

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/281289270>

Chondrichthyens et Actinoptérygiens du Bajocien inférieur du Grand-Duché de Luxembourg et des...

Article · August 2015

CITATIONS

0

READS

187

2 authors:



[Dominique Delsate](#)

Musée national d'histoire naturelle de Luxem...

55 PUBLICATIONS 619 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Roland Felten](#)

Musée national d'histoire naturelle de Luxem...

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Palaeontology and palaeoanthropology of the Mullerthal region (Grand Duchy of Luxembourg) [View project](#)



Dinosaur search in the Grand Duchy of Luxembourg [View project](#)

Chondrichthyens et Actinoptérygiens du Bajocien inférieur du Grand-Duché de Luxembourg et des régions frontalières

Dominique Delsate & Roland Felten

Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg, section paléontologie
25 rue Münster, L-2160 Luxembourg
dominique.delsate@mnhn.lu; roland.felten@education.lu

Schlüsselwörter: Mittlerer Jura, Unteres Bajocium, Laeviuscula Zone, Humphresianum Zone, Chondrichthyes, Elasmobranchii, Holocephali, Actinopterygii, Longwy, Ottange-Rumelange, Pariser Becken.

Zusammenfassung

Wir beschreiben die Faunen von Elasmobranchien, Holocephalen und Actinopterygien, welche in den Ablagerungen des unteren Bajociums von nordöstlichen Pariser Becken gesammelt wurden. Sie erweitern die

biostratigraphischen Profile des regionalen Toarciums und werden mit Faunen aus dem englischen Bathonium verglichen, mit denen es viele Gemeinsamkeiten gibt.

Keywords: Middle Jurassic, Lower Bajocian, Laeviuscula Zone, Humphresianum Zone, Chondrichthyes, Elasmobranchii, Holocephali, Actinopterygii, Longwy, Ottange-Rumelange, Paris Basin.

Abstract

We present here the fauna of elasmobranchs, holocephali and actinopterygians collected in the sediments of the lower Bajocian of the north-eastern Paris Basin. They

extend the biostratigraphic charts of regional Toarcian, and are compared to those of the English Bathonian, with whom they share many elements.

Mots-clés : Jurassique Moyen, Bajocien inférieur, Zone à Laeviuscula, Zone à Humphresianum, Chondrichthyes, Elasmobranchii, Holocephali, Actinopterygii, Longwy, Ottange-Rumelange, Bassin de Paris.

Résumé

On présente ici les faunes des Elasmobranches, Holocéphales et Actinoptérygiens recueillies dans les sédiments du Bajocien inférieur du Nord-Est du Bassin de Paris. Elles prolongent les tableaux biostratigra-

phiques du Toarcien régional, et sont comparées à celles du Bathonien anglais, avec lesquelles elles présentent de nombreux éléments communs.

Introduction

Le but de cette note n'est pas l'exposé exhaustif des espèces et la description de nouveaux taxons, mais un catalogue faunique basé sur les collections du Musée national d'histoire naturelle du Luxembourg (MNHNL) et des collections privées de ses collaborateurs scientifiques (Roland Felten, Jean-Paul Fayard).

Le lavage-tamissage-tri systématique de sédiments du Bajocien inférieur sur les frontières franco-belge et franco-luxembourgeoise (Fig. 1) a déjà fourni quelques résultats : la présentation d'une faunule de la Zone à Laeviuscula de Longwy (Delsate 1993b), et un exposé préliminaire des Chondrichthyens et Actinoptérygiens de la Carrière d'Ottange-Rumelange (Delsate & Felten 2005). Le présent travail fournit des informations et illustrations complémentaires sur ces deux faunes.

Cadre géologique et stratigraphique

Longwy

Le Bajocien inférieur (Zone à *Laeviuscula*) de la tranchée du Viaduc de contournement de Longwy à Mont-Saint-Martin/Piedmont (profil : voir Delsate 1993b), à la frontière franco-belge, a livré des dents isolées de *Protospinax* cf. *P. carvalhoi*, d'Orectolobiformes indéterminés, de Synechodontiformes et de Batomorphes indéterminés.

Ottange-Rumelange

Bintz et al. (1973) ont fourni le profil lithostratigraphique de la carrière Weisskaul à Rumelange, sur la frontière franco-luxembourgeoise. L'actuelle carrière d'Ottange-Rumelange (anciennement "Intermoselle") exploitée par le Groupe Ciments Luxembourgeois se situe dans le prolongement de la carrière Weisskaul aujourd'hui désaffectée. Le profil lithostratigraphique de cet affleurement fourni par Lathuilière (2005) est reproduit ici (Fig. 2A).

Les unités lithologiques étudiées dans ce travail sont le Calcaire et les Marnes sableuses d'Audun-le-Tiche. Les sédiments sont datés par l'ammonite de zone *Stephanoceras humphriesianum*. Les marnes sous-jacentes, entre les corps récifaux du Calcaire d'Audun-le-Tiche, ont livré une faune plutôt pauvre de *Synechodus*, *Protospinax*, Orectolobiformes et Actinoptérygiens (?Pachycormiformes et Pycnodontiformes). Les alternances marno-calcaires (Marnes sableuses d'Audun-le-Tiche) recouvrant les corps récifaux livrent une faune plus abondante et diversifiée. La couche marneuse IV/12 recouvrant le calcaire lumachelique (brèche coquillière) IV/11 est la plus productive (Fig. 2B), avec des Actinoptérygiens (sémionotiformes Macrosemiidae, Pycnodontiformes, probables Pachycormiformes et Furidae), des Chondrichthyens comprenant des Hybodontiformes (?*Hybodus*, *Acrodus*, *Lissodus*, "*Polyacrodus*") ainsi que des Néosélaciens représentés par des Hexanchoidei (*Paraorthacodus*, *Pseudonotidanus*, et *Sphenodus* cf. *S. longidens*), des Protospinacidae (*Protospinax magnus* et *P. bilobatus*), des Synechodontiformes (*Synechodus levis* et *Synechodus* cf. *S. duffini*), des Heterodontiformes (*Paracestracion* sp.) ainsi qu'un Orectolobiforme nouveau. Les Holocephali Chimaeriformes sont représentés par une plaque dentaire de Callorhynchidae.

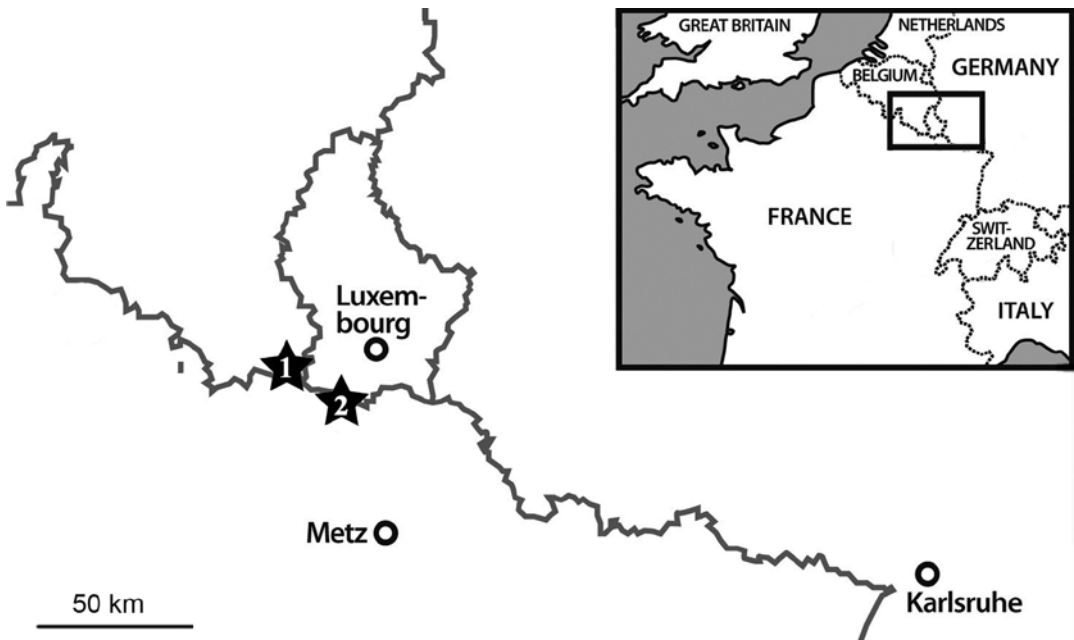


Fig. 1: Carte des localités (marquées par une étoile) : (1) Longwy Piedmont ; (2) Carrière d'Ottange-Rumelange.

