</i>																							
<i>Trigonia</i>																							
<i>Trigonia</i> cf. <i>suprajurensis</i>																							
<i>Trigonia reticulata</i>																							
Bivalves semi-endobiontes	<i>Gervillella lanceolata</i>																						
	<i>Inoperma perplicata</i>																						
	<i>Pinna (Pinna) socialis</i>																						
	<i>Stegoconcha granulata</i>																						
	<i>Stegoconcha obliquata</i>																						
	<i>Trichites matheyi</i>																						
Bivalves épibiontes	<i>Trichites</i> sp.																						
	<i>Actinostreon gregareum</i>																						
	<i>Alaperma</i> cf. <i>polita</i>																						
	<i>Arca (Eonavicula) bisulcata</i>																						
	<i>Arcomytilus morissii</i>																						
	<i>Arcomytilus pectinatus</i>																						
	<i>Barbatia</i> sp.																						
	<i>Camptonectes auritus</i>																						
	<i>Chlamys textoria</i>																						
	<i>Circunula</i> n. gen. <i>cotyledon</i>																						
	<i>Costigervillia gesneri</i>																						
	<i>Ctenolima semipunctata</i>																						
	<i>Ctenolima virgulina</i>																						
	<i>Cucullaea</i> sp.																						
	<i>Entolium</i> sp.																						
	<i>Eodiceras eximium</i>																						
	<i>Eopecten velatus</i>																						
	<i>Falcimylus jurensis</i>																						
	<i>Grammatodon</i> sp.																						
	<i>Helvetostrea</i> n. gen. <i>sequana</i>																						
	Bivalves épibiontes	<i>Isognomon subplana</i>																					
<i>Modiolus imbricatus</i>																							
<i>Modiolus virgulinus</i>																							
<i>Nanogyra (Nanogyra) nana</i>																							
<i>Nanogyra (Palaeogyra) reniformis</i>																							
<i>Nanogyra virgula</i>																							
<i>Praeexogyra monsbeliardensis</i>																							
<i>Pteria? credneriana</i>																							
<i>Radulopecten strictus</i>																							
<i>Rostroperna thurmanni</i>																							
Brachiopodes	<i>Spondylopecten subpunctatus</i>																						
	<i>Sellithyris subsella</i>																						
Coraux	<i>Torquirhynchia cf. speciosa</i>																						
	<i>Axosmilia</i> sp.																						
Echinodermes	<i>Microsolenidae</i>																						
	<i>Pseudocoenia</i> sp.																						
	Astrozoa																						
	Crinozoa																						
	Ophiurozoa																						
	Echinozoa																						
	« Cidaris » sp.																						
	<i>Hemicidaritis mitra</i>																						
	<i>Holectypus corallinus</i>																						
	<i>Paracidaritis</i>																						
	<i>Polydiadema mamillanum</i>																						
	<i>Pseudocidaritis thurmanni</i>																						
	<i>Pseudosalenia aspera</i>																						
	<i>Pygaster ? (= Clypeaster)</i>																						
<i>Pygurus</i>																							
<i>Stomechinus cf. perlatus</i>																							

tiques, gris-beige, massifs, qui forment un surplomb à l’affleurement (packstone/grainstone, puis mudstone, Gygi, 2000; Colombié, 2002). Cette limite, observable au sud de Porrentruy, dans la carrière de La Rasse (POR-RAS), (Fosso Menkem, 2007; Jank, 2004), a également été documentée sur le chantier de la centrale de ventilation de Bure-Champs Montants (BUR-CMT). Les 18 premiers mètres sont constitués principalement de calcaires dépourvus de macrofossiles. Des bioturbations (*Thalassinoides*), souvent recristallisées, deviennent de plus en plus abondantes dans la partie supérieure (9-18 m). La partie supérieure de cette unité a également été documentée dans la carrière de Courgenay-Alombre (CGN-ALO) où de nombreuses bioturbations ont été observées. Un banc plus crayeux d’environ 4 m (19-23 m), riche en gastéropodes (Nerineidae) recristallisés se repère à la base de la carrière (Fig. 5). Ce niveau plus friable dans la carrière de La Rasse (POR-RAS) (Jank, 2004) ressemble fortement à certains faciès oxfordiens sous-jacents. Les bancs supérieurs redeviennent ensuite très calcaires et forment, par endroits, un surplomb sur le terrain. Les cinq derniers mètres de coupe (23-28 m) sont assez peu fossilifères (Tab. 2), à l’exception d’un banc riche en gastéropodes (Nerineidae). Quelques hardgrounds sont développés dans la partie supérieure de la coupe de Cour-

genay (CGN-ALO), délimitant des bancs de 10 à 100 cm environ. A Cœuve (COE-DLG), une couche à stromatolites termine cette unité (Jank, 2004). De manière générale, les Calcaires à *Thalassinoides* présentent une faune assez peu diversifiée. Les nérinées sont souvent associées à un sédiment grossier contenant des oïdes et de petits lithoclastes. Les nérinées sont caractéristiques de milieux peu profonds, souvent agités (Barker, 1990), tandis que les hardgrounds contenant de nombreux *Thalassinoides* et de petits bivalves endobiontes (*Protocardia*, *Nicanella*, *Anisocardia*, *Pachymya*) témoignent de milieux plus profonds et plutôt calmes, à sédimentation réduite. Les fragments de coquilles isolées indiquent un remaniement et un faible transport. Le degré de préservation des fossiles indique, en général, un hydrodynamisme modéré. Les Calcaires à *Thalassinoides* peuvent être interprétés comme des sédiments déposés dans un milieu marin peu profond, le plus souvent au-dessus de la limite de la zone d’action des vagues de beau temps et entre les zones subtidales et intertidales. L’apparition de plusieurs hardgrounds au sommet de l’unité et un niveau à stromatolithes sont observés.

Couches du Creugenat (Comment *et al.*, 2011)

Synonymes : Calcaire à Ptéroceres inférieurs (Conte-

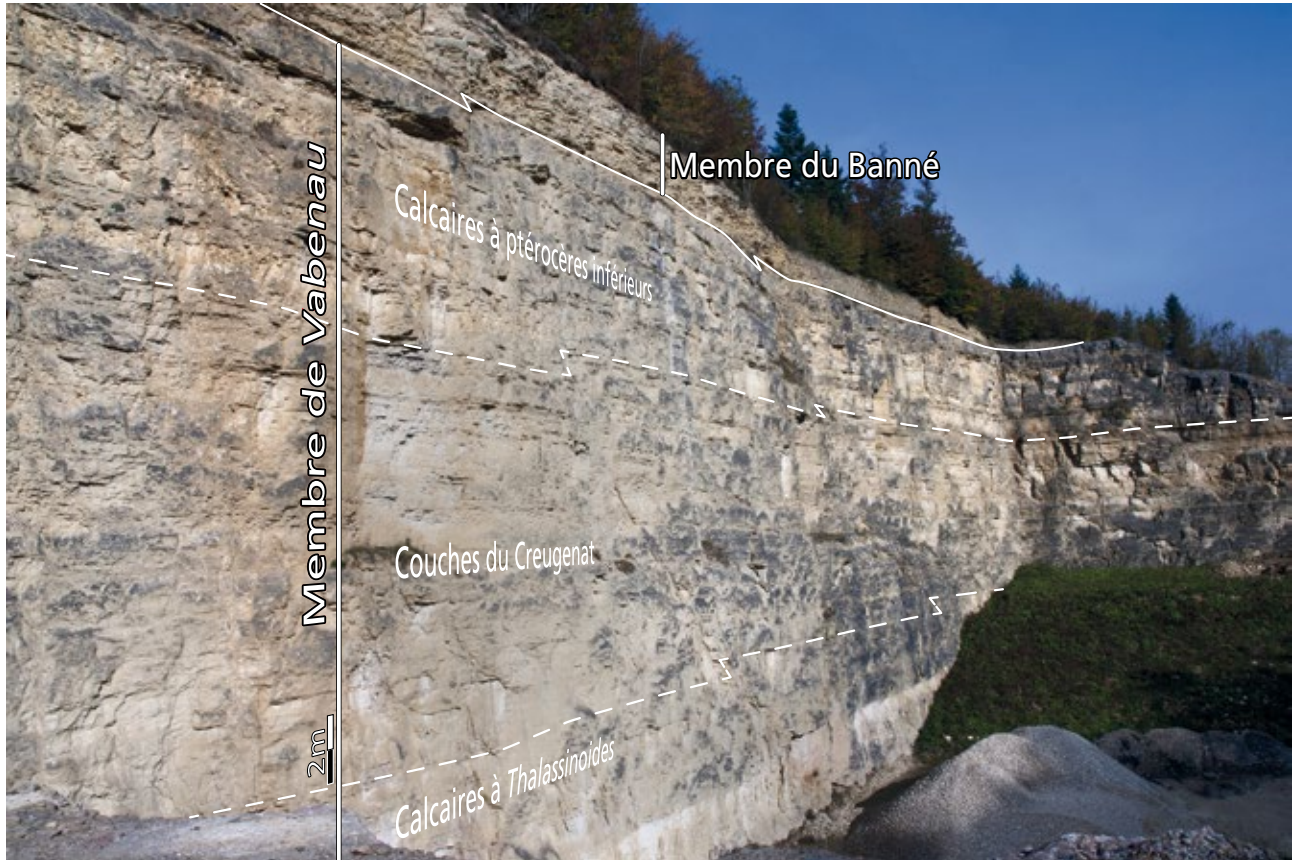


Fig. 5: Carrière de Courgenay-Alombre (CGN-ALO). Limites de membres (traits pleins) et de couches (pointillés). Un niveau plus crayeux est visible à la base de la coupe.

jean, 1859), Nautilidenschichten (Jank, 2004; Jank *et al.*, 2006a, b, c).

D'une épaisseur totale de 12 m, les Couches du Creugenat correspondent à des alternances de calcaires noduleux et de lits argilo-calcaires étudiés sur le site de Courtedoux-Creugenat (CTD-CRE) et observés dans la carrière de Courgenay-Alombre (CGN-ALO) (Fig. 5). Cette couche débute par un niveau bioturbé (*Thalassinoides*) livrant des nérinées recristallisés, ainsi que quelques *Trichites* dans une matrice plus grossière interprétée comme une tempestite (Jank *et al.*, 2006b). Le contenu fossilifère augmente de façon significative avec l'arrivée de niveaux très riches en bivalves (dont de nombreux *Trichites*) dans des bancs plus marneux. Des faciès lumachelliques se développent à partir de 2 m. La faune de ces niveaux ressemble fortement à celle du biofaciès des Marnes du Banné (Thurmann & Etallon, 1861-1864). Les bivalves associés aux brachiopodes et échinidés (Tab. 2) indiquent des conditions de vie en milieu marin peu profond, peu agité, et les nautilus un environnement ouvert. La plupart des bivalves endobiontes sont bien préservés, souvent en position de vie. La présence de nérinées, de valves isolées de lamellibranches ainsi que de sédiments à grains grossiers et à oïdes soulignent la proximité d'un environnement de plus haute énergie, confirmant ainsi un milieu marin de lagon ouvert.

Calcaires à ptérocères inférieurs

Synonymes: Calcaire à Ptérocères inférieurs (Contejean, 1859), Lower Grey and White Limestones (Jank, 2004; Jank *et al.*, 2006a, b, c).

Les Calcaires à ptérocères inférieurs, d'une puissance d'environ dix mètres, montrent un large éventail latéral de faciès. Le contenu en bivalves est notamment très varié. Ce sont des calcaires blancs, partiellement oolithiques, voire crayeux dans leur partie supérieure. L'association faunique (Tab. 2) dans la région entre Porrentruy, Courtedoux et Chevenez indique un milieu de dépôt peu profond et intertidal tendant vers des boues carbonatées subtidales d'environnement lagonaire (Jank *et al.*, 2006c). Les empreintes de dinosaures découvertes dans la partie moyenne des Calcaires à ptérocères inférieurs du contournement de Glovelier (Meyer & Thüring, 2003; Jank *et al.*, 2006c) indiquent que les environnements peu profonds d'Ajoie se trouvaient à proximité de zones émergées. La présence de coquilles isolées allochtones et l'association de bivalves très souvent de petite taille indiquent que cet environnement est soumis à des événements épisodiques de fort hydrodynamisme, voire de tempête (fragments de *Pinna* et *Inoperna*). Dans le nord de l'Ajoie (Vendlincourt et Lugnez, p. ex.), les intercalations marneuses de la base et de la partie supérieure des Calcaires à ptérocères inférieurs livrent une faune d'invertébrés différente et plus diversifiée. Ce faciès est proche du faciès ptérocérien de Thurmann & Etallon (1861-1864) dans lequel on observe *Harpagodes thirriae* (Contejean, 1859), espèce absente dans les cal-

caires crayeux. La faune fossile a été recensée par Thurmann & Etallon (1861-1864, pp. 53-55). La présence de grands bivalves indique des eaux peu profondes dans un environnement subtidal moins perturbé que dans la région de Porrentruy. La limite avec le Membre du Banné est soulignée par un hardground perforé et par l'apparition de niveaux marneux très riches en invertébrés (bivalves, gastéropodes, brachiopodes, échinodermes et céphalopodes, Tab. 2) (Mouchet, 1995).

4.1.2. Membre du Banné (Thurmann, 1832) (Tab. 1)

Synonymes: Marnes kimmériennes (Thurmann, 1832), Marnes kimmériennes ou du Banné (Marcou, 1848), Marnes strombiennes (Thurmann & Etallon, 1861-1864), Marnes à Ptérocères (Contejean, 1859, 1866), Marnes à «Ptérocères» (Schneider, 1960), Banné marls (Jank *et al.*, 2006a, b, c).

Localité type: colline du Banné au sud de Porrentruy (POR-BAN).

Coordonnées: 47°24'23"N / 7°04'23"E (572400 / 250670), carte nationale de la Suisse 1085 Saint-Ursanne (1:25000).

Le Membre du Banné et son équivalent français, les «Marnes de Rang» (Chevalier, 1989) ou Marnes à Ptérocères (Contejean, 1859), sont plus ou moins continus sur près de 200 km de distance, selon un croissant orienté NE-SO longeant la frontière franco-suisse. Décrit dans les environs de Porrentruy par Thurmann (1832), ce niveau d'une épaisseur de 5 à 11 m en Ajoie est composé d'une alternance marno-calcaire bien marquée. La faune des Marnes du Banné (Tab. 2) est riche en invertébrés (bivalves, gastéropodes, brachiopodes, échinodermes et céphalopodes), ainsi qu'en restes d'ossements et de dents de vertébrés (crocodiles, tortues, poissons).

Une coupe a été levée en détail sur le plateau de Courtedoux (CTD-VTT) (Fig. 6). Les Marnes du Banné sont accessibles dans une zone de fouille publique sur la colline du Banné, à Porrentruy. On observe trois faciès superposés correspondant à des phases de dépôts différents.

1. La limite entre le Membre de Vabenau et le Membre du Banné est marquée par l'apparition des premières couches marneuses au-dessus d'un hardground. Des niveaux glauconieux et des niveaux gris lumachelliques, marneux ou micritiques, surplombent le niveau basal durci. Les bioturbations sont fréquentes et les bivalves endobiontes sont diversifiés (Tab. 2). *Nanogyra nana* et *Actinostreon* peuvent être localement très abondants et leurs crochets montrent fréquemment des empreintes de *Goniolina geometrica* (Roemer, 1839), indiquant la présence de prairies algaires (Koppka, 2015). Dans ce niveau, des coquilles isolées et endommagées attestent d'un transport et d'une énergie importante. De plus, quelques taxons qui n'apparaissent pas ou peu dans les niveaux supé-