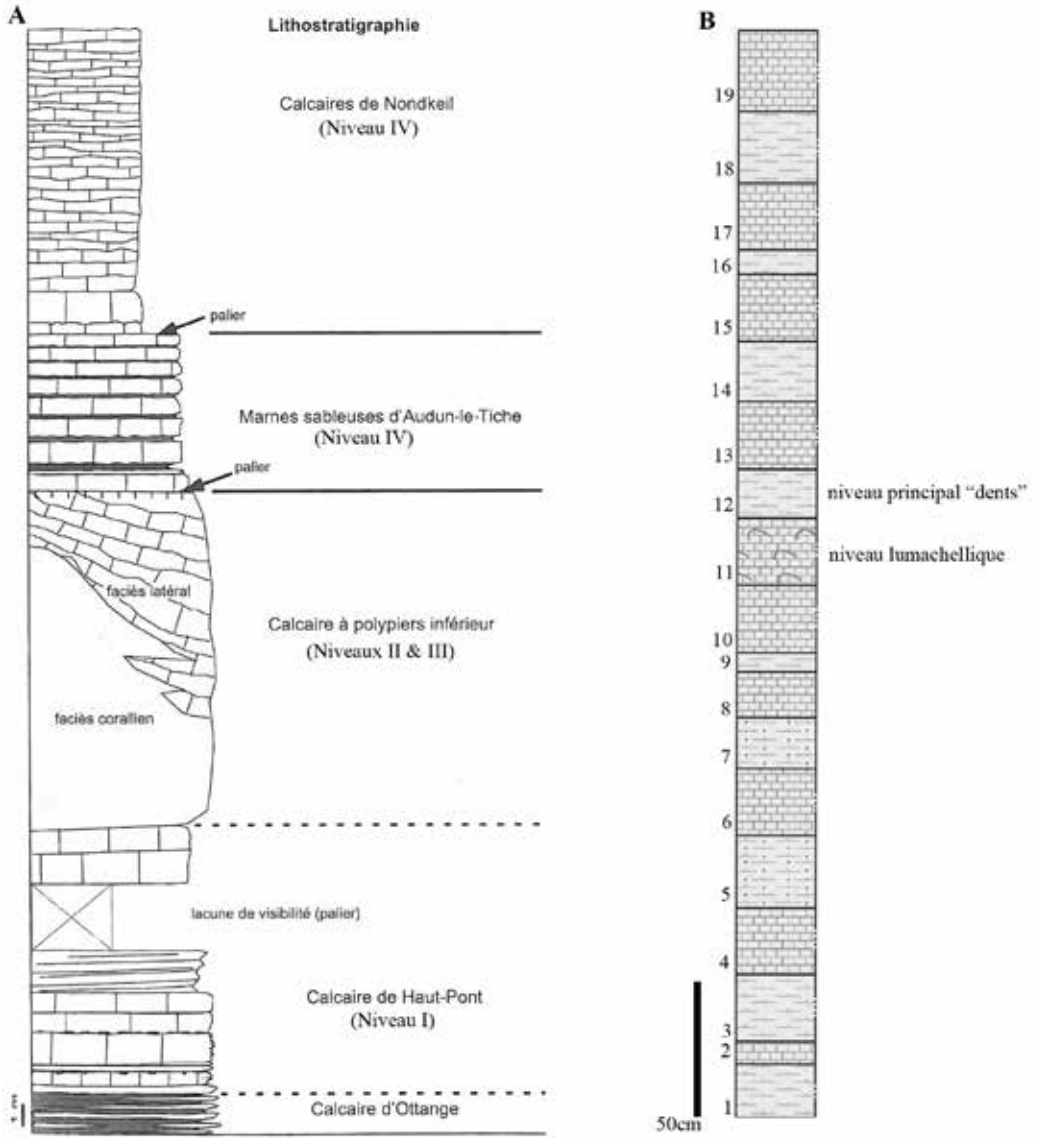


Fig. 2: - A. Colonne stratigraphique de la carrière d'Ottange-Rumelange (coupe suivant Lathuilière 2005). - B. Détail du niveau IV : séquence marno-calcaire des Marnes sableuses d'Audun-le-Tiche avec numérotation des bancs, suivant le relevé de terrain Weis & Bornain 2005 (non-publié).

Matériel et méthodes

Le matériel de Longwy (numéros de collection BM393-LGW) est conservé dans les collections du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. La microfaune a été recueillie sous microscope stéréoscopique, à partir de sédiments

inférieurs à 1,5 mm traités à l'acide acétique à 10%, lavés sur bas nylon puis séchés.

Le matériel d'Ottange-Rumelange figuré dans ce travail est conservé dans les collections du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg (MnhnL : codes BM, BM-RUMA) ; du matériel d'étude supplémentaire est conservé dans les

collections privées de Roland et Gilles Felten (Dudelange), de Marcelline Haas (Steinsel) et de Jean-Paul Fayard (Thionville). Les spécimens macroscopiques ont été délicatement retirés des marnes et du refus de tamis de 1,5 mm, tandis que la microfaune a été recueillie sous microscope stéréoscopique, à partir de sédiments inférieurs à 1,5 mm traités à l'acide acétique à 10% , lavés sur bas nylon puis séchés. Le procédé de séparation par densité sur liqueur lourde (bromoforme) a également été utilisé pour séparer et concentrer la fraction phosphatée contenant les restes de Vertébrés.

Nous avons fait le choix de suivre la classification des Chondrichthyes de Cappetta (2012) plutôt que celle de Klug (2010). Nous avons aussi choisi, contrairement à Capetta (2012), de mettre le genre *Polyacrodus* dont la validité est très contestée (Rees, 2008; Koot, 2014) entre guillemets ainsi que d'utiliser le Superordre Selachimorpha (Nelson, 1984) plutôt que Squalomorphii (Compagno, 1973) car l'appartenance de certains taxons comme les Protospinacidae à ce groupe phylogénétique est contestée par de récents travaux (Adolfssen & Ward, 2014).

La faune de Longwy (Bajocien inférieur, Zone à Laeviuscula)

Classe **Chondrichthyes** Huxley, 1880

Sous-classe **Elasmobranchii** Bonaparte, 1838

Subcohorte **Neoselachii** Compagno 1977

Superordre **Selachimorpha** Nelson, 1984

Famille **Protospinacidae** Woodward, 1918

Genre **Protospinax** Woodward, 1918

Protospinax cf. *carvalhoi* Underwood & Ward 2004

Figs. 3A, 3C

1993b *Protospinax* sp. – Delsate : fig. 3a, 3b.

Matériel : Deux spécimens (LGW101, LGW40).

Description : En vue orale, la couronne est de contour rhomboïdal chez les dents antérieures (Fig. 3A) et étirée méso-distalement chez les dents latérales (Figs. 3C1-2); elle porte une cuspidé très basse. La face labiale est plate et lisse. La face linguale montre une lchette triangulaire brève. La racine est bilobée (Fig. 3A), mais encore au stade hémiaulacorhize (ses 2 lobes sont imparfaitement séparés par un canal partiellement ouvert à ses extrémités linguale et labiale).