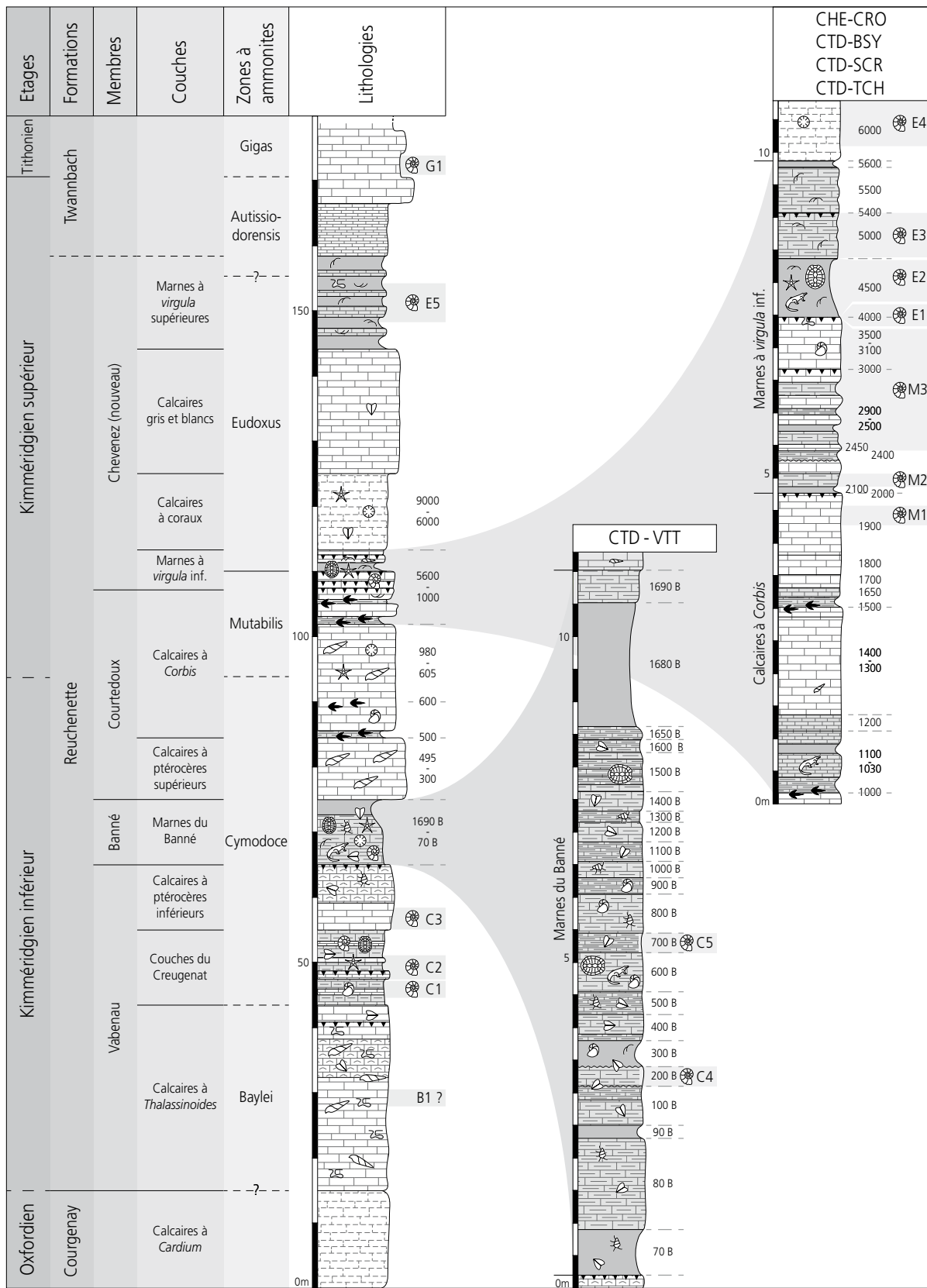


Fig. 6: Coupe stratigraphique synthétique du Kimmeridgien d'Ajoie et positionnement des épisodes à ammonites. Les niveaux fouillés intensivement et étudiés possèdent un numéro de couche ou de surface. Pour le Membre du Banné, la numérotation de 70 à 1690 est suivie de la lettre B, pour le Membre de Courtedoux et la base du Membre de Chevenez, la numérotation commence à 300 et se termine à 6000. Légende cf. Fig. 4.

rieurs (*Tancredia (Isotancredia)*, *Cercomya*, *Myophorella*, *Pleuromya*, *Homomya*, *Stegoconcha* et même *Pygurus*) indiquent, avec le sédiment grossier, un environnement de dépôt peu profond (Koppka, 2015). Dans ces marnes à grains grossiers, la plupart des taxons endobiontes profonds sont généralement préservés en position de vie avec leurs deux valves. Cela suggère que les invertébrés vivent dans un milieu peu agité, contrairement à la matrice grossière allochtone (grains arrondis, glauconite, ooides) qui provient d'un milieu plus agité.

2. Entre les niveaux 400B et 1650B (Fig. 6), le profil est constitué de lits marneux d'une épaisseur variant de 15 à 60 cm. Cette unité est très fossilifère – au moins 70 espèces de bivalves (en partie intégrées dans le Tab. 2). De grands *Trichites* et d'autres bivalves sont préservés en position de vie. Les coquilles de *Trichites* sont très fragiles et un transport les abîmerait, même sur une faible distance. De même, *Nanogyra*, *Circunula* et *Praeexogyra* ont été observées avec leurs valves jointives. L'environnement marin était donc calme, situé en dessous de la limite d'action des vagues de beau temps. Les rares coraux, mais surtout les crocodiles et les tortues indiquent des eaux aux températures élevées (Leuzinger, 2013). En Angleterre, les paléotempératures basées sur les isotopes stables de coquilles de bivalves et d'ammonites bien préservées ont donné une température moyenne de 23,5° C (Kimméridgien inférieur, 154 Ma) (Malchus & Steuber, 2002).
3. Les Marnes du Banné s'achèvent par un niveau marneux de 2 m d'épaisseur, surmonté par un banc argilo-calcaire de 50 cm (1670B-1680B). Ces niveaux sont peu fossilifères comparés aux assises sous-jacentes, et seuls quelques bivalves et brachiopodes ont été mis au jour. La présence de *Myophorella* indique une réduction de la profondeur d'eau (Francis & Hallam, 2003; JK, observations personnelles) à la base de 1670 B. Un reste de bois isolé de 1 m de long a été prélevé dans la couche 1680 B et des traces de racines ont été observées en lames minces (Gretz *et al.*, 2010). Ces observations suggèrent une diminution du niveau marin relatif jusqu'à l'émersion.

4.1.3. Membre de Courtedoux (Comment *et al.*, 2011) (Tab. 1)

Synonymes: Epiptérocérien (Thurmann, 1852), Epistrombien (Thurmann & Etallon, 1861-1864), Calcaires à Ptérocères supérieurs et Calcaire à *Corbis* (Contejean, 1859, 1866), Nerinean Limestones (Jank, 2004; Jank *et al.*, 2006a, b, c).

Localité type: carrière de Chevenez-La Combe (CHE-CHV).

Coordonnées: 47°23'24"N / 7°00'42"E (567750 / 248870), carte nationale de la Suisse 1085 Saint-Ursanne (1:25000).

Le Membre de Courtedoux, d'une puissance de 32 m, est principalement constitué de bancs calcaires micritiques, riches en nérinées. Plusieurs surfaces présentant des indices d'émersion sont observables sur le terrain. Deux couches sont définies au sein de cette unité lithostratigraphique: les Calcaires à ptérocères supérieurs et les Calcaires à *Corbis*. La succession décrite ici est la synthèse de plusieurs coupes levées sur le plateau de Courtedoux (sites de CTD-BEB, CTD-BSY, CHE-CRO, CTD-SCR, CTD-TCH et CTD-VTT) (Comment *et al.*, 2011; Marty, 2008; Waite, 2010). La carrière de Chevenez-La Combe (CHE-CHV) permet d'observer la quasi-totalité de ce membre (Fig. 5).

Calcaires à ptérocères supérieurs

Synonymes: Calcaires supérieurs à Ptérocères (Contejean, 1859, 1866), base des Nerinean Limestones (Jank, 2004; Jank, 2006a, b, c).

Cette couche, de 10 m d'épaisseur, se compose de bancs calcaires massifs riches en nérinées recristallisées. Quelques bivalves et des bioturbations sont également présents, mais globalement la faune est assez peu diversifiée. La plupart des découvertes, dans les trois premiers mètres, sont des petites valves isolées de bivalves endobiontes (Tab. 2) indicateurs de faible profondeur (Fürsich *et al.*, 2007). Les bivalves endobiontes et les brachiopodes d'environnement plus profond sont absents. La faune des Calcaires à ptérocères supérieurs est typique d'un milieu marin peu profond. Les niveaux à nérinées sont significatifs d'un milieu intertidal à fort hydrodynamisme (Barker, 1990). Le toit de cette unité est souligné par un niveau d'émersion à polygones de dessiccation et rides de vagues, ainsi que par une forte densité d'empreintes de dinosaures sauropodes et théropodes (surface 500, Fig. 3).

Calcaires à *Corbis* (Contejean, 1859, 1866)

Synonymes: Epistrombien moyen-supérieur (Thurmann & Etallon, 1861-1864), sommet des Nerinean Limestones (Jank *et al.*, 2006a, b, c).

Les Calcaires à *Corbis* ont été nommés ainsi par Contejean (1859), dans la région de Montbéliard, par référence aux nombreux Lucinidae qu'il attribuait au genre *Corbis* Cuvier, 1817 (un synonyme junior de *Fimbria* Megerle von Mühlfeld, 1811) et désormais nommé *Fimbria subclathrata*. Les espèces actuelles de *Fimbria* sont endobiontes limivores et peuplent les sables coralliens de l'Indo-Pacifique (Morton, 1979). Par actualisme, nous pouvons supposer que les *Fimbria* jurassiques indiquent un environnement marin peu profond. Ces bivalves sont souvent accompagnés de nérinées, de coraux et d'oursins typiques de milieux marins francs ou lagonaires comparables aux faciès de la Formation de Saint-Ursanne de l'Oxfordien (Gygi, 2000). Sur le terrain, les Calcaires à *Corbis* présentent de grandes variations lithologiques latérales. Dans la région de Courtedoux, la faune coquillière, peu diversifiée, est dominée par les nérinées. Sur le

site de POR-RDM, ces calcaires gris sont denses, micritiques et fossilifères, avec des intercalations marneuses brunes. *Pholadomya protei* en position de vie, de rares valves isolées de *Fimbria*, ainsi que la présence de coraux ramifiés indiquent un environnement subtidal, peu profond, de faible énergie (Tab. 2).

Sur les sites de Courtedoux, plusieurs niveaux à nérinées (*Ptygmatis*, *Nerinea*, *Cossmanea*, *Cryptoplocus*) ont été repérés (associations du faciès 2 de Waite & Strasser, 2011 ; Waite *et al.*, 2013). Ces niveaux indiquent un environnement de plate-forme, avec un relief peu accentué, sous des conditions hydrodynamiques plutôt calmes, mais parfois agitées. Plusieurs horizons biolaminés supratidaux avec des traces de dinosaures et des fentes de dessiccation (500, 600, 830, 1000, 1500) indiquent des épisodes émergifs récurrents (Marty, 2008 ; Waite *et al.*, 2013). L'épisode émergifs de la surface 1500 constitue stratigraphiquement le plus jeune niveau à empreintes de dinosaures connu en Ajoie. Les couches sont de moins en moins laminées et deviennent progressivement crayeuses vers le haut des Calcaires à Corbis où les bancs peuvent atteindre jusqu'à 1 m d'épaisseur (Fig. 6). Le contenu fossilifère reste sensiblement le même, mais les formes fossiles sont de plus en plus grandes et abondantes (bivalves, gastéropodes, échinodermes) (Tab. 2). Le dernier niveau des Calcaires à *Corbis* est tronqué par un hardground karstifié (horizon 2000) et encroûté, interprété comme un sol érodé (Waite, 2010 ; Waite *et al.*, 2013). En Ajoie, l'ichnofossile *Trypanites* est uniquement présent et très abondant dans les couches 1900-2000 suggérant ainsi le développement d'une phase d'émergence. Les tubes de *Trypanites* pénètrent de 10 à 20 cm la couche 1900. *Trypanites* se trouve au niveau de grandes discordances comme celle du Bajocien–Dinantien au sud de l'Angleterre (Cole & Palmer, 1999).

4.1.4. Membre de Chevenez (nouveau) (Tab. 1)

Synonymes : Calcaires et Marnes à *virgula* inférieurs + Calcaires à *Diceras* + Calcaires et Marnes à *virgula* supérieurs (Contejean, 1859, 1866), *Virgula* Marls + Coral Limestones + Upper Grey AMD White Limestones + Oyster Limestones (Jank, 2004 ; Jank *et al.*, 2006a, b, c).
Localité type : carrière de Chevenez-La Combe (CHE-CHV).

Coordonnées : 47°23'24"N / 7°00'42"E (567750 / 248870), carte nationale de la Suisse 1085 Saint-Ursanne (1:25000).

L'épaisseur du Membre de Chevenez est estimée à environ 50 m. Cependant, les niveaux terminaux de ce membre sont souvent érodés et parfois recouverts de sédiments cénozoïques. A la base, l'assise bioclastique des Marnes à *virgula* inférieures, épaisse d'environ 6 m, repose sur un hardground irrégulier marquant le toit du Membre de Courtedoux. Au sommet de la carrière de Chevenez-La

Combe (CHE-CHV), environ 12 m de calcaires crayeux, très clairs de la couche des Calcaires à coraux surmontent les Marnes à *virgula* inférieures (Fig. 7). Dans la partie sud de cette carrière, une faille décale les couches avec un rejet d'environ 40 m (Jank *et al.*, 2006c). Ainsi, grâce à ce rejet, des niveaux plus récents sont visibles à l'affleurement. Une grotte permettait d'atteindre le toit du Membre de Courtedoux qui, dans la cavité, se localise à une profondeur de 15 m. Au-dessus de la couche des Calcaires à coraux suivent 19 m de calcaires micritiques grisâtres correspondant à la couche des Calcaires gris et blancs, surmontée par les Marnes à *virgula* supérieures dont l'épaisseur est estimée à un peu moins de 15 m.

Marnes à *virgula* inférieures (Comment *et al.*, 2011)

Synonymes : Calcaires et Marnes à virgules inférieurs (Contejean, 1859, 1866), *Virgula* Member s.l. (Gygi, 2000), "Marnes à *virgula*" (Marty *et al.*, 2003), *Virgula* Marls (Jank *et al.*, 2006a, b, c), lower *Virgula* Member (Colombié & Rameil, 2007).

Cette unité, au contenu faunique nettement différencié de celui des couches précédentes, tire son nom de l'abondance de *Nanogyra virgula* (Defrance) associée, en moindre proportion, à *Nanogyra nana* (Sowerby) (Koppka, 2015). L'apparition de niveaux très riches en *Nanogyra virgula* ainsi que l'absence de grandes nérinées, de certains bivalves et d'échinodermes (Tab. 2) coïncident avec la disparition du biofaciès ptérocérien et indiquent le début du biofaciès virgulien de Thurmann & Etallon (1861-1864).

1. La limite inférieure des Marnes à *virgula* inférieure, selon Comment *et al.* (2011), est redéfinie ici au sommet de la couche 2000. Celle-ci est marquée par un changement de lithologie et du contenu fossilifère, notamment l'apparition des *Nanogyra virgula*, présentes jusqu'au sommet de la couche et au-delà. Cela justifie la redéfinition de la limite inférieure des Marnes à *virgula* inférieures qui a été proposée couche 4000 par Comment *et al.*, 2011 (Fig. 3). Au-dessus de cette limite basale, suivent 2 m d'alternances argilo-calcaires fossilifères, riches en dents de poissons, ammonites, oursins, bivalves et gastéropodes. Par-dessus, un banc calcaire de 80 cm d'épaisseur s'achève par un hardground (4000) très marqué et encroûté par de nombreux bivalves. La faune d'invertébrés fortement diversifiée (Tab. 2) indique un environnement subtidal instable. Ces niveaux alternent avec des couches de marnes, des horizons bioclastiques (2050, base 2100, 2450), plusieurs hardgrounds, un niveau condensé de type *firm-ground* (2400). Certains horizons d'ammonites sont localement remaniés (e.g. épisode E1 dans la couche 4000).
2. Le banc repère marneux de 1 m d'épaisseur (4500 ; Fig. 6), type « Marnes à *virgula* », se retrouve partout en Ajoie et dans la région de Montbéliard (Contini & Hantzpergue, 1973). Dans les niveaux lumachelliques, les spécimens de *Nanogyra virgula* sont de très petite

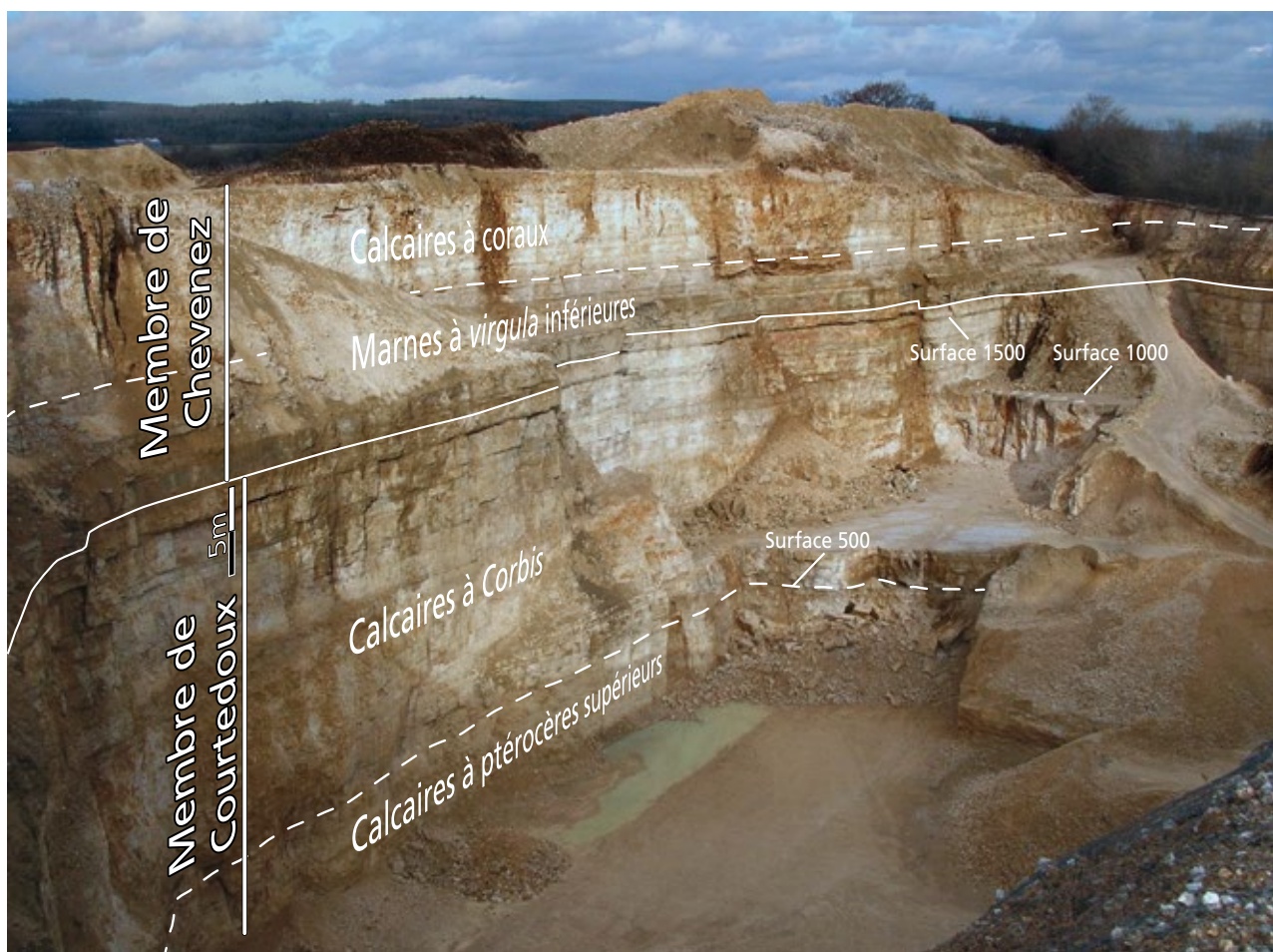


Fig. 7: Carrière de Chevenez-La Combe (CHE-CHV). Limites de membres (traits pleins) et de couches (pointillés). Les surfaces 500, 1000 et 1500 sont visibles.

taille (~1,5 cm de longueur). Les bivalves (Tab. 2) sont souvent observés en position de vie, avec leurs valves jointes. Ces associations de bivalves accompagnés d'ammonites et d'oursins suggèrent un environnement de dépôt calme, sur un substrat meuble, dans la zone subtidale. Ce niveau marneux est très riche en vertébrés : poissons cartilagineux et osseux, crocodiliens, et surtout tortues (Tab. 2). Plus de 80 carapaces de tortues, ainsi qu'une dizaine de mandibules et trois squelettes de crocodiliens y ont notamment été prélevés (Schaeffer & Billon-Bruyat, 2014). Les rares restes continentaux consistent en des fragments osseux de ptérosaures et des bois fossiles (branches et troncs) essentiellement attribués aux conifères primitifs *Protocupressinoxylon purbeckensis* (Philippe *et al.*, 2010). Le confinement et les conditions de faible oxygénation ont permis une bonne préservation des restes de vertébrés. Les courants marins et la morphologie de la plate-forme ont certainement rendu possibles ces dépôts marneux (Comment *et al.*, 2011). La séquence marneuse ne s'est pas déposée de manière continue dans le temps et l'espace. Les fluctuations

du niveau marin relative de haute fréquence, associées aux différences bathymétriques locales, induisent de nombreuses variations latérales de faciès.

3. La partie supérieure des Marnes à *virgula* inférieures (4 à 6 m) est constituée de calcaires argileux, d'aspect noduleux, très riches en *Nanogyra*. Le passage aux faciès coralliens subséquents est souligné par la diminution de *N. virgula* et par l'apparition des faciès coralligènes.

Calcaires à coraux

Synonymes : partie inférieure des Calcaires à *Diceras* (Contejean, 1859, 1866), Hypovirgulien (n° 5, calcaire blanc à *Terebratula inconstans* et *Lima virgulina*, Thurmann & Etallon, 1861-1864), Coral Limestones (Jank *et al.*, 2006a, b, c).

Les faciès des Calcaires à coraux s'observent dans toute la région ajoulote et montbéliardaise, avec un enrichissement en Diceratidae vers le NO. Ce calcaire noduleux à la base, puis crayeux vers le haut, est estimé à 15 m d'épaisseur. Il affleure à Alle-Pré Monsieur (ALL-PMS), sur les sites de Courtedoux-Tchâfoué (CTD-TCH), Cour-

tedoux-Vies Saint Martin (CTD-VSM) ainsi que sur ceux de Courtedoux-Grands Champs (CTD-GCH) et Chevenez-La Combe (CHE-CHV). C'est un calcaire fin, blanc à jaunâtre, pouvant avoir une texture dense à plus poreuse et biodétritique (texture mudstone à grainstone). La couche débute par un niveau stromatolitique contenant également des fragments d'échinodermes, de petits bivalves, comme *Nicaniella*, et de petits gastéropodes typiques d'un environnement lagonaire localement turbulent. L'aspect crayeux, la diversité corallienne et la richesse en brachiopodes (Tab. 2) sont de plus en plus prononcés vers le haut de l'unité. Les coraux sont très fracturés, dissous et recristallisés (Gretz, 2007; Sandoz, 2009). Dans la carrière de Fahy-Rotte (FAH-ROT), aujourd'hui comblée, la limite supérieure des Calcaires à coraux est marquée par le passage du faciès crayeux à un calcaire micritique très bien lité. Les premiers scléroractiniaux comme *Thamnasteria* s'observent à la base, dans des calcaires blancs ou jaunâtre pur. La riche faune d'invertébrés (Tab. 2) témoigne de températures d'eau subtropicales. Les bivalves sont indicateurs de milieux coralliens. Leurs valves isolées attestent de remaniements probablement liés à des événements de tempête. L'environnement correspond à un milieu marin lagonaire, sans développement de bioconstructions importantes, juste au-dessus de la limite d'action des vagues de beau temps. Les variations latérales de faciès à petite échelle indiquent une morphologie irrégulière du haut-fond marin. En Ajoie, l'aire paléogéographique des environs de Porrentruy était un peu plus profonde que dans la région de Courtedoux.

Calcaires gris et blancs

Synonymes : partie supérieure des Calcaires à *Diceras* (Contejean, 1859, 1866), Hypovirgulien (zones 3-4; Thurmann & Etallon, 1861-1864), Upper Grey and White Limestones (Jank, 2004; Jank *et al.*, 2006a, b, c). Au-dessus des Calcaires à coraux, les 19 m de Calcaires gris et blancs (Jank *et al.*, 2006c) sont représentés par des calcaires micritiques monotones, blanchâtres à grisâtres, majoritairement abiotiques et bien lités. Des intercalations marneuses fossilifères sont observables dans leur partie moyenne. Le toit de cette unité est souligné par un hardground encroûté d'huîtres, en discontinuité sur un horizon stromatolitique. Quelques valves isolées de bivalves (Tab. 2) au sein des bancs massifs, au-dessus de l'intervalle marneux, indiquent un environnement marin peu profond proche du niveau d'action des vagues de tempête. La rareté des fossiles et l'absence de brachiopodes, gastéropodes, échinodermes ou coraux indiquent des conditions défavorables aux faunes benthiques résultant vraisemblablement d'un taux de sédimentation élevé.

Marnes à *virgula* supérieures

Synonymes : Calcaires et marnes à Virgules supérieurs (Contejean, 1859, 1866), Zone virgulienne (Thurmann & Etallon, 1861-1864), Oyster Limestones (Jank, 2004; Jank *et al.*, 2006a, b, c).

Les 15 derniers mètres du Membre de Chevenez présentent une alternance de niveaux marneux et de bancs calcaires plus ou moins argileux, dans lesquels *N. virgula* abonde et forme, dans certains bancs, des lumachelles très denses.

La partie basale est représentée par un calcaire arénitique riche en peloides et oncoïdes (pack- et grainstones), fortement bioturbé, bioclastique, finement stratifié, contenant en grande quantité *N. virgula* et *Mactromya concentrica*. Ces niveaux carbonatés à grains grossiers, formés en eaux peu profondes à hydrodynamisme élevé (Jank *et al.*, 2006c), sont surmontés par un niveau contenant *Cladocoropsis mirabilis*, ainsi que *Thalassinoides* (Jank, 2004). La partie supérieure est composée de calcaires argileux, légèrement noduleux voire plaquetés, jaunâtres ou gris, et occasionnellement interrompus par plusieurs hardgrounds. Les rares ammonites, les associations de bivalves et les échinoïdes indiquent un milieu marin calme, ouvert et subtidal.

Les affleurements des Marnes à *virgula* supérieures sont rares. Le plus accessible est celui de la carrière de La Combe près de Chevenez (Jank *et al.*, 2006c). D'autres affleurements de cette unité sont connus à «La Bouloie» (POR-BLO), à Alle et à Courtedoux (Thurmann & Etallon, 1861-1864). L'association de bivalves est dominée par *N. virgula*, mais leur faible taille indique des conditions trophiques moins favorables que dans les milieux où ces huîtres sont 2 à 3 fois plus grandes (Jourdy, 1924; Ziegler, 1969; Koppka, 2015). Les bivalves benthiques présents (Tab. 2) sont significatifs d'un environnement subtidal calme, sous la limite d'action des vagues de beau temps. L'affleurement de la carrière de «La Combe» ne permet pas d'identifier la limite supérieure de cet ensemble surmonté par la première unité du Tithonien: la Formation de Twannbach.

4.2. Formation de Twannbach (Häfeli, 1966) (Tab. 1)

Synonymes : Epivirgulien (Thurmann & Etallon, 1861-1864), Portlandien (Mouchet, 1995).

Localité type : gorges de Douanne au-dessus de Douanne.
Coordonnées : 47°05'54"N / 7°08'49"E (577852 / 216420), carte nationale de la Suisse 1145 Bieler See (1:25000).

Dans le Jura neuchâtelois, le sommet de la Formation de Reuchenette est marqué par un niveau repère, le Banc à Nérinées, qui se situe sous les Marnes à *virgula* supérieures (Dauwalder & Remane, 1979; Waite, 2010). Dans cette région, ce dernier repère est utilisé comme limite cartographique Kimméridgien-Tithonien. Cependant, lorsque les Marnes à *virgula* supérieures ne sont pas représentées, le Banc à Nérinées est indifférenciable des autres horizons riches en nérinées de la partie terminale de la Formation de Reuchenette (Rameil, 2005). D'après Thalman (1966), lorsque les Marnes à *virgula*

supérieures sont absentes ou très réduites, la limite supérieure de la Formation de Reuchenette est indiquée par la transition entre des couches calcaires massives et des calcaires plaquetés attribués à la base de la Formation de Twannbach.

En Ajoie, les couches surmontant les Marnes à *virgula* supérieures et la limite Kimméridgien–Tithonien n'ont pas été observées récemment. Seule une petite série de calcaires blancs ou légèrement jaunâtre apparaît entre deux failles NE-SO au sud de Chevenez et sur le bord sud-ouest de la carrière «La Combe». Les calcaires surmontant les Marnes à *virgula* supérieures ont été introduits comme Epivirgulien par Thurmann & Etallon (1861-1864), qui ont observé une unité de 14 m dans les anciennes carrières de Bois-des-Vies et à proximité de la Combe Voitelier au-dessus de Chevenez. La description ci-dessous repose sur les quelques informations données dans les «*Lethea bruntrutana*»: au-dessus des calcaires fossilifères virguliens riches en grands nérinéidés, Thurmann & Etallon (1861-1864) décrivent des calcaires argileux plus ou moins stériles («Marno-calcaires stériles») suivis de bancs plus massifs («Calcaires compacts stériles»). Ces niveaux correspondent probablement à la base de la Formation de Twannbach (Tithonien). La découverte de l'ammonite *Gravesia gigas* (Zieten), provenant d'un champ aux alentours de Chevenez, atteste d'une préservation de dépôts tithoniens dans la région (Pl. V.1a-b), mais les affleurements sont rares.

5. CADRE BIOCHRONOLOGIQUE DU KIMMÉRIDIEN DU JURA SEPTENTRIONAL

5.1. Biogéographie et zonation d'ammonites utilisée

Durant le Kimméridgien, les faunes d'ammonites présentent un provincialisme prononcé qui se traduit par la difficulté de corréler le Kimméridgien stratotypique à faunes d'ammonites boréales avec les successions kimméridgiennes téthysiennes à faunes mésogéennes (Tab. 3). D'un point de vue biogéographique, les domaines téthysien et boréal sont séparés par une aire de différenciation faunique, le biome franco-germanique (Énay, 1980; Hantzpergue, 1987), intermédiaire entre les provinces subméditerranéenne et subboréale. Le Jura septentrional appartient à cette aire de différenciation qui, en relation avec les variations du niveau des océans, possède une dynamique biogéographique rythmée par l'alternance d'influences téthysiennes ou boréales et par le développement épisodique de populations endémiques (Hantzpergue, 1991a, 1993, 1995). Ce contexte paléobiogéographique contraint à une démarche biostratigraphique particulière: niveau par niveau, chaque épisode faunique constitue un horizon régional (Horizon C1, C2, p. ex.), s'intégrant dans une échelle régionale qui sera ensuite, selon sa composition, corrélée à l'échelle biostratigraphique appropriée selon l'origine biogéographique des ammonites récoltées (Fig. 6 et Tab. 3).

Le Kimméridgien inférieur du Jura septentrional appartient ainsi à une aire de recouvrement et de différenciation faunique avec l'alternance d'influences boréales (incurSION des genres *Pictonia*, *Rasenia*, *Rasenioides*) et d'incurSIONS de faunes subméditerranéennes (*Physodoceras*, *Lithacosphinctes*, *Ardescia*, *Crussoliceras*), tandis que les éléments endémiques du haut-fond ouest-européen sont peu représentés (*Eurasenia*). Durant le Kimméridgien supérieur, les Aulacostephanidae subboréaux (*Aulacostephanus*) alternent avec de brèves lignées endémiques, soit d'origine boréale (*Pararasenia*), soit d'origine subméditerranéenne (*Orthaspidoceras*, *Aspidoceras* gr. *caletanum*, *Tolvericeras*). Cette dynamique biogéographique est similaire à celle reconnue pour l'ensemble des faunes d'ammonites du biome franco-germanique (Hantzpergue, 1989, p. 391; Hantzpergue, 1995) et l'échelle biostratigraphique établie pour les faunes d'ammonites du haut-fond ouest-européen (Hantzpergue, 1979, 1985, 1987, 1989; Hantzpergue *et al.*, 1997) paraît être la mieux adaptée pour caler les épisodes fauniques kimméridgiens du Jura septentrional (Tab. 3).

5.1.1. Zone à *Baylei* (Salfeld, 1913)

Horizon B1

Les dépôts de la partie basale de la Formation de Reuchenette n'ont livré aucune faune d'ammonites permettant d'identifier la zone à *Baylei* et de positionner précisément la limite Oxfordien–Kimméridgien. Cependant, l'uniformité des faciès sur une distance n'excédant pas une trentaine de kilomètres permet des corrélations lithostratigraphiques précises avec les assises du Kimméridgien de Montbéliard. Dans cette région, la présence de *Pictonia thurmanni* (Contejean) dans les «calcaires ptérocériens inférieurs» d'Abbévillers (Doubs) (Contejean, 1859, 1866; Hantzpergue, 1973; Contini & Hantzpergue, 1973; Hantzpergue, 1989), atteste la zone à *Baylei* dans des niveaux équivalents à la partie inférieure du Membre de Vabenau. Dans sa synonymie (Hantzpergue, 1989, p. 224), l'espèce de Contejean inclut *Pictonia normandiana* décrite postérieurement par Tornquist (1896). *Pictonia thurmanni* (Contejean) est associée à *Pictonia baylei* Salfeld, dans la partie supérieure des «Calcaires coquilliers» (zone à *Baylei*) de Normandie (Hantzpergue, 1989; Samson *et al.*, 1996) où elle définit un horizon bien individualisé de l'horizon sous-jacent à *Baylei* caractérisé par la seule présence de *P. baylei* Salfeld. Wright (2010) réfute cette synonymie entre *P. thurmanni* et *P. normandiana* en se référant à Schweigert et Callomon (1997) pour qui *P. thurmanni* et *P. perisphinctoides* (Wegele, 1929) seraient des éléments subméditerranéens de la zone à Planula. Cet opinion mérite d'être nuancée sachant désormais que les faunes du Membre de Vabenau livrent également des ammonites indubitablement subboréales [*Rasenia cymodoce* (d'Orb.), *R. evoluta* Spath] et que, d'un point de vue biostratigraphique, la corréla-

Tableau 3 : Localisation des épisodes fauniques d'Ajoie dans l'échelle biostratigraphique du Kimméridgien ouest-européen. B1 à G1 : épisodes d'ammonites en Ajoie. Biome franco-germanique d'après Hantzpergue (1979, 1985, 1987, 1989) et Hantzpergue *et al.* (1997). Province subméditerranéenne et Province subboréale d'après Przybylski *et al.* (2010), Wright (2010), Matyja & Wierzbowski (2000, 2003) et Schweigert & Callomon (1997).