Superordre **Galeomorphii** Compagno, 1973

Ordre **Orectolobiformes** Applegate, 1972

Famille **Brachaeluridae** Applegate, 1972

Brachaeluridae indet.

Fig. 3B

1993b Orectolobiforme indéterminé – Delsate : fig. 4.

Matériel : Un spécimen (LGW20-1).

Description : La couronne brisée est trapue et lisse et conserve une cuspidé principale triangulaire et une cuspidé latérale triangulaire basse.

Ordre **Synechodontiformes** Duffin & Ward, 1993

Famille **Palaeospinacidae** Regan, 1906

Palaeospinacidae indet.

Les tris n'ont livré que des cuspidés dépourvues de racines et indéterminables au niveau générique (voir Delsate 1993b: figs 8-9, 10a, 10b).

Superordre **Batomorphii** Cappetta, 1980

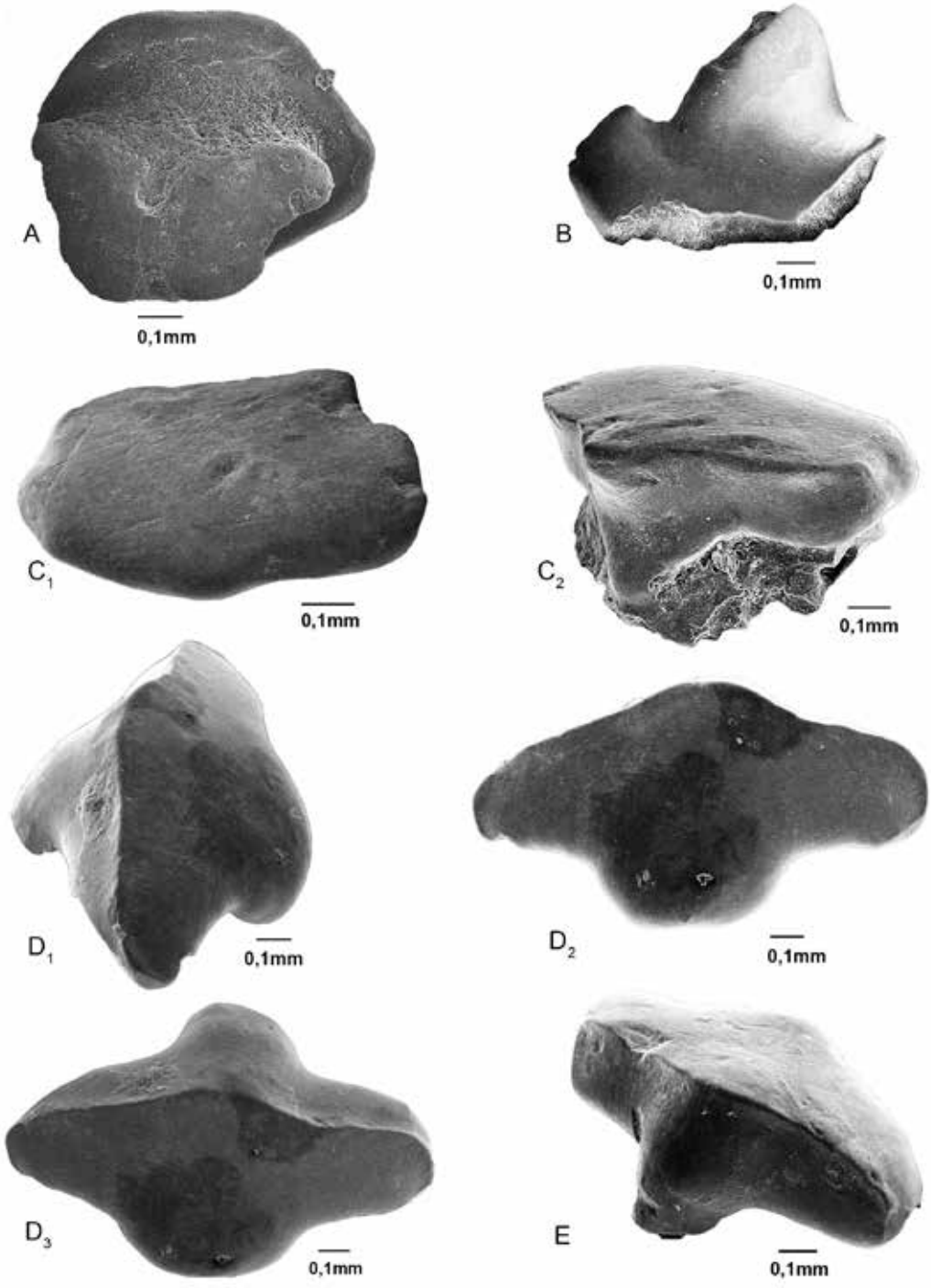
Famille **Archaeobatidae** Delsate & Candoni, 2001

? **Archaeobatidae** indet.

Figs. 3D1-3, 3E

Les tris ont livré plusieurs couronnes (Delsate 1993b: figs 6-7 ; "*Spathobatis*") montrant un tablier de contour triangulaire (Fig. 3E) ou rectangulaire (Figs. 3D2-3) et une lchette dont la morphologie évoque celle de *Cristabatis* Delsate & Candoni, 2001.

Fig. 3: Chondrichthyens de la zone à Laeviuscula de Longwy. **A.** *Protospinax* cf. *carvalhoi*. (MnhnL LGW10), vue basale (A) - **B.** Orectolobiforme indet. (MnhnL LGW20), vue labiale (B). - **C.** *Protospinax* cf. *carvalhoi*. (MnhnL LGW40). Vue labiale (C1) et apicale oblique (C2). - **D.** Batomorphii indet. Vues de profil (D1), labiale (D2), apicale (D3). (MnhnL LGW50). - **E.** Batomorphii indet. (MnhnL LGW30). Vue apico-linguale.



Sous-classe **Actinopterygii** Cope, 1887

Infra-classe **Neopterygii** Regan, 1923

Division **Halecostomi** Regan, 1923 (*sensu* Patterson 1973)

Ordre **incertae sedis** (non Semionotiformes *sensu* Lopez-Arbarello, 2012)

Famille **Dapediidae** Lehman, 1966

Dapediidae indet.

Matériel : Une dent (Figs. 4A1-3).

Description : La couronne est formée de 6 portions en rayons, chaque rayon portant 2 ou 4 cuspides en bosses basses. Cette couronne est attribuée à un Dapediidae sur base de la comparaison au matériel du Toarcien inférieur (Delsate 1999: 26, fig. 9b), reproduit ici pour information (Fig. 10G). En effet les vomers (dentition supérieure) et les préarticulaires (mandibule, face interne) de *Dapedium* portent des dents multicuspidés (Delsate 1999; Mudroch et al. 1999; Delsate 2005).

Division **Halecomorphi** Cope, 1872

Halecomorphi indet.

Figs. 4B, 4C1-2, 4D1-2

Matériel : 3 dents (MnhnL LGW70, LGW80, LGW90).

Description : Dents peu hautes, à apex pincé, tranchant et incurvé, formé d'une cuspide principale et flanqué de 2 cuspidés plus basses, en oreilles (voir Delsate et al. 2002b).

La faune de Rumelange-Ottange (Bajocien inférieur, Zone à *Humphriesianum*)

Classe **Chondrichthyes** Huxley, 1880

Sous-classe **Elasmobranchii** Bonaparte, 1838

Cohorte **Euselachii** Hay, 1902

Ordre **Hybodontiformes** Maisey, 1975

Superfamille **Hybodontoidae** Owen, 1846

Famille **Hybodontidae** Owen, 1846

? Genre ***Hybodus*** Agassiz, 1837

? ***Hybodus*** sp.