Biome franco-germanique				
Etages	Horizons	Episodes d'Ajoie	Sous-zones	Zones
TITH.	Gigas	G1	Gigas	Gigas
	Catalaunicum	lacune	Irius	Autissiodo.
Irius	Autissiodorensis			
Lafauriana				
Autissiodorensis				
KIMMERIDGIEN SUPERIEUR	Yo	E5 E4 E3	Contejeani	Eudoxus
	Contejeani		Caletanum	
	Quercynum			
	Caletanum	E2	Orthocera	
	Calvescens			
	Hibridus	E1	Lallierianum	
	Orthocera			
	Schilleri	M3 M2	Lallierianum	
	Lallierianum			
	Mutabilis	M1	Mutabilis	
	Attenuatus			
	Desmonotus			
	Linealis			
KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR	Discoides	C5 C4	Chatellaillonensis	Cymodoce
	Chatellaillonensis			
	Askeptus			
	Manicata			
	Aulnisa			
	Pseudolictor	C3	Achilles	
	Achilles			
	Cymodoce	C2 C1	Cymodoce	
	Altenense			
	Virgatoides	B1	Rupellense	
	Rupellense			
Rupellense				
OXFORDIEN	Gigantoplex	B1	Grandiplex	Planula
	Grandiplex			
	Planula			
	Planula	B1	Bimammatum	
	Planula			
	Bimammatum			

Pr. subméditerranéenne		
Etages	Sous-zones	Zones
KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR	Uhlandi	Divisum
	Tenuicostata	
	Lothari	Hypselocyclum
	Hyppolitense	
	Guilherandense Desmoides	
	Polygratus	Platynota
OXFORDIEN SUP.	Galar	Planula
	Planula	
	Hauffianum	Bimammatum
	Bimammatum	
	Hypselum	

Pr. subboréale			
Sous-zones	Zones	Etages	
Rupellense	Cymodoce	KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR	
			Inconstans
Baylei	Baylei		
Densicostata			
Evoluta Pseudocordata	Pseudocordata	OXF.	

tion proposée par Wierbowski (1978), Wierbowski *et al.* (2006) puis, Przybylski *et al.* (2010), Wright (2010) et Ogg *et al.* (2012) place la partie supérieure de la zone à Planula en équivalence de la partie supérieure de la zone à Baylei («sous-zone à Normandiana» *sensu* Wright, 2010) ou que les corrélations fondées sur les cardiocerartidae (Schweigert & Callomon, 1997) mettent en parfaite équivalence les biohorizons à Planula de la zonation subméditerranéenne et à Normandiana (*rect.* Thurmanni) de la zonation subboréale.

5.1.2. Zone à Cymodoce (Douvillé, 1881)

Horizon C1

Dans la partie médiane du Membre de Vabenu (Couches du Creugenat), la présence des ammonites subméditerranéennes *Lithacosphinctes cf. janus* (Choffat) et *Physodoceras circumspinosum* (Oppel) (Pl. I, fig. 3-4) indique l'existence de la zone à Rupellense d'Orbigny,

1852 (emend. Hantzpergue, 1979), zone marquant la base du Kimméridgien dans le biome franco-germanique (Hantzpergue, 1989) et correspondant très probablement à la zone à Platynota de la zonation subméditerranéenne (Hantzpergue *et al.*, 1997). La corrélation proposée par Przybylski *et al.* (2010), Wright (2010) et Ogg *et al.* (2012) place la zone à Platynota en équivalence de la partie basale de la zone à Cymodoce.

Il paraît vraisemblable que l'horizon fossilifère à *Lithacosphinctes cf. janus* (Choffat) et *Physodoceras circumspinosum* (Oppel) marque un niveau chronostratigraphique situé dans la partie basale de la zone à Cymodoce de la province subboréale.

Horizon C2

L'incursion d'éléments typiquement boréaux est marquée par la présence de *Rasenia cymodoce* (d'Orbigny) (Pl. I, fig. 5a-b) et *Rasenia evoluta* Spath (Pl. I, fig. 7a-c), espèces caractéristiques de la sous-zone à Cymodoce.

Horizon C3

Eurasenia balteata (Schneid) (Pl. I, fig. 6a-b), et *Ardescia* cf. *pseudolictor* (Choffat) (Pl. I, fig. 1a-b) sont des éléments endémiques du biome franco-germanique. Peu fréquente, *E. balteata* (Schneid) est citée initialement, sous le nom d'*Ammonites cymodoce* d'Orb., dans les « Calcaires et Marnes à Ptérocères » de la région de Montbéliard [Contejean, 1859; *Rasenia balteata* (Schneid) in Contini & Hantzpergue, 1973]. Cette espèce est attribuée respectivement au Malm γ 2 par Schneid (1939-40) ou à la zone à Hypselocyclum par Gygi (2003). Différenciée à partir des faunes subméditerranéennes (Hantzpergue, 1991b), *A. pseudolictor* (Choffat) est mentionnée au Portugal, dans la partie supérieure de la zone à Platynota, et définit en Aquitaine un horizon de la sous-zone à Achilles (partie médiane de la zone à Cymodoce, Hantzpergue, 1989).

Horizon C4

La partie inférieure des Marnes du Banné livre une séquence faunique à *Rasenia* et *Rasenioides*. Avec *Rasenia* gr. *pseudoemela* (Tornquist) (Pl. II, fig. 4a-c), *Rasenia* sp. (Pl. II, fig. 3a-b) et *Rasenioides* cf. *chatellaillonensis* Hantzpergue (Pl. II, fig. 1a-c). Cette association indique la sous-zone à Chatellaillonensis, correspondant à la partie supérieure de la zone à Cymodoce (Hantzpergue, 1989).

Horizon C5

Espèce unique de cet horizon fossilifère, *Eurasenia gothica* (Schneid) (Pl. II, fig. 2a-c) est également citée dans les Calcaires à *Corbis* de la région de Montbéliard (Contejean, 1859, 1866; Contini & Hantzpergue, 1973). Selon Gygi (2003), *E. gothica* (Schneid) est localisée dans le Malm γ 2. Toutefois, l'espèce occupe une position élevée dans le Kimméridgien inférieur des régions de Porrentruy et de Montbéliard. Elle se localise probablement dans la partie terminale de la sous-zone à Chatellaillonensis ou possède une extension de γ 2 à γ 3.

La partie inférieure (faciès crayeux) des Calcaires à *Corbis* de la carrière de la Baume à Audincourt (Doubs, F) a également livré *Crussoliceras dubisense* Énay (Énay *et al.*, 2014), espèce attribuée à la zone à Divisum, ce qui confirme la position d'*Eurasenia gothica* (Schneid) dans la zone à Divisum, c'est-à-dire dans la partie terminale de la zone à Cymodoce.

5.1.3. Zone à Mutabilis (Salfeld, 1913) (emend. Hantzpergue, 1987)**Horizon M1**

Le sommet du niveau 1900 (Membre de Courtedoux, Calcaires à *Corbis*) a livré un unique exemplaire de *Progeronia bruntrutense* n. sp. (Pl. III, fig. 9a-b) (cf. § 5.2.). Cette ammonite se différencie par de nombreux caractères des *Lithacosphinctes* du groupe de *L. achilles* (d'Orbigny) de la zone à Cymodoce sous-jacente. Elle

présente en revanche des affinités avec les *Perisphinctinae* récoltées au sommet de la zone à Divisum et dans la zone à Acanthicum du Jura méridional (Hantzpergue, 1975) caractérisée notamment par l'acmé des *Progeronia* du groupe de *P. breviceps* (Quenstedt) et par de grandes formes macroconques inédites [« *L. (Lithacosceras)* n. sp. A., B. et C » in Hantzpergue, 1975]. Il paraît vraisemblable que *Progeronia bruntrutense* n. sp. s'intègre dans cette séquence faunique repérée dans la zone à Acanthicum de la zonation subméditerranéenne. Cet horizon M1 précède par ailleurs l'horizon à Lallierianum (cf. M2, ci-dessous), ce qui le cantonnerait dans l'équivalence de la sous-zone à Mutabilis.

Horizon M2

Strictement limité au niveau 2200 du Membre de Chevenez (Marnes à *virgula* inférieures), l'horizon à Lallierianum d'Orbigny, 1842 (emend. Hantzpergue, 1979) est monospécifique. L'espèce indice y est représentée par son couple dimorphique (Pl. III, fig. 7a-b : microconque; Pl. III, fig. 11a-b : macroconque). L'horizon à Lallierianum marque la base de la sous-zone à Lallierianum (zone à Mutabilis).

Horizon M3

Très fossilifère, l'horizon à Schilleri (Hantzpergue, 1979) s'étend du niveau 2450 (Pl. III, fig. 5) au niveau 4000 du Membre de Chevenez (Marnes à *virgula* inférieures). L'espèce indice, *Orthaspidoceras schilleri* (Oppel) (Pl. III, fig. 8a-b), est représentée par son couple dimorphique et présente une variabilité morphologique allant de formes à section déprimée (Pl. III, fig. 2a-c; Pl. III, fig. 6a-b) à des variants dont la section est étroite (Pl. III, fig. 5a-c). Cet horizon (sous-zone à Lallierianum) marquant le sommet de la zone à Mutabilis associe également *Aulacostephanus* cf. *mutabilis* f. *eulepidus* (Schneid) (Pl. III, fig. 10a-b), caractéristique de la zone à Mutabilis, et *Tolvericeras* gr. *sevogodense* (Contini & Hantzpergue) (Pl. III, fig. 4a-b) dont l'acmé se situe dans la zone à Eudoxus (Contini & Hantzpergue, 1975).

5.1.4. Zone à Eudoxus (Neumayr, 1873)**Horizon E1**

Dans les Marnes à *virgula* inférieures, une surface remarquable d'érosion et de condensation (sommet du niveau 4000) livre quelques exemplaires d'*Orthaspidoceras orthocera* (d'Orbigny) (Pl. III, fig. 1a-b) et présente une forte corrosion et des encroûtements. Ce niveau condensé est également représenté dans le Kimméridgien supérieur de Montbéliard (niveau Ba 31 de la carrière de la Baume à Audincourt, cf. Contini & Hantzpergue, 1973, p. 144). L'horizon à *Orthocera* (Loriol *et al.*, 1872, emend. Hantzpergue, 1979), marque la base de la sous-zone à *Orthocera* (Loriol *et al.*, 1872, emend. Hantzpergue, 1979) et de la zone à Eudoxus.

Horizon E2

Le niveau 4500, dans les Marnes *virgula* inférieures, livre *Aspidoceras caletanum* (Oppel) (Pl. IV, fig. 2a-b) associée à *Pararosenia* cf. *hibridus* Ziegler (Pl. IV, fig. 6a-b; Pl. IV, fig. 8a-b).

En Aquitaine et dans le bassin de Paris, un horizon à Hibridus (Hantzpergue, 1987) se localise dans la sous-zone à Orthocera, dans la partie inférieure de la zone à Eudoxus où l'espèce indice est associée à *Aulacostephanus pinguis* Ziegler (Hantzpergue *et al.*, 1997). En Ajoie, l'apparition d'*Aspidoceras caletanum* (Oppel) paraît plus précoce tandis qu'*Aulacostephanus pinguis* Ziegler, absente à ce niveau, n'apparaît que plus tardivement dans l'horizon E3.

Horizon E3

Le niveau 5000 des Marnes à *virgula* inférieures livre *Aulacostephanus eudoxus* (d'Orbigny) (Pl. IV, fig. 1a-b; Pl. IV, fig. 3a, b), *Aspidoceras caletanum* (Oppel) (Pl. IV, fig. 4a-b : microconque et Pl. IV, fig. 5a-b : macroconque), *Pararosenia* cf. *hibridus* Ziegler (Pl. IV, fig. 7a-b; Pl. IV, fig. 9a-b) et *Aulacostephanus pinguis* Ziegler (Pl. IV, fig. 10a-b; Pl. IV, fig. 11a-b). L'apparition d'*Aulacostephanus eudoxus* (d'Orbigny) et son association à *Aspidoceras caletanum* (Oppel) marquent généralement la base de la sous-zone à Caletanum (Loriol *et al.*, 1872, emend. Hantzpergue, 1979) (zone à Eudoxus, Neumayr, 1873). Il faut toutefois noter la persistance en Ajoie de *Pararosenia hibridus* Ziegler et d'*Aulacostephanus pinguis* Ziegler, espèces caractéristiques de l'horizon à Hibridus sous-jacent (cf. horizon E2).

Horizon E4

L'association, à la base des Calcaires à coraux (niveau 6000), d'*Aulacostephanus* cf. *pseudomutabilis* (de Loriol) (Pl. V, fig. 6a-b), d'*Aulacostephanus* gr. *eudoxus* (d'Orbigny) (Pl. V, fig. 7a-b) et de *Tolvericeras* aff. *sevogradense* (Contini & Hantzpergue) (Pl. V, fig. 8a-b), peu significative en elle-même, semble indiquer la sous-zone à Caletanum en dépit de l'absence de l'espèce indice qui réapparaît dans l'horizon E5.

Horizon E5

Sur une épaisseur estimée à 14 m, les Marnes à *virgula* supérieures ont livré un matériel mal horizonté permettant d'identifier successivement la sous-zone à Caletanum avec *Aspidoceras caletanum* (Oppel) (Pl. V, fig. 3a-b : macroconque ; Pl. V, fig. 5a-b : microconque) puis la sous-zone à Contejeani (Contini & Hantzpergue, 1975) avec *Aspidoceras quercynum* Hantzpergue (Pl. V, fig. 2a-b) et *Aulacostephanus contejeani* (Thurmann) (Pl. V, fig. 4a-b). Cette dernière espèce permet une bonne corrélation avec l'horizon à Contejeani (Contini & Hantzpergue, 1973, 1975) défini dans les Calcaires et marnes à virgules supérieurs de la région de Montbéliard, d'où provient l'holotype d'*A. contejeani* (Pl. V, fig. 9a-b).

5.1.5. Zones à *Autissiodorensis* Ziegler, 1961 (emend. Hantzpergue, 1987) et à *Gigas* (de Loriol, Royer, Tombeck, 1872)

Horizon G1

Aucune ammonite n'atteste, à ce jour, la présence de la zone à *Autissiodorensis* Ziegler dans la région de Porrentruy, les niveaux marneux du Kimméridgien terminal étant vraisemblablement érodés ou ne présentant pas d'affleurements favorables à la collecte de fossiles. Toutefois, un seul spécimen de *Gravesia gigas* (Zieten) (Pl. V, fig. 1a-b) montre que localement, aux alentours de Chevenez, des lambeaux de Tithonien inférieur sont effectivement préservés.

5.2. Paléontologie systématique***Progeronia bruntrutense* nov. sp.***

Pl. III, fig. 9a-b

? 1975. *Lithacoceras* (*Lithacoceras*) n. sp. B: Hantzpergue (1975), p. 164, pl. 21. b-c, pl. 36.a.

Holotype: TCH007-93, coll. PAL A16, *description P. Hantzpergue.

Derivatio nominis: de la localité de Porrentruy (Pruntrut en allemand, les habitants sont appelés les Bruntrutains).

Locus typicus: Courtedoux (Jura, Suisse).

Stratum typicum: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, Calcaires à *Corbis*, épisode M1, sommet du niveau 1900, zone à *Mutabilis*, sous-zone à *Mutabilis*.

Matériel étudié: TCH007-93, coll. PAL A16.

Position stratigraphique: Récoltée dans la partie supérieure du Membre de Courtedoux, équivalent latéral des Calcaires à *Corbis* de Montbéliard datés dans leur partie inférieure (faciès crayeux) de la zone à *Divisum* par *Crussoliceras dubisensis* Énay, 2014 et *Eurasenia gothica* (Schneid), *Progeronia bruntrutense* nov. sp. précède en Ajoie l'horizon à *Lallierianum* (sous-zone à *Lallierianum*). Il paraît alors probable qu'elle provienne de la sous-zone à *Mutabilis*, intervalle peu fossilifère entre la zone à *Divisum* et la sous-zone à *Lallierianum*.

Diagnose: *Progeronia* macroconque de grande taille (atteignant 350 mm de diamètre), relativement évolutive, tours peu recouvrant (au quart de la hauteur), section ovalaire subquadrangulaire, aire ventrale arrondie et ombilic peu profond. Trois principaux stades ornementaux :
- nombreuses côtes primaires rectiradiées (probablement bifurquées) dans les tours internes ;
- côtes primaires faiblement prosiradiées, progressivement espacées (probablement tri- ou quadrifurquées) jusqu'en fin de phragmocône ;
- côtes unitaires massives sur la loge d'habitation.

Description: TCH007-93, unique spécimen permettant de décrire cette nouvelle espèce, est un moule interne de grande taille (345 mm) (Tab. 4), cloisonné jusqu'à un diamètre de 220 mm, la loge d'habitation occupant

sphinctes avec pour espèce type *A. breviceps* Quenstedt, 1887 (pl. 103.2), microconque typique pourvu d'apophyses jugales.

Cependant, *Progeronia* fut classiquement considérée comme sous-genre microconque de *Lithacoceras* Hyatt, 1900 (espèce type *A. ulmensis* Oppel, 1858) (Geyer, 1961; Donze & Énay, 1961; Énay, 1966; Schairer, 1974; Hantzpergue, 1975) ou regroupant les dimorphes (Bantz, 1970; Wierzbowski, 1978). En l'absence de formes intermédiaires entre le Kimméridgien moyen (gr. *progeron-breviceps*) et le Tithonien basal (gr. *ulmensis*), l'usage du genre *Progeronia* est à réserver aux formes du Kimméridgien moyen tandis que *Lithacoceras* doit être limité à celles du Tithonien.

6. CORRÉLATIONS ENTRE AJOIE ET PAYS DE MONTBÉLIARD (FIG. 8)

Depuis le travail fondamental de Contejean (1859), aucune corrélation transfrontalière n'a été proposée entre les dépôts kimméridgiens d'Ajoie et du Pays de Montbéliard. Distants d'une vingtaine de kilomètres, ces deux secteurs appartiennent à une aire paléogéographique uniforme, comme l'atteste la répartition commune des faciès se superposant au cours du Kimméridgien. La succession d'épisodes à ammonites nouvellement reconnue dans la région de Porrentruy complète et précise le cadre biostratigraphique du Kimméridgien dans le Jura septentrional (Tab. 1; Fig. 8).

6.1. Kimméridgien

Comme sur les marges des bassins d'Aquitaine et de Paris, la sédimentation kimméridgienne du Jura septentrional est marquée par trois phases majeures d'apports terrigènes correspondant respectivement, dans les régions de Montbéliard et de Porrentruy :

1. aux Marnes à ptérocères ou Marnes du Banné;
2. aux Calcaires et marnes à *N. virgula* inférieurs ou Marnes à *virgula* inférieures;
3. aux Calcaires et marnes à *N. virgula* supérieurs ou Marnes à *virgula* supérieures.

Le premier niveau, daté dans la région de Montbéliard par *Pachypictonia indicatoria* Schneid et *Eurasenia balteata* (Schneid) (Fig. 8. horizon 1), trouve, dans la zone à Cymodoce, une équivalence biostratigraphique avec les épisodes C3 à C5 du Membre du Banné.

Dans les deux localités, la base du second niveau est soulignée par un niveau condensé associant *Orthaspidoceras schilleri* (Opp.) et *O. orthocera* (d'Orb.), cette discontinuité marquant la limite entre les zones à Mutabilis et à Eudoxus.

Le troisième niveau avec *Aspidoceras quercynum* Hantzpergue et *Aulacostephanus contejeani* (Thurmann) livre une faune élevée dans la zone à Eudoxus, dans la région

de Montbéliard (Fig. 8. horizon 5) ainsi qu'en Ajoie (épisode E5).

S'intercalant entre ces phases terrigènes, les assises carbonatées livrent une faune d'ammonites plus occasionnelle :

- l'épisode B1, à *Pictonia thurmanni* (Contejean), individualisé dans la partie inférieure des Calcaires à ptérocères inférieurs de la région de Montbéliard, n'a pas été formellement reconnu dans leur équivalent lithologique, les Calcaires à *Thalassinoides* d'Ajoie;
- les épisodes C1 et C2, marquant la base de la zone à Cymodoce dans la partie inférieure des Couches du Creugenat, ne sont pas représentés dans le Montbéliardais, limitant les corrélations, pour le moment, à une unique approche lithostratigraphique;
- la faune des calcaires crayeux (partie inférieure des Calcaires à *Corbis*, Fig. 8. horizon 2), avec *Crussoliceras dubisense* Énay (Énay et al., 2014) et *Eurasenia gothica* (Schneid), marque la partie terminale de la zone à Cymodoce et permet de positionner la limite Kimméridgien inférieur-supérieur au sein des Calcaires à *Corbis* et, par équivalence lithostratigraphique, dans la barre carbonatée supérieure du Membre de Courtedoux;
- dans la zone à Eudoxus, les ammonites font exception dans les faciès subrécifaux (Calcaires à *Diceras*, Calcaires à coraux, Calcaires blancs). L'épisode E4 attribuable à la sous-zone à Caletanum souligne, à cet instant, la généralisation des environnements récifaux et périrécifaux à l'ensemble de la plate-forme jurassienne (Énay, 1965, 2000).

6.2. Kimméridgien terminal–Tithonien basal

Dans le pays de Montbéliard, les assises « portlandiennes » ont été décrites, préservées dans un compartiment effondré, aux environs de Sourans (Contini, 1976), à une trentaine de kilomètres à l'ouest de Porrentruy. Comme sur l'ensemble de la Franche-Comté septentrionale, trois unités lithologiques ont été reconnues, de bas en haut :

- calcaires crayeux lités (atteignant une dizaine de mètres d'épaisseur), surmontant les Calcaires et marnes à *N. virgula* supérieurs;
- calcaires à tubulures (50 à 80 m), avec à la base une vire marneuse livrant *Gravesia irius* (d'Orb.) (zone à Autissiodorensis, sous-zone à *Irius*, Fig. 8. horizon 6), puis une faune de la zone à Gigas (Fig. 8. horizon 7) avec *G. gigas* (Zieten) et *G. gravesiana* (d'Orb.). La limite Kimméridgien–Tithonien se localise donc dans la partie inférieure des Calcaires à tubulures, au-dessus de la vire à *G. irius* (Hantzpergue, 1983; Schweigert, 1993);
- calcaires laminés dolomitiques (3 à 7 m).

Il paraît donc très vraisemblable qu'en Ajoie, la transition Kimméridgien–Tithonien soit très comparable

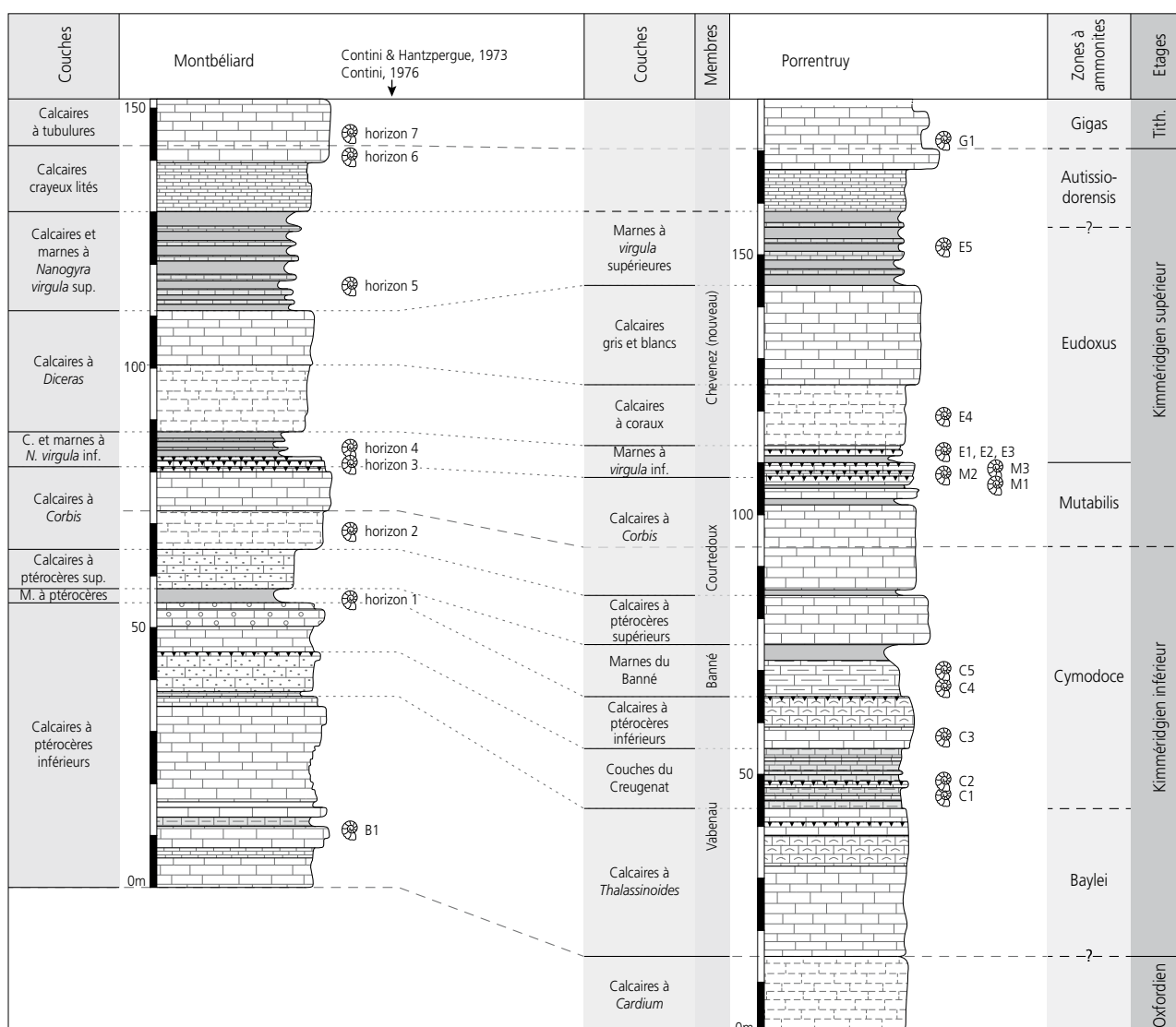


Fig. 8: Corrélations litho- et biostratigraphiques des assises kimméridgiennes entre l'Ajoie et le Pays de Montbéliard. Légende cf. Fig. 4.

à celle observée à Sourans, l'uniformité paléogéographique constatée pour les dépôts kimméridgiens du Jura septentrional perdurant au Tithonien inférieur. Surmontant les Calcaires et marnes à *N. virgula* supérieurs, le développement des faciès carbonatés est isochrone sur l'ensemble de la plate-forme jurassienne. Cette même transition s'observe dans le Jura central suisse et dans le Jura méridional français (Bläsi, 1980; Rameil, 2005) où, sous l'appellation de Marnes des Abergements (Bernier, 1984), cette ultime récurrence marneuse précède les Couches du Chailley qui ont livré *Gravesia irius* (d'Orb.) (zone à *Autissiodorensis*), puis *Gravesia gigas* (Zieten) et *Gravesia gravesiana* (d'Orb.) (zone à *Gigas*) (Énay, 1966).

7. CONCLUSION

Les faunes d'ammonites et l'analyse des faciès ont permis de préciser le cadre stratigraphique du Kimméridgien de l'Ajoie. Plusieurs périodes d'érosion ou de condensation ont été mises en évidence, notamment dans les membres de Courtedoux et de Chevenez. Le hardground 4000, dans les Marnes à *virgula* inférieures, est ainsi caractérisé par une lacune temporelle correspondant environ à la durée de l'horizon à *Orthocera*. La nouvelle espèce *Progeronia bruntrutense* nov. sp. est définie dans la partie supérieure du Membre de Courtedoux, équivalent latéral des Calcaires à *Corbis* de Montbéliard datés, dans leur partie inférieure (faciès crayeux) de la zone à *Divisum*. Le Jura septentrional est une région clef pour établir des correspondances entre les grandes provinces paléobiogéographiques du Jurassique supérieur: les treize épi-

sodes à ammonites reconnus en Ajoie sont positionnés dans l'échelle biochronologique du biome franco-germanique, zone de recouvrement des faunes d'ammonites boréales et téthysiennes.

Lors de la sédimentation kimméridgienne, trois phases majeures d'apports terrigènes ont été documentées dans les régions de Montbéliard et de Porrentruy. Il s'agit successivement des Marnes du Banné, des Marnes à *virgula* inférieures et des Marnes à *virgula* supérieures. Les assises kimméridgiennes présentent des faunes fossiles et des faciès relativement semblables de part et d'autre de la frontière. Toutefois, dans la région de Montbéliard, la série est légèrement moins épaisse, un peu plus argileuse et sans indices d'émersions découverts à ce jour ; la plate-forme paraissant légèrement plus profonde et/ou plus éloignée des terres émergées.

La révision paléontologique des faunes (bivalves, ammonites) et les corrélations transfrontalières ont démontré qu'en dépit de quelques lacunes bien définies, les conditions environnementales (sédimentation carbonatée, apports siliciclastiques, climat, morphologie de plate-forme, subsidence) ont été suffisamment stables pour permettre un enregistrement sédimentaire quasi continu. Cette étude stratigraphique synthétique de l'étage Kimméridgien du Jura septentrional est désormais une base pour aborder, dans un cadre biochronologique de haute résolution, l'évolution sédimentaire du Jurassique supérieur, par des analyses complémentaires (microfaciès, évolution des cortèges argileux, micropaléontologie, stratigraphie séquentielle et cyclostratigraphie), ainsi que pour établir des corrélations précises entre les différentes coupes régionales levées depuis 1999. Les fouilles autoroutières ont aussi livré quantité de fossiles dont certains groupes sont à étudier (brachiopodes, microfossiles, crinoïdes entre autres).

REMERCIEMENTS

Cette étude a été possible grâce à de multiples discussions et riches collaborations avec de nombreux collègues. Nous remercions toute l'équipe de la Paléontologie A16, en particulier Olivier Noaillon et Bernard Migy pour la réalisation des planches et Yves Maître pour les figures. Afin d'identifier les espèces, la préparation a été effectuée par Fritz Furrer (PräpGem, Zuzwil) et Joseph Noirjean. Un grand merci à l'équipe de JURASSICA à Porrentruy, ainsi qu'à Bernhard Hostettler de la Fondation paléontologique jurassienne à Glovelier pour l'accès à ses collections. Merci aux rapporteurs Dr Nicolas Olivier et Prof. André Strasser pour les retours positifs et constructifs qui ont amélioré le manuscrit. L'Office fédéral des routes (à 95%) et la République et Canton du Jura (à 5%) ont financé cette étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allenbach R. 2000. Synsedimentary tectonics during the Oxfordian of northern Switzerland. Thèse Université de Bâle (inédit): 1-91.
- Ammon L. von. 1875. *Die Jura-Ablagerungen zwischen Regensburg und Passau*. Th. Ackermann, München, 200 pp.
- Anquetin J., Püntener C. & Billon-Bruyat J.-P. 2015. *Portlandemys gracilis* n. sp., a new coastal marine turtle from the Late Jurassic of Porrentruy (Switzerland) and a reconsideration of Plesiochelyid cranial anatomy. *PLoS ONE*, 10: 6
- Arkell W. J. 1929-1937. The Corallian Lamellibranchia. *Monograph of the Palaeontographical Society*, Part 1 (1929): 1-72, Part 2 (1930): 73-104, Part 3 (1931): 105-132, Part 4 (1932): 133-180, Part 5 (1933): 181-228, Part 6 (1934a): 229-276, Part 7 (1934b): 277-324, Part 8 (1935): 325-350, Part 9 (1936): 351-376, Part 10 (1937): 377-392.

Planche I

- Fig. 1a, b: *Ardescia* cf. *pseudolictor* (Choffat, 1893): échelle 1:3, échantillon CLB007-5, collection PAL A16, Bressaucourt, Formation de Reuchenette, Membre de Vabenau, Calcaires à ptérocères inférieurs, épisode C3, zone à Cymodoce, sous-zone à Achilles.
- Fig. 2a, b: *Rasenia evoluta* Spath, 1935: diamètre 214 mm, échelle 1:3, échantillon Collège de Delémont, collection MJSN, Delémont, Formation de Reuchenette, Membre de Vabenau, Couches du Creugenat, épisode C2, zone à Cymodoce, sous-zone à Cymodoce.
- Fig. 3a, b: *Lithacosphinctes* cf. *janus* (Choffat, 1893): échelle 1:3, échantillon collection FPJ, Fontenais, Formation de Reuchenette, Membre de Vabenau, Couches du Creugenat, épisode C1, zone à Cymodoce, sous-zone à Cymodoce.
- Fig. 4a, b: *Physodoceras circumspinosum* (Oppel, 1863): diamètre 75 mm, échelle 1:3, échantillon collection FPJ, Courgenay, Formation de Reuchenette, Membre de Vabenau, Couches du Creugenat, épisode C1, zone à Cymodoce.
- Fig. 5a, b: *Rasenia cymodoce* (d'Orbigny, 1847): diamètre 208 mm, échelle 1:3, échantillon S 515, collection MJSN, Porrentruy, Formation de Reuchenette, Membre de Vabenau, Couches du Creugenat, épisode C2, zone à Cymodoce, sous-zone à Cymodoce.
- Fig. 6a, b: *Eurasenia balteata* (Schneid, 1939): diamètre 120 mm, échelle 1:3, échantillon FS201, collection MJSN, Seloncourt (F), Formation de Reuchenette, Membre de Vabenau, Calcaires à ptérocères inférieurs, épisode C3, zone à Cymodoce, sous-zone à Achilles.
- Fig. 7a, b, c: *Rasenia evoluta* Spath, 1935: diamètre 287 mm, échelle 1:3, échantillon DLG000-1, collection PAL A16, Coeuve, Formation de Reuchenette, Membre de Vabenau, Couches du Creugenat, épisode C2, zone à Cymodoce, sous-zone à Cymodoce.