Figs. 5A-B

Matériel : plusieurs spécimens dans les collections Felten et MnhnL (BM679-680).

Description : Les dents sont robustes, les plis ornant la face labiale de la couronne sont bien marqués, avec souvent une nodosité à leur base. Les dents latérales et postérieures sont basses. Le type dentaire est mixte, agrippeur et broyeur.

Répartition stratigraphique : Le genre *Hybodus* est présent du Permien jusqu'à la fin du Crétacé.

Famille **Acrodontidae** Casier, 1959

Genre ***Acrodus*** Agassiz, 1838

Acrodus sp.

Fig. 5C

Matériel : Une dent (MnhnL BM385) et plusieurs fragments dans la collection MnhnL et Felten.

Description : La longueur méso-distale de la couronne dépasse le centimètre ; elle est basse, ornée de très nombreux plis qui naissent à partir de la crête occlusale et s'étendent sur les faces labiale et linguale. La morphologie broyeuse est très proche de celle des espèces du Jurassique inférieur (Casier 1959).

Répartition stratigraphique : *Acrodus* est connu depuis le Trias inférieur et surtout abondant dans la partie inférieure du Jurassique inférieur (Delsate & Duffin 1993, Casier 1959), mais ce genre est encore bien représenté au Jurassique moyen (exemple, *Acrodus* de l'Aalénien de la région du Mans; Biddle 1993), et atteint la partie moyenne du Crétacé (Dalinkevicius 1935, Cappetta 2012).

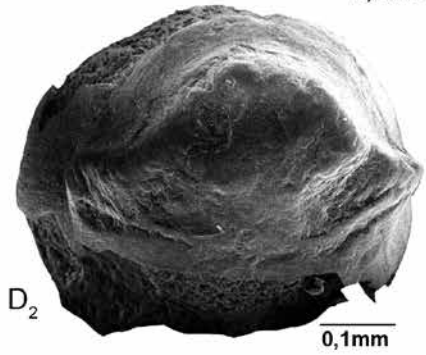
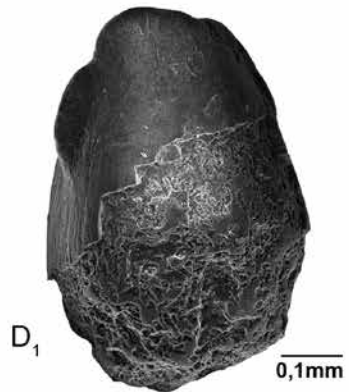
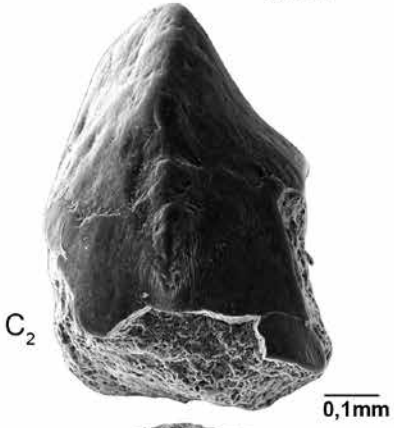
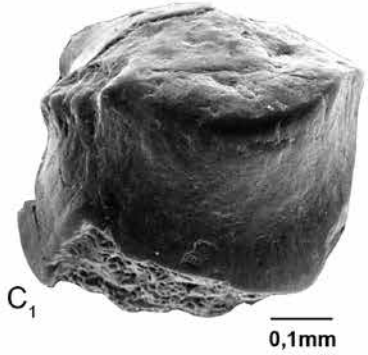
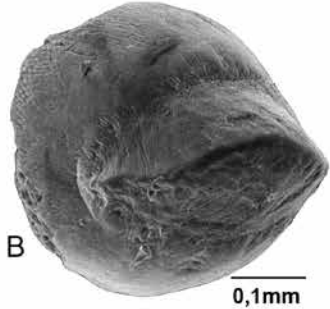
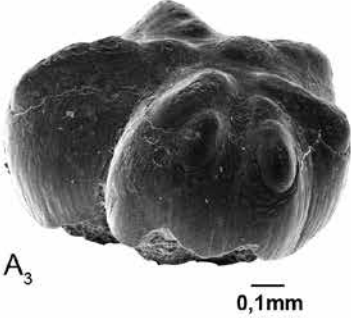
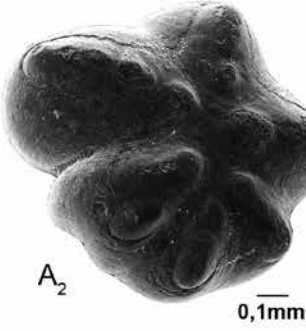
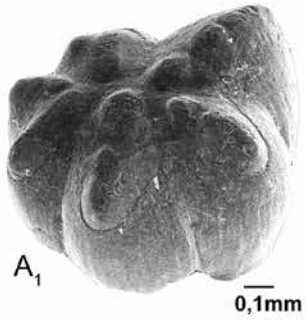
Hybodontiformes incertae familiae

Genre "*Polyacrodus*" "*Polyacrodus*" sp.

Fig. 5D

Matériel : Un spécimen de la collection MnhnL (BM681).

Fig. 4: Actinoptérygiens de la zone à *Laeviuscula* de Longwy. **A.** Dapediidae indet., dent vomérienne ou préarticulaire (MnhnL LGW60), vues apicale oblique (A1), apicale (A2), et de profil (A3). - **B.** Halecomorphi indet. (MnhnL LGW90), vue apicale (B) - **C.** Halecomorphi indet. (MnhnL LGW70). Vues apicale (C1) et de profil (C2) - **D.** Halecomorphi indet. (MnhnL LGW80). Vue de face (D1) et apicale (D2).



Description : Cuspides latérales isolées, pyramidales, ornées de plis très puissants avec nodosités à leur base.

Répartition stratigraphique : Du Trias inférieur au Crétacé supérieur, Europe, Russie, Groenland. Des spécimens en connexion anatomique sont connus du Trias inférieur du Groenland.

Famille **Lonchidiidae** Herman, 1977

Genre *Lissodus* Brough, 1935

Ce genre fossile est connu par des squelettes partiels et des dents isolées.

Lissodus sp.

Fig. 5E

Matériel : Une dent (BM682).

Description : Cette forme globuleuse est lisse mais creusée de cuvettes, elle évoque *Lissodus guennequesi* Delsate, 2004 du Toarcien supérieur de Ginzebiorg (Dudelage, Luxembourg).

Répartition stratigraphique : *Lissodus* est connu du Trias inférieur au Crétacé supérieur.

Des spécimens en connexion anatomique ont été découverts dans le Trias inférieur africain.

Subcohorte **Neoselachii** Compagno, 1977

Les Néosélaciens (Cuny, 2013) comprennent les Selachimorphes (tous les requins actuels en sont), les Batomorphes (toutes les raies actuelles en sont) ainsi que certains genres de requins paléozoïques d'affinité incertaine comme *Cooleyella* ou *Mcmurdodus* (Ginter, 2010; Andreev & Cuny, 2012). A la différence des Euselachii, l'émailloïde des Néosélaciens Selachimorphes est organisé en plusieurs couches (3 chez les Selachimorphes les plus évolués) dont une, diagnostique du groupe, qui possède des cristaux s'amalgamant en faisceaux parallèles à l'axe de la surface de la dent (Andreev & Cuny, 2012; Cuny, 2013). Toutefois, de récents travaux (Guinot & al., 2013) ont montré que cette couche a été

reconnue chez un Ctenacanthiformes du Permien d'Arizona, ce qui en fait maintenant un caractère taxonomique discutable. Pour un état des lieux complet des recherches actuelles sur l'émailloïde des requins, voir [Enault & al., 2015](#). Ces couches de faisceaux de cristaux, d'orientations différentes et constituant l'émailloïde, accroissent la résistance des dents des Selachimorphes.

Superordre **Selachimorpha** Nelson, 1984

Ordre **Hexanchiformes** Buen, 1926

Sous-ordre **Hexanchoidei** Garman, 1913a

Famille **Orthacodontidae** Glikman, 1957

Genre *Sphenodus* Agassiz, 1843

Ce genre dominant au Bajocien inférieur de la carrière d'Ottange-Rumelange est représenté par des dents hautes, fines et pointues munies de bords tranchants, parfaitement adaptés pour transpercer ou dilacerer les proies. Il évoque les Lamniformes du Tertiaire par convergence morphologique. Le matériel est représenté par plusieurs dizaines de dents dans les collections Felten, Fayard et MnhnL.

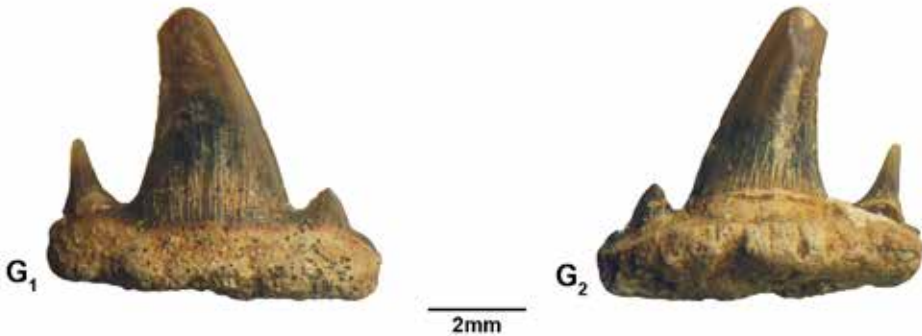
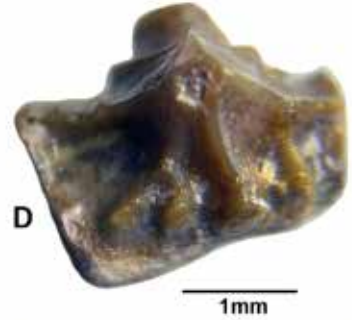
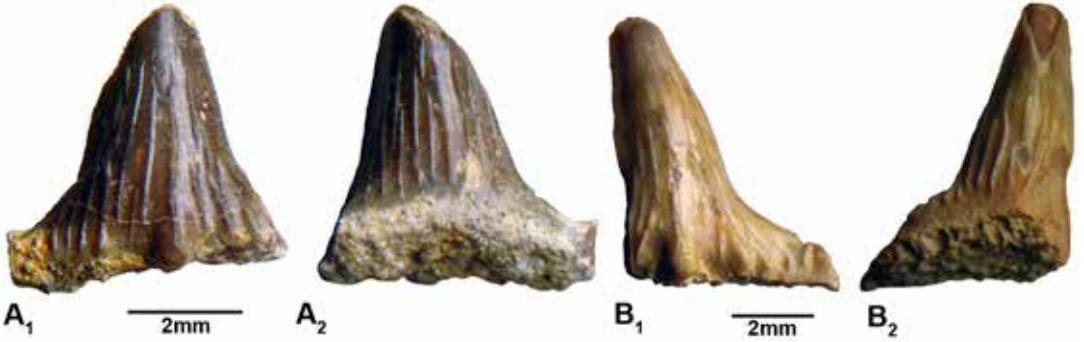
Sphenodus cf. *S. longidens* Agassiz, 1843

Fig. 5F

Matériel : Une dent (MnhnL BM683).

Description: *Sphenodus* cf. *S. longidens*, très fréquent à Ottange-Rumelange, est représenté par des dents millimétriques à centimétriques et à couronne haute et tranchante, de profil souvent sigmoïde (en S). Des plis brefs ornent la base de la face linguale de la couronne. La base de la face labiale présente une fréquente dépression verticale. Les spécimens possédant des cuspides latérales sont très rares (positions dentaires latérales ou postérieures). La racine, plus rarement conservée, est robuste, rectangulaire, subovale ou légèrement triangulaire, avec une projection de direction linguale constante, et traversée de canaux nutritifs bien marqués. La ligne de jonction couronne-racine en face linguale présente une courbure typique convexe vers l'apex.

Fig. 5: Chondrichthyens de la zone à Humphriesianum d'Ottange-Rumelange. A. *Hybodus* sp. (MnhnL BM679), vues labiale (A1) et linguale (A2). - B. *Hybodus* sp. (MnhnL BM680), vues labiale (B1) et linguale (B2). - C. *Acrodus* sp. (MnhnL BM385). - D. "*Polyacrodus*" sp. (MnhnL BM681). - E. *Lissodus* sp. (MnhnL BM682). - F. *Sphenodus* cf. *S. longidens* (MnhnL BM683), vues linguale (F1), labiale (F2) et de profil (F3). - G. *Paraorthacodus* sp. (MnhnL BM684), vues labiale (G1) et linguale (G2).



Répartition stratigraphique : *Sphenodus* est connu du Sinémurien jusqu'à la base du Cénozoïque (Danien), avec une morphologie des couronnes très conservatrice, d'aspect Lamniforme. En Lorraine, *Sphenodus* est également présent dans le Toarcien et l'Aalénien.

Famille **Paraorthacodontidae** Glikman, 1958

Genre ***Paraorthacodus*** Glikman, 1957

Paraorthacodus sp.

Figs. 5G, 6A

Matériel : Deux dents (BM684-685).

Description : Ce genre se distingue parfois difficilement de *Synechodus* [voir les discussions animées entre Thies et Cappetta à ce sujet]. Sa couronne est également nettement moins haute que celle de *Sphenodus*, et porte généralement des plis bien marqués. La cuspide principale est haute par rapport aux cuspides latérales, basses et très nettement séparées de la cuspide principale. Les cuspides latérales sont souvent au nombre de plusieurs paires. Les dents latérales et postérieures demeurent pointues (acuminées). La racine est de contour réniforme en vue basale sur les dents antérieures et droite sur les dents postérieures.

Répartition stratigraphique : le genre est présent au Jurassique inférieur avec *Paraorthacodus* sp. du Carixien de Bornholm (Rees 1998) et du Domérien de Suède (Rees 2000), *Paraorthacodus arduennae* du Carixien des Ardennes françaises (Delsate, 2001), *Paraorthacodus* cf. *P. kruckowi* du Domérien du Mans (Biddle, 1993), *Paraorthacodus kruckowi* de l'Aalénien de Moorberg (Allemagne septentrionale) (Thies, 1983) et persiste jusqu'au Paléocène: *Paraorthacodus eoacenus* (Leriche 1902).

Famille **Pseudonotidanidae** Underwood & Ward, 2004

Genre ***Pseudonotidanus*** Underwood & Ward, 2004

Pseudonotidanus sp.

Fig. 6B

Matériel : Une dent (MnhnL BM686).

Description : La couronne de BM686 est lisse et ornée de plis brefs restreints à la partie inférieure de ses faces labiale et linguale; l'axe de la cuspide principale présente une torsion (de sens non déterminable sur un spécimen incomplet), qui se superpose à son inclinaison distale; la couronne porte également une cuspide latérale très basse.

Discussion : Cette morphologie est compatible avec celle de *Pseudonotidanus* dont la couronne est néanmoins le plus souvent lisse ou très peu ornée.