1a



1b



2a



2b



4a



4b



3a



3b



5a



5b



6a



6b



7a



7b



7c

3 cm

- Arkell W. J. 1953. Seven New Genera of Jurassic Ammonites. *Geological Magazine*, 90 : 36-40.
- Atrops F. 1982. La sous-famille des Ataxioceratinae (Ammonitina) dans le Kimméridgien inférieur du Sud-Est de la France. Systématique, évolution, chronostratigraphie des genres *Orthosphinctes* et *Ataxioceras*. *Documents des Laboratoires de géologie de la Faculté des sciences de Lyon*, 83 : 463 pp.
- Bantz H.-U. 1970. Der Fossilinhalt des Treuchtlinger Marmors (Mittleres Unter-Kimmeridge der Südlichen Frankenalb). *Erlanger geologische Abhandlungen*, 82 : 86 pp.
- Barker M. J. 1990. The palaeobiology of Nerinean gastropods. *Historical biology*, 3 : 249-264.
- Bernier P. 1984. Les formations carbonatées du Kimméridgien et du Portlandien dans le Jura méridional. Stratigraphie, micropaléontologie, sédimentologie. *Documents des Laboratoires de géologie de la Faculté des sciences de Lyon*, 92 : 883 pp.
- Bläsi H. 1980. Die Ablagerungsverhältnisse im «Portlandien» des schweizerischen und französischen Juras. Thèse Université de Berne (inédit) : 1-151.
- Braillard L. 2006. Rôles de la tectonique et de la stratigraphie dans la formation des vallées sèches de l'Ajoie (JU-Suisse). *Actes de la Société jurassienne d'Emulation*, 108 : 33-65.
- Buvignier A. 1852. *Statistique géologique, minéralogique, minéralurgique et paléontologique du département de la Meuse*. Baillière, Paris, 694 pp.
- Cariou E., Olivier N., Pittet B., Mazin J.-M. & Hantzpergue P. 2014. Dinosaur track record on a shallow carbonate-dominated ramp (Loulle section, Late Jurassic, French Jura). *Facies*, 60 (1) : 229-253.
- Chevalier T. 1989. Les formations carbonatées de la séquence ptérocérienne (Kimméridgien pars) dans le Jura français et les régions voisines. Thèse Université de Lyon I (inédit), *Cahiers de l'Institut catholique de Lyon*, série Sciences, 2 : 1-194.
- Cole A. R. & Palmer T. J. 1999. Middle Jurassic worm borings, and a new giant ichnospecies of *Trypanites* from the Bajocian/Dinantian unconformity, southern England. *Proceedings of the Geologists' Association*, 110 (3) : 203-209.
- Colombié C. 2002. Sédimentologie, stratigraphie séquentielle et cyclostratigraphie du Kimméridgien du Jura suisse et du Bassin vocontien (France) : relations plate-forme - bassin et facteurs déterminants. *GeoFocus*, Fribourg, 4 : 198 pp.
- Colombié C. & Rameil N. 2007. Tethyan-to-boreal correlation in the Kimmeridgian using high-resolution sequence stratigraphy (Vocontian Basin, Swiss Jura, Boulonnais, Dorset). *International Journal of Earth Sciences*, 96 (3) : 567-591.
- Colombié C. & Strasser A. 2005. Facies, cycles, and controls on the evolution of a keep-up carbonate platform (Kimmeridgian, Swiss Jura). *Sedimentology*, 52 (6) : 1207-1227.
- Comment G., Ayer J. & Becker D. 2011. Deux nouveaux membres lithostratigraphiques de la Formation de Reuchenette (Kimméridgien, Ajoie, Jura suisse) – Nouvelles données géologiques et paléontologiques acquises dans le cadre de la construction de l'autoroute A16 (Transjurane). *Bulletin Suisse de Géologie appliquée*, 16 (1) : 3-24.
- Comment G. & Paratte G. 2013. Géologie et paléontologie en Ajoie : prospection dans des couches jurassiques. *Actes de la Société jurassienne d'Emulation*, 116 : 17-46.
- Contejean C. L. 1859. Etude de l'étage kimméridgien dans les environs de Montbéliard et dans le Jura. *Mémoires de la Société d'Emulation du Doubs*, 3^e série, 4 : 1-352.
- Contejean C. L. 1866. Etude de l'étage kimméridgien dans les environs de Montbéliard - Additions et rectifications. *Mémoires de la Société d'Emulation de Montbéliard*, 2^e série, 3 : 539-566.
- Contini D. 1976. Le Portlandien en Franche-Comté septentrionale. *Annales scientifiques de l'Université de Besançon*, 3^e série, 26 : 1-18.
- Contini D. & Hantzpergue P. 1973. Le Kimméridgien de la région de Montbéliard. *Annales scientifiques de l'Université de Besançon*, 3^e série, 18 : 143-179.
- Contini D. & Hantzpergue P. 1975. Le Kimméridgien de Haute-Saône. *Annales scientifiques de l'Université de Besançon*, 3^e série : 23-37.
- Cox L. R. 1925. The fauna of the basal shell-bed of the Portland Stone, Isle of Portland. *Proceedings of the Dorset Natural History and Antiquarian Field Club*, 46 : 113-172.
- Cox L. R. 1929. A synopsis of the Lamellibranchia and Gastropoda of the Portland Beds of England. Part I - Lamellibranchia. *Proceedings of the Dorset Natural History and Antiquarian Field Club*, 50 : 131-202.
- Dauwalder P. & Remane J. 1979. Etude du Banc à Nérinées à la limite «Kimmeridgien-Portlandien» dans le Jura Neuchâtelais méridional. *Paläontologische Zeitschrift*, 53 (3) : 163-181.
- Desor E. & Gressly A. 1859. Etudes géologiques sur le Jura neuchâtelais. *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, 4 : 1-159.
- Donze P. & Énay R. 1961. Les Céphalopodes du Tithonique inférieur de la Croix-de-Saint-Concours près Chambéry

 Planche II

- Fig. 1a, b, c : *Rasenioides cf. chatelailloensis* Hantzpergue, 1987 : diamètre 153 mm, échelle 1 : 2, échantillon VTT001-4147, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre du Banné, Marnes du Banné, épisode C4, niveau 200 B, zone à Cymodoce, sous-zone à Chatelailloensis.
- Fig. 2a, b, c : *Eurasenia gothica* (Schneid, 1939) : diamètre 204 mm, échelle 1 : 2, échantillon VTT006-220, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre du Banné, Marnes du Banné, épisode C5, niveau 700 B, zone à Cymodoce, sous-zone à Chatelailloensis.
- Fig. 3a, b : *Rasenia* sp. : échelle 1 : 1, échantillon ECH003-23, collection PAL A16, Bressaucourt, Formation de Reuchenette, Membre du Banné, Marnes du Banné, épisode C4, niveau 200 B, zone à Cymodoce, sous-zone à Chatelailloensis.
- Fig. 4a, b, c : *Rasenia* gr. *pseudoeumela* (Tornquist, 1896) : microconque, diamètre 43 mm, échelle 1 : 1, échantillon VTT001-202, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre du Banné, Marnes du Banné, épisode C4, niveau 200 B, zone à Cymodoce, sous-zone à Chatelailloensis.



1a



1b



1c



2a



2b



2c



3a



3b



4a



4b



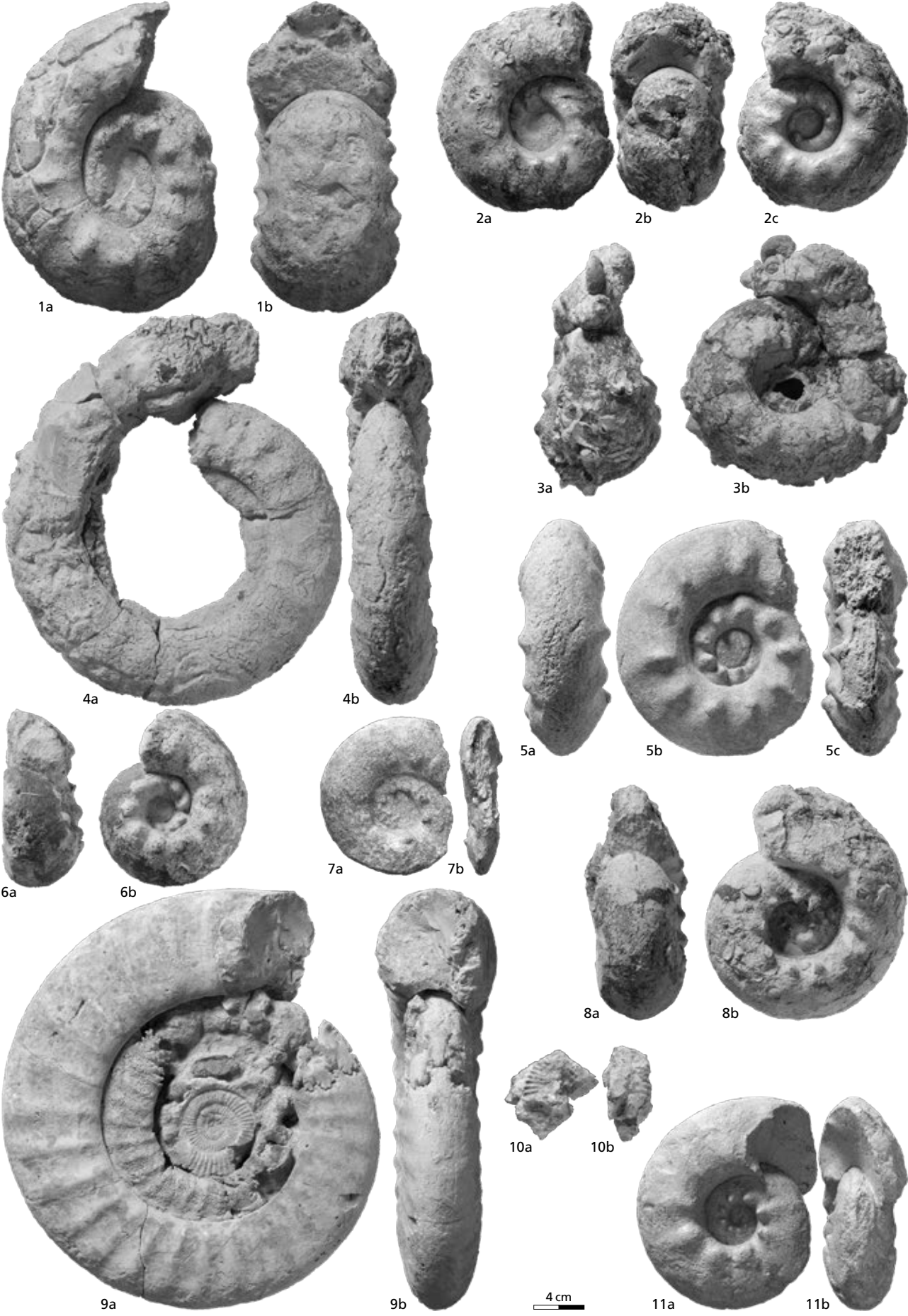
4c



- (Savoie). *Travaux du Laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de Lyon*, 7: 236 pp.
- Douvillè R. 1881. Note sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le Bassin de Paris et sur le terrain corallien en particulier. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, 9: 439-474.
- Dunham R.J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W.E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate rocks*. A.A.P.G., Tulsa, 108-121.
- Dupraz C. 1999. Paléontologie, paléoécologie et évolution des faciès récifaux de l'Oxfordien Moyen-Supérieur (Jura suisse et français). *GeoFocus*, Fribourg, 3: 200 pp.
- Énay R. 1965. Les formations coralliennes de Saint-Germain-de-Joux (Ain). *Bulletin de la Société géologique de France*, 7^e série, 7: 23-31.
- Énay R. 1966. Le genre *Gravesia* (Ammonitina jurassique) dans le Jura français et les chaînes subalpines. *Annales de Paléontologie*, 52 (1): 96-105.
- Énay R. 1980. Paléobiogéographie et ammonites jurassiques: «rythmes fauniques» et variations du niveau marin: voies d'échanges, migrations et domaines biogéographiques. In: *Livre jubilaire du cent cinquantième, 1830-1980*. Société géologique de France, Paris, 261-281.
- Énay R. 2000. Recalage biostratigraphique et nouvelles datations de surfaces d'émergence du Kimméridgien-Tithonien dans le Jura méridional et conséquences sur leur interprétation séquentielle. *Bulletin de la Société géologique de France*, 171 (6): 665-671.
- Énay R., Contini D. & Boullier A. 1988. Le Séquanien-type de Franche-Comté (Oxfordien supérieur): datations et corrélations nouvelles, conséquences sur la paléogéographie et l'évolution du Jura et régions voisines. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 81 (2): 295-363.
- Énay R., Gallois R. & Etches S. 2014. Origin of the Kimmeridgian-Tithonian Boreal perisphinctid faunas: migration and descendants of the Tethyan genera *Crussoliceras* and *Garniersphinctes*. *Revue de Paléobiologie*, 33 (2): 299-377.
- Folk R.L. 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: Ham W.E. (Ed.), *Classification in carbonate rocks*. American association of petroleum geologists, 62-84.
- Fosso Menkem E. 2007. Le Kimméridgien inférieur dans la région de Porrentruy (Jura suisse): Sédimentologie, stratigraphie séquentielle et cyclostratigraphie. Master Université de Fribourg (inédit): 1-63.
- Francis A. O. & Hallam A. 2003. Ecology and evolution of Jurassic trigoniid bivalves in Europe. *Lethaia* 36 (4): 287-304.
- Fürsich F. T. 1977. Corallian (Upper Jurassic) marine benthic associations from England and Normandy. *Palaeontology*, 20 (2): 337-385.
- Fürsich F. T. & Werner W. 1986. Benthic associations and their environmental significance in the Lusitanian Basin (Upper

 Planche III

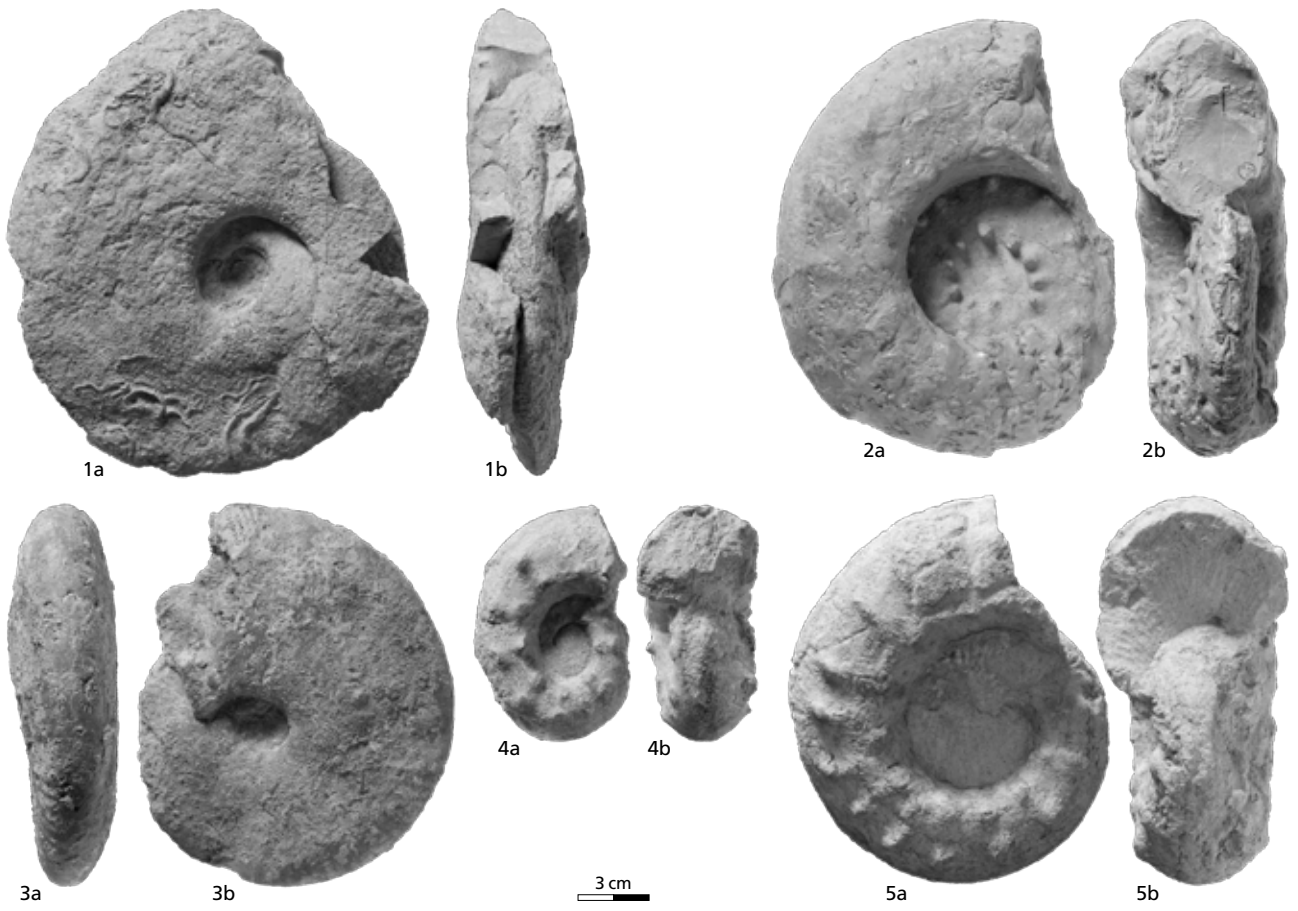
- Fig. 1a, b: *Orthaspidoceras orthocera* (d'Orbigny, 1848): diamètre 244 mm, échelle 1:4, échantillon TCH005-278, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M3-E1, niveau condensé 4000, zone à Eudoxus, sous-zone à Orthocera, horizon à Orthocera.
- Fig. 2a, b, c: *Orthaspidoceras schilleri* (Oppel, 1863): variant à section déprimée, diamètre 168 mm, échelle 1:4, échantillon SLC000-1, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M3-E1, niveau condensé 4000, zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum, horizon à Schilleri.
- Fig. 3a, b: *Orthaspidoceras orthocera* (d'Orbigny, 1848): diamètre estimé 200 mm, échelle 1:4, échantillon BSY009-156, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M3-E1, niveau condensé 4000, zone à Eudoxus, sous-zone à Orthocera, horizon à Orthocera.
- Fig. 4a, b: *Tolvericerias* gr. *sevogodense* (Contini & Hantzpergue, 1975): diamètre 316 mm, échelle 1:4, échantillon SCR0010-366, collection PAL A16 Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M3-E1, niveau condensé 4000, zone à Eudoxus, sous-zone à Orthocera, horizon à Orthocera.
- Fig. 5a, b, c: *Orthaspidoceras schilleri* (Oppel, 1863): macroconque, variant à section comprimée, diamètre 188 mm, échelle 1:4, échantillon SCR003-1284, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M3, niveau 2450, zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum, horizon à Schilleri.
- Fig. 6a, b: *Orthaspidoceras schilleri* (Oppel, 1863): nucléus de macroconque, diamètre 142 mm, échelle 1:4, échantillon BSY008-284, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M3-E1, niveau condensé 4000, zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum, horizon à Schilleri.
- Fig. 7a, b: *Orthaspidoceras lallierianum* (d'Orbigny, 1841): microconque, diamètre 112 mm, échelle 1:4, échantillon SCR002-371, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M2, niveau 2200, zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum, horizon à Lallierianum.
- Fig. 8a, b: *Orthaspidoceras schilleri* (Oppel, 1863): macroconque, diamètre 188 mm, échelle 1:4, échantillon BSY008-580, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M3, niveau condensé 4000, zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum, horizon à Schilleri.
- Fig. 9a, b: *Progeronia bruntrutense* n. sp.: holotype, diamètre 345 mm, échelle 1:4, TCH007-93, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, Calcaires à *Corbis*, épisode M1, sommet du niveau 1900, zone à Mutabilis, sous-zone à Mutabilis.
- Fig. 10a, b: *Aulacostephanus* cf. *mutabilis* f. *eulepidus* (Schneid, 1939): microconque, échelle 1:4, échantillon SCR013-5, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M3, niveau 3500, zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum.
- Fig. 11a, b: *Orthaspidoceras lallierianum* (d'Orbigny, 1841): macroconque, diamètre 172 mm, échelle 1:4, échantillon RDM000-22, collection PAL A16, Porrentruy, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode M2, niveau 2200, zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum, horizon à Lallierianum.