Répartition stratigraphique : La famille des Pseudonotidanidae comprend les genres *Pseudonotidanus* (Underwood & Ward, 2004), connu du Toarcien avec *P. politus* (Thies, 1992) et *P. terencei* (Delsate & Godefroit, 1995), du Bathonien avec *P. semirugosus* (Underwood & Ward, 2004), ainsi que *Welcommia* connu du Bathonien inférieur ou moyen de Normandie (Cuny & Tabouelle 2014), de l'Oxfordien moyen d'Allemagne (Klug & Kriwet 2010) au Crétacé inférieur (Valanginien) du sud de la France (Cappetta 1990, 2012). Klug (2010) considère que la famille des Pseudonotidanidae appartient à l'Ordre des Synechodontiformes.

Superordre **Selachimorpha** Nelson, 1984

Famille **Protospinacidae** Woodward, 1918

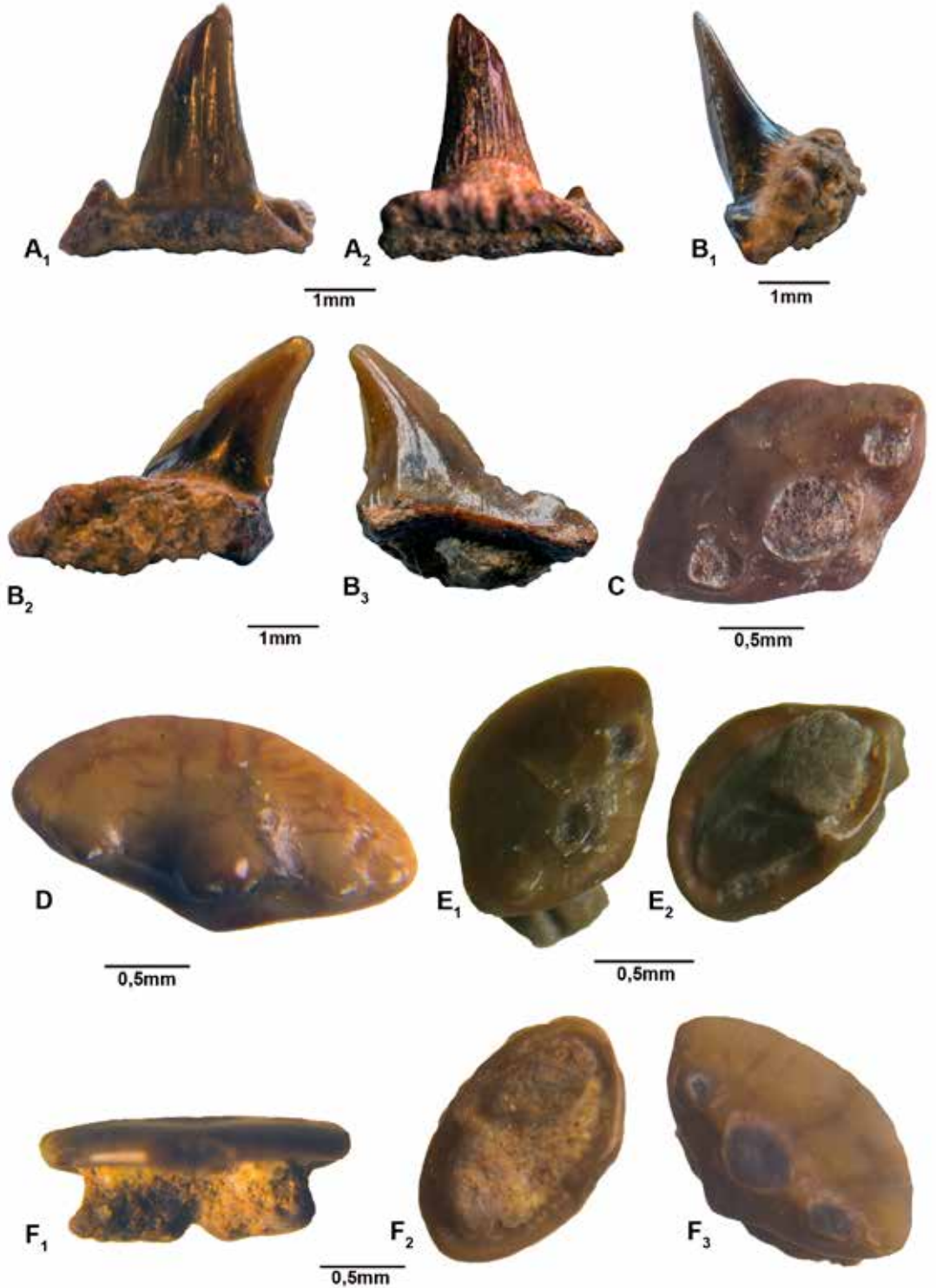
Genre ***Protospinax*** Woodward, 1918

Les dents attribuées à *Protospinax* sont les secondes en abondance, dans le Jurassique moyen de la carrière d'Ottange-Rumelange, après *Sphenodus*.

Kriwet 2003 (à condition de corriger la figure 3: 3I est BGR12508 *Protospinax* sp 2, et 3J est BGR12059 *Squalogaleus*) fournit des caractères de distinction entre *Protospinax* de *Squalogaleus* :

- La partie supérieure de la face labiale de la couronne est concave chez *Protospinax*; elle est convexe ou rectiligne chez *Squalogaleus*;
- La visière labiale (tablier) est modérée chez *Protospinax*, elle est forte et allongée chez *Squalogaleus*,

Fig. 6: Chondrichthyens de la zone à Humphriesianum d'Ottange-Rumelange. **A.** *Paraorthacodus* sp. (MnhnL BM685), vues labiale (A1) et linguale (A2). - **B.** *Pseudonotidanus* sp. (MnhnL BM686), vues de profil (B1), linguale (B2) et labiale (B3). - **C.** *Protospinax magnus* (MnhnL BM688b), dent antéro-latérale. - **D.** *Protospinax magnus* (MnhnL BM687a), dent latérale ou postérieure, cuspide principale peu usée. - **E.** *Protospinax bilobatus* (MnhnL BM689), vues apicale (E1) et basale (E2). - **F.** *Protospinax bilobatus* (MnhnL BM690). Vue de profil basal (F1), basale (F2) et apicale (F3).



- Le bord labial du tablier est concave chez *Protospinax*, mais convexe et formant presque une protubérance chez *Squalogaleus*
- L'uvula (luette) est triangulaire et allongée chez *Protospinax*, elle est pointue et modérément développée chez *Squalogaleus*.
- La face linguale de la couronne de *Squalogaleus* est concave en profil; Duffin 1993 insiste sur le profil convexe et en bosse de la face linguale de la couronne de *Protospinax*, mais Kriwet 2003 signale que ce caractère semble présenter une variation selon la position sur la mâchoire et que la face linguale de la couronne est concave sur les spécimens de *Protospinax* du Jurassique de Pologne (Kleby), de même que les spécimens de *P. Annectans* de Thies 1983.

Les caractères de *Protospinax* se retrouvent sur nos spécimens, quoique le bord du tablier puisse être légèrement convexe plutôt que concave. La concavité du bord labial n'apparaît pas vraiment sur les spécimens que nous figurons ici. A noter que *Protospinax* porte une luette, mais que le tablier labio-basal ne porte aucune apophyse ou autre structure particulière.

Remarque : Les représentants du genre *Protospinax*, les Heterodontiformes et les Orectolobiformes ne dépassaient probablement pas le mètre, et devaient parcourir les fonds marins bien oxygénés, à la recherche de petits poissons ou d'invertébrés. Ils n'ont jusqu'à présent pas été identifiés avant le Toarcien, et forment un ensemble caractérisé par la possession de structures dentaires particulières: une racine fine, arquée [en forme de "V"], indivise ou divisée plus ou moins profondément en 2 lobes, une couronne très fine et dotée de caractères comme la luette et le tablier ou visière, avec, du moins chez les Orectolobiformes et les Batomorphes, (déjà connus au Toarcien mais jusqu'à présent non retrouvés à la carrière d'Ottange-Rumelange) une apophyse qui s'individualise du tablier.

Répartition stratigraphique : *Protospinax* (*sensu* Cappetta 2012 *contra sensu* Cappetta 1987) est connu à partir du Toarcien (par exemple, Lorraine, Normandie et Nivernais), au Bajocien inférieur (Longwy : *P. carvalhoi*), du Bathonien au Callovien anglais, du Toarcien au Tithonien d'Allemagne.

Protospinax magnus Underwood & Ward, 2004

Figs. 6C-D

Matériel : une dizaine de dents en collection Felten et collection MnhnL (BM687, 688 et plateau MEB n° BM393, dont RUMA05).

Description : Il est parfois difficile de différencier les positions antérieures et antéro-latérales de *Protospinax* de celles des Orectolobiformes, morphologiquement proches par l'agencement des cuspides, et le fait que la cuspidie principale peut être aussi haute chez *Protospinax* que chez les Orectolobiformes. Les critères utilisés ici sont : 1° absence (chez *Protospinax*) ou présence (chez les Orectolobiformes) d'une apophyse marquée à la base du tablier labio-basal de la couronne; le corollaire de la présence d'une apophyse du tablier est l'existence de 2 concavités de la couronne sous la base des cuspides latérales (Landemaine 1991); 2° l'usure fonctionnelle des cuspides, absente ou minime chez les Orectolobiformes, mais très marquée (et souvent sur les 3 cuspides) chez *Protospinax*. D'autres critères moins exclusifs sont utilisables, comme la section fort convexe de la cuspidie principale et de son prolongement vers le tablier chez les Orectolobiformes, cette section étant à peine convexe chez *Protospinax*, la forme de la racine, l'index de "Cuspidie" (hauteur de la cuspidie principale (au-dessus du plus grand axe labial médio-distal / hauteur totale de la couronne), l'index de "Basalité" (hauteur du tablier basal (sous le plus grand axe labial médio-distal) / hauteur totale de la couronne).

L'hétérodontie de *Protospinax*, de l'avant de la bouche vers l'arrière, s'exprime par la réduction puis disparition des cuspides latérales et de la principale qui se confond au bord tranchant (voir *Protospinax annectans* Woodward 1918 (Planche 3 de Thies 1983), *Protospinax lochensteinensis* Thies 1983 (Planche 4), différente de l'hétérodontie des Orectolobiformes (réduction asymétrique des cuspides latérales, réduction de la cuspidie principale qui s'incline distalement mais persiste nettement sur les positions postérieures : voir par exemple *Palaeobrachaelurus bedfordensis* Thies 1983 (Planche 9), *Palaeobrachaelurus alisonae* Thies 1983 (Planche 10), *Annea maubeugei* Delsate & Thies 1995), et un accroissement relativement plus important de la longueur médio-distale de la couronne chez *Protospinax*.

Les dents de *Protospinax* ont une couronne plate et lisse, dont la longueur médio-distale est nettement supérieure à la hauteur totale de la couronne (cela est nettement moins évident chez les dents les plus antérieures). L'état d'abrasion des cuspides semble correspondre à la durée de fonctionnalité des dents plutôt que corrélé à la position des dents sur une même demi mâchoire. Les dents des positions antéro-latérales portent une cuspide principale et deux cuspides latérales bien marquées ; le tablier basal de la couronne est convexe, il présente un replat ou même une concavité brisant cette convexité, il n'y a pas d'apophyse individualisée sur cette convexité. La luette, bien différenciée, est triangulaire. Les dents des positions latérales ou postérieures sont plus étirées médio-distalement, et présentent une cuspide principale plus basse et inclinée distalement, avec ou sans cuspides latérales (très basses lorsqu'elles sont présentes); la luette se réduit jusqu'à être quasi imperceptible sur les dents les plus distales.

Discussion : L'aspect étiré aux bords arrondis de la couronne écarte l'espèce *carvalhoi*, à couronne d'aspect rhombique. La plupart des racines des spécimens considérés ci-dessus sont mal conservées et ne permettent pas de distinguer nettement *P. magnus* de *P. bilobatus*. Néanmoins, certains spécimens mieux conservés portent une racine au stade hémiaulacorhize et sont donc attribués à *P. magnus*; en l'absence de racine, les spécimens sont attribués à *P. cf. magnus* par défaut.

Protospinax bilobatus Underwood & Ward, 2004

Figs. 6E-F

Matériel : MnhnL BM690, un spécimen avec racine au stade holaulacorhize; MnhnL BM689, dont les résidus de la racine montrent que le canal était ouvert et les branches de la racine séparées (stade holaulacorhize).

Description : La cuspide principale de BM689 et de BM690 est usée; l'usure est présente sur les 2 cuspides latérales de BM690 mais seule une des deux cuspides de BM689; le tablier de la couronne est régulièrement convexe, sans apophyse individualisée. La racine est très nettement séparée (par un sillon médian) en 2 lobes dont l'un est brisé.

Discussion : La racine nettement divisée en 2 lobes (stade holaulacorhizie) est caractéristique de l'espèce (voir Underwood & Ward 2004a).

Superordre **Galeomorphii** Compagno, 1973

Ordre **Heterodontiformes** Berg, 1937

Famille **Heterodontidae** Gray, 1851

La couronne des dents (non broyeuses) des Heterodontiformes est fine et plate, elle montre une face linguale réduite à un bourrelet, dont se détache une très fine luette; les cuspides sont de tailles comparables et bien séparées les unes des autres, la racine est basse et massive par rapport à la couronne.

Genre *Paracestracion* Koken in Zittel, 1911

Paracestracion sp.

Figs. 7A-B

Matériel : Quelques couronnes fragmentaires dans la collection Felten et celle du MnhnL (BM691-692).

Description : Le tablier basal de la couronne est parfaitement convexe, sans individualisation d'une apophyse. Les cuspides sont acuminées, individualisées à leur base par une nette incision, elles peuvent être de tailles comparables ou présenter une cuspide principale de taille plus importante et bordée de cuspides latérales de hauteurs décroissantes vers les extrémités distales et médiales. Les dents latérales portent des cuspides moins hautes mais plus nombreuses. A la base des faces linguales des cuspides, la couronne est réduite à un rebord, comme chez les positions antérolatérales et postérieures de *Protospinax*. L'usure fonctionnelle des cuspides est importante.

Discussion : Les premiers Heterodontiformes apparaissent au Toarcien, avec *Paracestracion sarstedtensis* du Toarcien et du Jurassique moyen (Thies, 1983), *Paracestracion* cf. *P. sarstedtensis* du Toarcien de Lorraine (Delsate & Lepage 1990), *Paracestracion bellis* du Bathonien anglais (Underwood & Ward, 2004).

Les dents postérieures broyeuses molariformes typiques des Heterodontiformes ne sont connues qu'à partir du Kimméridgien chez le genre *Heterodontus* (Cappetta 2012: 150-151) mais chez *Paracestracion*, elles ne sont mises en évidence que chez les spécimens les plus âgés et les plus grands de

Paracestracion falcifer du Tithonien inférieur de Solnhofen (Bavière, Allemagne) (Cappetta 2012: 152). La base des couronnes des dents adultes chez *Heterodontus* présente une incision que l'on ne trouve pas non plus sur *Paracestracion*. Les dents postérieures de *Paracestracion* se distinguent de celles de *Protospinax*, également très étirées médio-distalement, par le nombre de cuspides qui demeure élevé chez *Paracestracion* et se réduit à une seule chez *Protospinax*.