- Jurassic, Portugal). *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaeontologie, Abhandlungen*, 172 (3): 271-329.
- Fürsich F. T. & Werner W. 1988. The Upper Jurassic Bivalvia of Portugal. Part I. Palaeotaxodonta and Pteriomorpha (Arcoïda and Mytiloïda). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* (1987), 73: 103-144.
- Fürsich F. T. & Werner W. 1989. The Upper Jurassic Bivalvia of Portugal. Part II. Pteriomorpha (Pterioïdea exclusive Ostreïna). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* (1988), 74: 105-164.
- Fürsich F. T., Werner W., Schneider S. & Mäuser M. 2007. Sedimentology, taphonomy, and palaeoecology of a laminated plattenkalk from the Kimmeridgian of the northern Franconian Alb (southern Germany). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 243 (1-2): 92-117.
- Geyer O. F. 1961. Monographie der Perisphinctidae des unteren Unterkimmeridgium (Weisser Jura, Badenerschichten) im süddeutschen Jura. *Palaeontographica A*, Stuttgart 117: 157 pp.
- Greppin J.-B. 1870. Description géologique du Jura bernois et de quelques districts adjacents. *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*, 8: 1-357.
- Gretz M. 2007. Les calcaires blancs à coraux de la Formation de Reuchenette (Kimméridgien supérieur, Jura suisse): étude sédimentologique et biostratigraphique. Master Université de Genève (inédit): 1-157.
- Gretz M., Ayer J. & Comment G. 2010. Analyse microscopique de la Formation de Reuchenette (Kimméridgien): nouvelles données acquises dans le cadre de la construction de l'autoroute A16. *Paléontologie A16, Etudes intermédiaires*, 37 (inédit): 1-105.
- Gygi R. A. 1995. Datierung von Seichtwassersedimenten des Späten Jura in der Nordwestschweiz mit Ammoniten. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 88 (1): 1-58.
- Gygi R. A. 2000. Integrated Stratigraphy of the Oxfordian and Kimmeridgian (Late Jurassic) in northern Switzerland and adjacent southern Germany. *Memoirs of the Swiss Academy of Sciences*, 104: 1-152.
- Gygi R. A. 2003. Perisphinctacean ammonites of the Late Jurassic in northern Switzerland: a versatile tool to investigate the sedimentary geology of an epicontinental sea. *Schweizerische paläontologische Abhandlungen*, 123: 1-232.
- Häfeli C. 1966. Die Jura/Kreide-Grenzsichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern). *Eclogae Geologicae Helveticae*, 59 (2): 565-696.
- Hantzpergue P. 1973. Le Kimméridgien de la région de Montbéliard. D.E.S. Université de Besançon (inédit): 1-97.
- Hantzpergue P. 1975. Le Kimméridgien à Céphalopodes du Jura méridional. Stratigraphie et Paléontologie. Thèse Université de Lyon (inédit): 1-287.
- Hantzpergue P. 1979. Biostratigraphie du Jurassique supérieur

 Planche IV

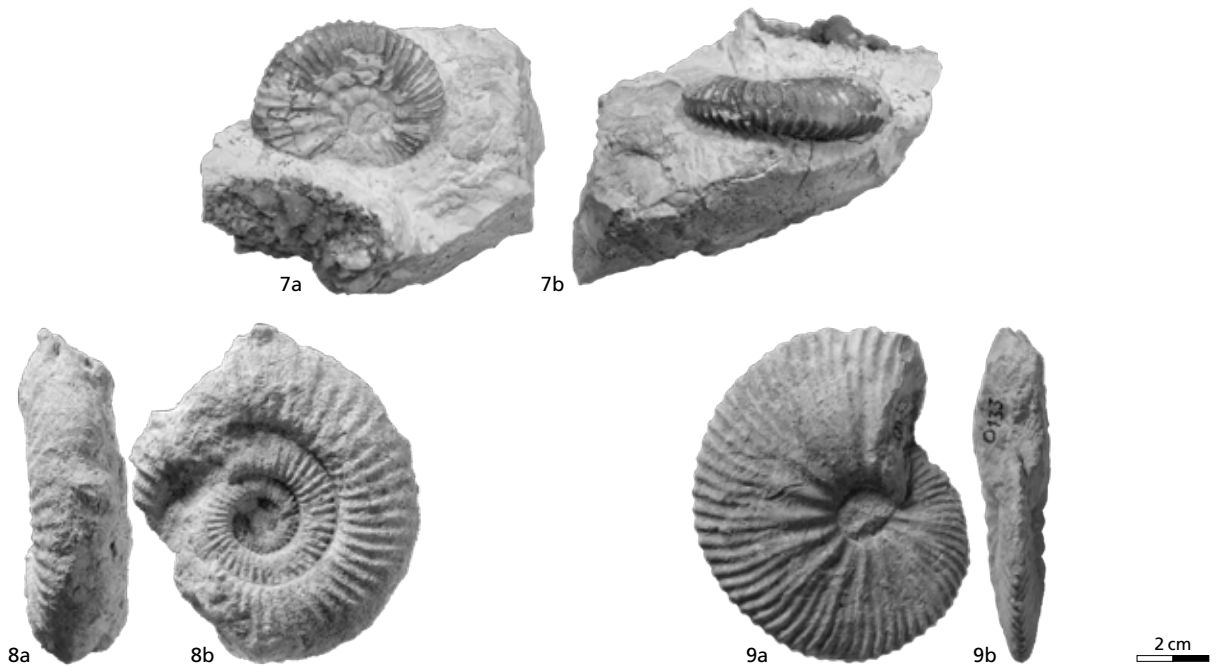
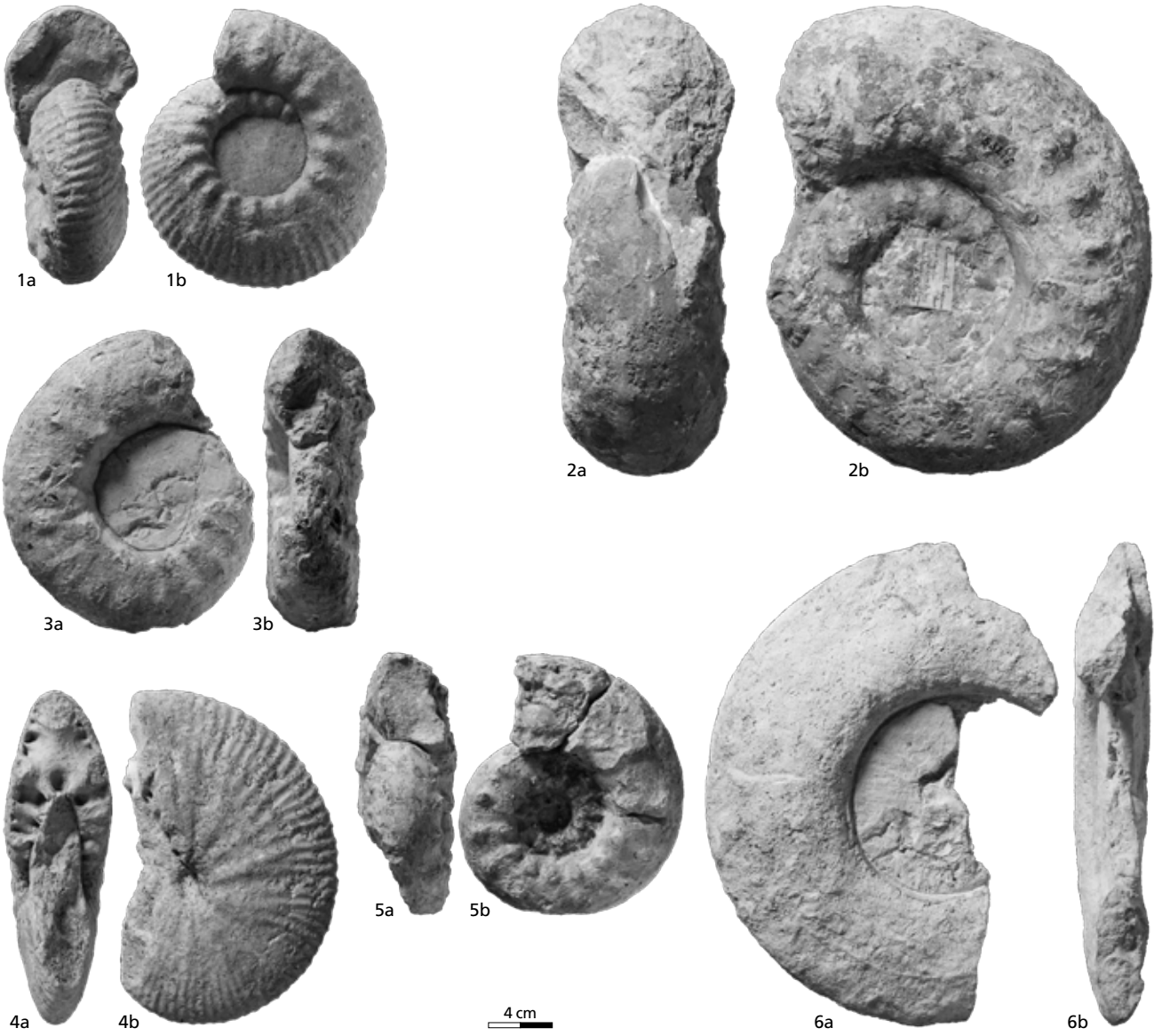
- Fig. 1a, b: *Aulacostephanus eudoxus* (d'Orbigny, 1850): macroconque, diamètre 200 mm, échelle 1:3, échantillon SCR011-19, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode E3, niveau 5000, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 2a, b: *Aspidoceras caletanum* (Oppel, 1863): macroconque, variant à section comprimée, diamètre 188 mm, échelle 1:3, échantillon 8.99 Chevenez, collection FPJ, Chevenez, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode E2, niveau 4500, zone à Eudoxus, sous-zone à Orthocera.
- Fig. 3a, b: *Aulacostephanus eudoxus* (d'Orbigny, 1850): macroconque, diamètre 166 mm, échelle 1:3, échantillon 9.5.04 Chevenez, collection FPJ, Chevenez, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode E3, niveau 5000, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 4a, b: *Aspidoceras caletanum* (Oppel, 1863): microconque, diamètre 100 mm, échelle 1:3, échantillon SCR002-1, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode E3, niveau 5000, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 5a, b: *Aspidoceras caletanum* (Oppel, 1863): macroconque, variant à section déprimée, diamètre 164 mm, échelle 1:3, échantillon BSY007-102, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode E3, niveau 5000, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 6a, b: *Pararasenia cf. hybridus* Ziegler, 1962: diamètre 310 mm, échelle 1:8, échantillon CHV000-242, collection PAL A16, Chevenez, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode E2, niveau 4500, zone à Eudoxus, sous-zone à Orthocera.
- Fig. 7a, b: *Pararasenia cf. hybridus* Ziegler, 1962: diamètre 490 mm, échelle 1:8, échantillon BSY008-418, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, niveau 5000, épisode E3, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 8a, b: *Pararasenia cf. hybridus* Ziegler, 1962: diamètre 400 mm, échelle 1:8, échantillon SCR003-1022, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, épisode E2, niveau 4500, zone à Eudoxus, sous-zone à Orthocera.
- Fig. 9a, b: *Pararasenia cf. hybridus* Ziegler, 1962: diamètre 377 mm, échelle 1:8, échantillon CSR011-9, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, niveau 5000, épisode E3, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 10a, b: *Aulacostephanus pinguis* Ziegler, 1962: diamètre 367 mm, échelle 1:8, échantillon BSY008-238, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, niveau 5000, épisode E3, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 11a, b: *Aulacostephanus pinguis* Ziegler, 1962: diamètre 485 mm, échelle 1:8, échantillon BSY008-741, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* inférieures, niveau 5000, épisode E3, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.



- nord-aquitain. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7^e série, 21 (6) : 715-726.
- Hantzpergue P. 1983. Précisions nouvelles sur la limite Kimméridgien-Portlandien *sensu gallico*. *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, série II, 296 (23) : 1803-1805.
- Hantzpergue P. 1985. Les discontinuités sédimentaires majeures dans le Kimméridgien français : chronologie, extension et corrélations dans les bassins ouest-européens. *Geobios*, 18 (2) : 179-194.
- Hantzpergue P. 1987. Les ammonites kimméridgiennes du haut-fond d'Europe occidentale. (*Perisphinctidae*, *Aulacostephanidae*, *Aspidoceratidae*). Biochronologie ; Systématique, Evolution, Paléobiogéographie. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Poitiers (inédit) : 1-568.
- Hantzpergue P. 1989. Les Ammonites kimméridgiennes du haut-fond d'Europe occidentale. Biochronologie, systématique, évolution, paléobiogéographie. *Cahiers de Paléontologie*, CNRS (éd.), Paris, 19 : 428 pp.
- Hantzpergue P. 1991a. Biogéographie des Ammonites et variations du niveau marin : apport de la stratigraphie séquentielle dans l'analyse des peuplements du Kimméridgien nord-aquitain. *Geobios*, 24 (1) : 59-64.
- Hantzpergue P. 1991b. Différenciation paléobiogéographique d'une faune d'ammonites dans l'horizon à *Ardescia pseudictor* (zone à *Cymodoce*) du Kimméridgien nord-aquitain. *Geobios*, 24 (4) : 423-433.
- Hantzpergue P. 1993. Biogéographie des ammonites et variations du niveau marin : analyse quantitative des peuplements du Kimméridgien ouest-européen. *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, série II, 317 (4) : 493-498.
- Hantzpergue P. 1995. Faunal trends and sea-level changes : biogeographic patterns of Kimmeridgian ammonites on the Western European Shelf. *Geologische Rundschau*, 84 (2) : 245-254.
- Hantzpergue P., Énay R. & Atrops F. 1997. Kimméridgien. In : Groupe français d'étude du Jurassique, Cariou E. & Hantzpergue P. (coord.). Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen : zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bulletin du Centre de Recherche Elf Exploration - Production*, 17 : 87-96.
- Haq B. U., Hardenbol J. & Vail P. R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235 (4793) : 1156-1167.
- Hardenbol J., Thierry J., Farley M. B., Jacquin T., Graciansky P.-C. de & Vail P. R. 1998. Cretaceous sequence chronostratigraphy. In : Graciansky P.-C. de, Hardenbol J., Jacquin T. & Vail P. R. (eds). *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication 60, Tulsa : chart 4.
- Heinze M. 1991. Evolution benthonischer Faunengemeinschaften im subborealen Jura des Pariser Beckens und in der äthiopischen Faunenprovinz des Beckens von Kachchh (Indien) - ein Vergleich. *Beringeria*, 4 : 3-126.
- Heinze M. 2007. Pectinid bivalves from the Upper Jurassic Reuchenette Formation in the vicinity of Porrentruy (Switzerland). *Beringeria*, 37 : 75-79.
- Hug W. A. 2003. Sequenzielle Faziesentwicklung der Karbonatplattform des Schweizer Jura im Späten Oxford und frühesten Kimmeridge. *GeoFocus*, Fribourg, 7 : 155 pp.
- Hyatt A. 1900. Cephalopoda. In : Zittel K. A. von. *Text-Book of Palaeontology*. Macmillan, London : 502-592.
- Jaitly A. K., Fürsich F. T. & Heinze M. 1995. Contributions to the Jurassic of Kachchh, western India. IV. The bivalve fauna. Part I. Subclasses Palaeotaxodonta, Pteriomorphia, and Isofilibranchia. *Beringeria*, 16 : 147-257.

Planche V

- Fig. 1a, b: *Gravesia gigas* (Zieten, 1830) : diamètre 178 mm, échelle 1 :4, échantillon Collège de Delémont, collection MJSN, Chevenez, Tithonien, Formation de Twannbach, épisode G1, zone à Gigas, sous-zone à Gigas.
- Fig. 2a, b: *Aspidoceras quercynum* Hantzpergue, 1983 : macroconque, diamètre 315 mm, échelle 1 :4, échantillon S 3276, collection MJSN, Porrentruy, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* supérieures, épisode E5, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 3a, b: *Aspidoceras caletanum* (Oppel, 1863) : macroconque, diamètre 190 mm, échelle 1 :4, échantillon BLO002-2, collection PAL A16, Porrentruy, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* supérieures, épisode E5, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 4a, b: *Aulacostephanus contejeani* (Thurmann, 1864) : diamètre 215 mm, échelle 1 :4, échantillon Collège de Delémont, collection MJSN, Chevenez, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* supérieures, épisode E5, zone à Eudoxus, sous-zone à Contejeani.
- Fig. 5a, b: *Aspidoceras caletanum* (Oppel, 1863) : microconque, diamètre 170 mm, échelle 1 :4, échantillon BLO002-1, collection PAL A16, Porrentruy, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Marnes à *virgula* supérieures, épisode E5, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 6a, b: *Aulacostephanus cf. pseudomutabilis* (de Loriol, 1873) : macroconque, diamètre 312 mm, échelle 1 :4, échantillon TCH006-1475, collection PAL A16, Courtedoux, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Calcaires à coraux, épisode E4, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 7a, b: *Aulacostephanus* gr. *eudoxus* (d'Orbigny, 1850) : nucléus de macroconque, diamètre 55 mm, échelle 1 :2, échantillon CHV008-1, collection PAL A16, Chevenez, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Calcaires à coraux, épisode E4, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 8a, b: *Tolvericerias* aff. *sevogodense* (Contini & Hantzpergue, 1975) : nucléus, diamètre 95 mm, échelle 1 :2, échantillon GEV009-10, collection PAL A16, Chevenez, Formation de Reuchenette, Membre de Chevenez, Calcaires à coraux, épisode E4, zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum.
- Fig. 9a, b: *Aulacostephanus contejeani* (Thurmann, 1864) : holotype, diamètre 94 mm, échelle 1 :2, échantillon S 133, collection MJSN, Pésol, Montbéliard (F), « Calcaires et marnes à Virgules supérieurs », zone à Eudoxus, sous-zone à Contejeani.



- Jank M. 2004. New insights into the development of the Late Jurassic Reuchenette Formation of the NW Switzerland (Late Oxfordian to Late Kimmeridgian, Jura Mountain). Thèse Université de Bâle (inédit) : 1-122.
- Jank M., Meyer C. A. & Wetzel A. 2006a. Late Oxfordian to Late Kimmeridgian carbonate deposits of NW Switzerland (Swiss Jura): Stratigraphical and palaeogeographical implications in the transition area between the Paris Basin and the Tethys. *Sedimentary Geology*, 186 (3-4): 237-263.
- Jank M., Wetzel A. & Meyer C. A. 2006b. A calibrated composite section for the Late Jurassic Reuchenette Formation in northwestern Switzerland (?Oxfordian, Kimmeridgian *sensu gallico*, Ajoie-Region). *Eclogae Geologicae Helveticae*, 99 (2): 175-191.
- Jank M., Wetzel A. & Meyer C. A. 2006c. Late Jurassic sea-level fluctuations in NW Switzerland (Late Oxfordian to Late Kimmeridgian): closing the gap between the Boreal and Tethyan realm in Western Europe. *Facies*, 52: 487-519.
- Jordan P. 1999. Géologie de la région de Montoz (Jura Bernois) avec analyse séquentielle de deux profils de l'Oxfordien moyen et supérieur, Master Université de Fribourg, 104 pp.
- Jourdy E. 1924. Histoire naturelle des Exogyres. *Annales de Paléontologie*, 13: 1-104.
- Kelly S. R. A. 1984. Bivalvia of the Spilsby Sandstone and Sandringham Sands (Late Jurassic–Early Cretaceous) of eastern England. Part I. *Monograph of the Palaeontographical Society*, 137: 1-94.
- Kelly S. R. A. 1992. Bivalvia of the Spilsby Sandstone and Sandringham Sands (Late Jurassic–Early Cretaceous) of eastern England. Part II. *Monograph of the Palaeontographical Society*, 146: 95-123.
- Koppka J. 2010. Etudes et projets scientifiques mésozoïques - Paléontologie A16: taxinomie des bivalves jurassiques de la Transjurane. Rapport scientifique 2009. *Paléontologie et Transjurane*, 30 (inédit): 9-20.
- Koppka J. 2014. The oysters (Ostreoida, Bivalvia) of the Reuchenette Formation (Kimmeridgian, Upper Jurassic) in Northwestern Switzerland. *Abstract, 12th Swiss Geo-science Meeting*, Fribourg, 127-128.
- Koppka J. 2015. Revision of the Bivalvia from the Upper Jurassic Reuchenette Formation, Northwest Switzerland – Ostreoida. *Zootaxa*, 3927 (1): 1-117.
- Leuzinger L. 2013. Systematics and biogeochemistry of a new chondrichthyan fauna: implications for the palaeoecological reconstruction of a shallow-water carbonate platform (Late Jurassic, Swiss Jura), Master Université de Fribourg, 163 pp.
- Loriol P. de & Cotteau G. 1888. Monographie paléontologique et géologique de l'étage Portlandien du Département de l'Yonne. *Bulletin de la Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne*, Paris 1, 2^e série, 260 pp.
- Loriol P. de & Pellat E. 1866. Monographie paléontologique et géologique de l'étage portlandien des environs de Boulogne-sur-Mer. *Mémoire de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle*, Genève, 19: 174-374.
- Loriol P. de, Royer E. & Tombeck H. 1872. Description géologique et paléontologique des étages jurassiques supérieurs de la Haute-Marne. *Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie*, 16: 1-539.
- Malchus N. & Steuber T. 2002. Stable isotope records (O, C) of Jurassic aragonitic shells from England and NW Poland: palaeoecologic and environmental implications. *Geobios*, 35 (1): 29-39.
- Marcou J. 1848. Recherches géologiques sur le Jura salinois. Première partie. *Mémoires de la Société géologique de France*, 2^e série, 3: 1-151.
- Marty D. 2008. Sedimentology, taphonomy, and ichnology of Late Jurassic dinosaur tracks from the Jura carbonate platform (Chevenez–Combe Ronde tracksite, NW Switzerland): insights into the tidal-flat palaeoenvironment and dinosaur diversity, locomotion, and palaeoecology. *Geo-Focus*, Fribourg, 21: 278 pp.
- Marty D., Cavin L., Hug W.A., Meyer C.A., Lockley M.G. & Iberg A. 2003. Preliminary report on the Courtedoux dinosaur tracksite from the Kimmeridgian of Switzerland. *Ich-nos* 10: 209-219.
- Matyja B. A. & Wierzbowski A. 2000. Biostratigraphical Correlations between the Subboreal Mutabilis Zone and the Submediterranean Upper Hypselocyclus - Divisum Zones of the Kimmeridgian: New Data from Northern Poland. *Georesearch Forum*, 6: 129-136.
- Matyja, A.B. & Wierzbowski, A. 2003. Correlation chart of the standard chronostratigraphic ammonite zonations at the Oxfordian/Kimmeridgian boundary. *ISJS (International Subcommission on Jurassic Stratigraphy) Newsletter*, 30: 25-27.
- Meyer C. A. & Thüning B. 2003. Dinosaurs of Switzerland. *Comptes Rendus Palevol*, 2 (1): 103-117.
- Morton B. 1979. The biology and functional morphology of the Coral-Sand Bivalve *Fimbria fimbriata* (Linnaeus 1758). *Records of the Australian Museum*, 32 (11): 389-420.
- Mouchet P. 1995. Le Kimméridgien du Jura central. Microfaçies, Minéralogie et interprétation séquentielle. Thèse Université de Neuchâtel (inédit): 1-204.
- Megerle von Mühlfeld J. K. 1811. Entwurf eines neuen System's der Schalthiergehäuse. Erste Antheilung. Die Muscheln. *Der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin Magazin für die neuesten Entdeckungen in der gesammten Naturkunde* 5 (1): 38-72. III.
- Neumayr M. 1873. Die Fauna der Schichten mit *Aspidoceras acanthicum*. *Abhandlungen der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt*, 5 (6): 141-257.
- Ogg J. G., Hinnov L. A. & Huang C. 2012. Jurassic. In: Gradstein F. M. *et al.* (eds). *The Geologic Time Scale*. Elsevier BV, Oxford, Amsterdam: 731-791.
- Oloriz F. 1978. Kimmeridgiense-Tithonico inferior en el sector central de las Cordilleras Béticas (Zona Subbética). Paleontologia, Biostratigraphia. Tesis Doctorales Universidad Granada, 184: 1-758.
- Oppel A. 1858. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. *Württembergische naturwissenschaftliche Jahreshfte*, 12-14: 1-857.
- Orbigny A. d' 1850-1852. *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés*. Masson, Paris, vol. 1 (1850): 394 pp., vol. 2 (1850): 427 pp., vol. 3 (1852): 189 pp.
- Oschmann W. 1988. Upper Kimmeridgian and Portlandian Marine Macrobenthic Associations from Southern England and Northern France. *Facies*, 18 (1): 49-82.
- Phillippe M., Billon-Bruyat J.-P., Garcia-Ramos J. C., Bocat L., Gomez B. & Piñuela L. 2010. New occurrences of the wood *Protocupressinoxylon purbeckensis* Francis: implications for terrestrial biomes in southwestern Europe at the Jurassic/Cretaceous boundary. *Palaeontology*, 53 (1): 201-214.

- Pittet B. 1996. Contrôles climatiques, eustatiques et tectoniques sur les systèmes mixtes carbonates-siliciclastiques de plate-forme: exemple de l'Oxfordien (Jura Suisse, Normandie, Espagne). Thèse de doctorat, Université de Fribourg, Suisse, 258 pp.
- Pittet B. & Gorin G.E. 1997. Distribution of sedimentary organic matter in a mixed carbonate-siliciclastic platform environment: Oxfordian of the Swiss Jura Mountains. *Sedimentology*, 44 (5): 915-937.
- Przybylski P. A., Ogg J. G., Wierzbowski A., Coe A. L., Hounslow M. W., Wright J. K., Atrops F. & Settles E. 2010. Magnetostratigraphic correlation of the Oxfordian-Kimmeridgian boundary. *Earth and Planetary Science Letters*, 289 (1-2): 256-272.
- Püntener C., Billon-Bruyat J.-P., Bocat L., Berger J.-P. & Joyce W. G. 2014. Taxonomy and phylogeny of the turtle *Tropidemys langii* Rutimeyer, 1873, based on new specimens from the Kimmeridgian of the Swiss Jura Mountains. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 34 (2): 353-374.
- Quenstedt F. A. 1887. *Die Ammoniten des Schwäbischen Jura. III. Band. Der Weisse Jura*. E. Schweizerbart'sche Verlags-handlung, Stuttgart, 323 pp.
- Rameil N. 2005. Carbonate sedimentology, sequence stratigraphy, and cyclostratigraphy of the Tithonian in the Swiss and French Jura Mountains. *GeoFocus*, Fribourg, 13: 246 pp.
- Roemer F. A. 1839. *Die Versteinerungen des norddeutschen Oolithen-Gebirges*. Hahn'schen Hofbuchh., Hannover, 59 pp.
- Rollier L. 1911-1917. Fossiles nouveaux ou peu connus des terrains secondaires (mésozoïques) du Jura et de contrées environnantes. *Mémoires de la Société paléontologique suisse*, 37 (1911): 1-32, 38 (1912): 33-148, 39 (1913): 149-318, 40 (1914): 319-344, 41 (1915): 345-500, 42 (1917): 501-696.
- Salfeld H. 1913. Die Gliederung des Oberen Jura in Nord-west-Europa. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 37: 125-246.
- Samson Y., Lepage G., Hantzpergue P., Guyader J., Saint-Germès M., Baudin F. & Bignot G. 1996. Révision lithostratigraphique et biostratigraphique du Kimméridgien havrais (Normandie). *Géologie de la France*, 3: 3-19.
- Sandoz M. 2009. Les Calcaires à coraux de la Formation de la Reuchenette (Kimméridgien supérieur) dans la région de Courtedoux (Ajoie, Jura). Master Université de Genève (inédit): 178 pp.
- Schaefer K. & Billon-Bruyat J.-P. 2014. The crocodylian *Steneosaurus* cf. *bouchardi* in the Kimmeridgian of Switzerland. Abstract, 12th Swiss Geoscience Meeting, Fribourg (inédit).
- Schairer G. 1974. Quantitative Untersuchungen an *Perisphinctidae* (Ammonoidea) des untersten Unterkimmeridgium der Fränkischen Alb (Bayern). *Zitteliana*, 3: 37-124.
- Schneid T. 1939-1940. Über Raseniiden, Ringsteadiiden und Pictoniiden des nördlichen Frankenjura. *Palaeontographica*, A, 89: 117-186.
- Schneider A. 1960. Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Porrentruy (Berner Jura). *Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz*, N.F., 109: 1-72.
- Scholz H. 2005. Taxonomie der Muschelfauna aus dem Oberjura von Hildesheim (Norddeutschland). *Beringeria*, 35: 3-52.
- Schudack U., Schudack M., Marty D. & Comment G. 2013. Kimmeridgian (Late Jurassic) ostracods from Highway A16 (NW Switzerland): taxonomy, stratigraphy, ecology, and biogeography. *Swiss Journal of Geosciences*, 106 (2): 371-395.
- Schweigert G. 1993. Die Ammonitengattungen *Gravesia* Salfeld und *Tolvericeras* Hantzpergue und ihre Bedeutung für den Grenzbereich Oberkimmeridgium/Untertithonium im Schwäbischen Jura. *Geologische Blatte NO-Bayern*, Erlangen, 43 (1-3): 167-186.
- Schweigert G. & Callomon J. H. 1997. Der *bauhini*-Faunenhorizont und seine Bedeutung für die Korrelation zwischen tethyalen und subborealem Oberjura. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, B, 247: 1-69.
- Strasser A. 2007. Astronomical time scale for the Middle Oxfordian to Late Kimmeridgian in the Swiss and French Jura Mountains. *Swiss Journal of Geosciences*, 100 (3): 407-429.
- Thalmann H. K. 1966. Zur Stratigraphie des oberen Malm im südlichen Berner und Solothurner Jura. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft des Kantons Solothurn*, 22: 1-126.
- Thierry J. et al. (41 co-auteurs) 2000. Early Kimmeridgian (146-144 Ma). In: Dercourt J. et al. (eds). *Atlas Peri-Tethys*. Commission de la carte géologique du monde, Paris, 85-97.
- Thurmann J. 1832. Essai sur les soulèvements jurassiques du Porrentruy. *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg*, 1: 1-84.
- Thurmann J. 1852. Lettres écrites du Jura à la Société d'histoire naturelle de Berne. Lettre IX. Coup d'œil sur la stratigraphie du groupe portlandien aux environs de Porrentruy. *Mitteilungen der Naturforschende Gesellschaft in Bern*, 9: 209-220.
- Thurmann J. & Etallon A. 1861-1864. *Lethea bruntrutana* ou Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur le Jura bernois et en particulier les environs de Porrentruy. *Nouveaux mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles*, 18-20: 1-500.
- Thuy B., Marty D. & Comment G. 2013. A remarkable example of a Late Jurassic shallow-water ophiuroid assemblage from the Swiss Jura Mountains. *Swiss Journal of Geosciences*, 106 (2): 409-426.
- Tornquist A. 1896. Die degenerierten Perisphinctiden des Kimmeridge von Le Havre. *Abhandlungen der Schweizerischen paläontologischen Gesellschaft*, 23: 1-43.
- Waite R. 2010. The palaeoecology of high-spired gastropods and the lost palaeosols: depositional reconstructions on a shallow carbonate platform (Late Kimmeridgian, Swiss Jura Mountains). *GeoFocus*, Fribourg, 23: 149 pp.
- Waite R. & Strasser A. 2011. A comparison of recent and fossil large, high-spired gastropods and their environments: the Nopparat Thara tidal flat in Krabi, South Thailand, versus the Swiss Kimmeridgian carbonate platform. *Facies*, 57: 223-248.
- Waite R., Marty D., Strasser A. & Wetzel A. 2013. The lost palaeosols: Masked evidence for emergence and soil formation on the Kimmeridgian Jura platform (NW Switzerland). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 376: 73-90.
- Wegele L. 1929. Stratigraphische und faunistische Untersuchungen im Oberoxford und Unterkimmeridge Mittelfrankens. *Palaeontographica*, 71: 117-210.
- Wellnhöfer P. 1964. Zur Pelecypodenfauna der Neuburger Bankkalke (Mittel-Tithon). *Abhandlungen der Bayeri-*

- schen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, N.F.*, 119: 1-143.
- Werner W. 1986. Palökologische und biofazielle Analyse des Kimmeridge (Oberjura) von Consolação, Mittelportugal. *Zitteliana*, 13: 1-109.
- Wierzbowski A. 1978. Ammonites and stratigraphy of the Upper Oxfordian of the Wieluń Upland, Central Poland. *Acta Geologica Polonica*, 28 (3): 299-333.
- Wierzbowski A., Coe A.L., Hounslow M.W., Matyja B.A., Ogg J.G., Page K.N., Wierzbowski H. & Wright J.K. 2006. A potential stratotype for the Oxfordian/Kimmeridgian boundary: Stafin Bay, Isle of Skye, UK. *Volumina Jurassica* 4: 17-33.
- Wright J. K. 2010. The Aulacostephanidae (Ammonoidea) of the Oxfordian/Kimmeridgian boundary beds (Upper Jurassic) of southern England. *Palaeontology*, 53: 11-52.
- Ziegler B. 1961. Stratigraphische und zoogeographische Beobachtungen an *Aulacostephanus* (Ammonoidea - Oberjura). *Paläontologische Zeitschrift*, A, 35 (1-2): 79-89.
- Ziegler B. 1969. Über *Exogyra virgula* (Lamellibranchiata, Oberjura). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 62 (2): 685-696.