Ordre **Orectolobiformes** Applegate, 1972

Famille **Brachaeluridae** Applegate, 1972

Brachaeluridae indet. (aff. *Palaeobrachaelurus* Thies, 1983)

Fig. 7C

Matériel : Une dent (MnhnL BM693).

Description : La couronne de BM693 porte 2 paires de cuspides latérales. Elle est étirée médio-distalement, plus longue que haute ; la cuspide principale est légèrement inclinée distalement, modérément élevée, les tranchants des cuspides latérales (deux médiales et deux distales) sont en continuité avec le tranchant de la cuspide principale; la lchette est large; le tablier basal de la couronne est haut, il est large et de contour arrondi ou légèrement triangulaire. Ces dents sont attribuées à des positions antéro-latérales, par la faible inclinaison de direction distale de leur cuspide principale.

Discussion : Ce morphotype attribué à des dents antéro-latérales se rapproche du genre *Palaeobrachaelurus* (Cappetta 2012: 166, fig. 153), également des dents latérales du Brachaeluridae *Eostegostoma* (Cappetta 2012: 166, fig. 153) ainsi que d'un Orectolobiforme nouveau des couches à Crassum de Dudelange-Zoufflgen (Delsate & Weis 2010: pl. 6, fig. 10) dont il se distingue par la hauteur importante du tablier labio-basal de la couronne et la présence de deux cuspides latérales distales et médiales. Par la possession de cuspides latérales et d'une cuspide principale plus haute et plus large, il se distingue de

Protospinax et de *Pseudospinax* (synonyme de *Protospinax* selon Cappetta 2012: 149).

Répartition stratigraphique : Carrière d'Ottange-Rumelange, Marnes sableuses d'Audun-le-Tiche.

Orectolobiforme indet.

aff. *Palaeobrachaelurus mussetti* Underwood & Ward, 2004

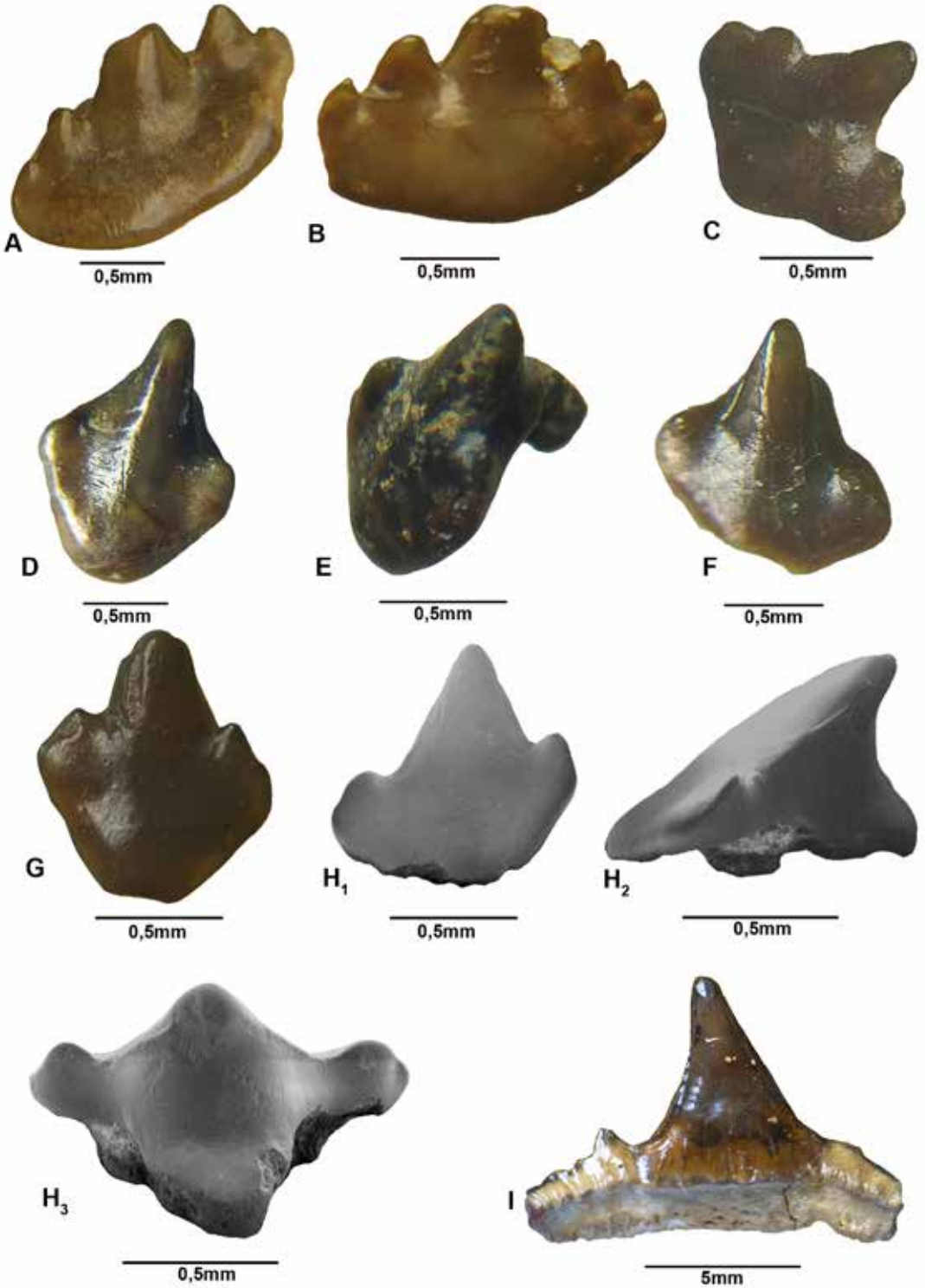
Figs. 7D-H

Matériel : Deux dents antérieures (MnhnL BM655, 657) ; trois dents antéro-latérales

(BM656, 658 et BM393-RUMA06 ; ce dernier spécimen provenant des marnes sous-jacentes aux Marnes Sableuses d'Audun-le-Tiche, entre les récifs du Calcaire d'Audun-le-Tiche).

Discussion générale : Ces dents millimétriques portent une cuspide principale haute flanquée de deux cuspides latérales. Elles se distinguent des Brachaeluridae de type *Palaeobrachaelurus* par la faible individualisation des expansions latérales de la couronne portant les cuspides latérales, ainsi que par l'existence d'un angle entre le plan de la cuspide principale et celui formé par les cuspides latérales. Nous les attribuons à un seul taxon, avec la reconstitution hypothétique suivante du gradient d'hétérodonie, en partant de la symphyse (point de jonction antérieur des rameaux des deux arcs mandibulaires) vers les commissures (région distale des rameaux des deux arcs mandibulaires) de la mâchoire: accroissement progressif de la longueur médio-distale de la couronne, réduction progressive de la hauteur de la cuspide principale, inclinaison progressive de la cuspide principale vers la commissure, réduction progressive de la hauteur du tablier basal de la couronne, individualisation et écartement progressif des cuspides latérales par rapport à la principale, apparition d'un décalage en hauteur de la position des cuspide latérales par rapport à la principale. Ce gradient s'observe dans la suite BM655>BM657>BM656>BM393. La cuspide principale demeure importante même chez les

Fig. 7 : Chondrichthyens de la zone à Humphriesianum d'Ottange-Rumelange. **A.** *Paracestracion* sp. (MnhnL BM691). Vue labiale. - **B.** *Paracestracion* sp. (MnhnL BM692). Vue labiale. - **C.** Brachaeluridae indet. aff. *Palaeobrachaelurus* (MnhnL BM693). Vue labiale. - **D.** aff. *Palaeobrachaelurus mussetti* (MnhnL BM655), dent antérieure. Vue labiale. - **E.** aff. *Palaeobrachaelurus mussetti* (MnhnL BM657), dent antérieure. Profil. - **F.** aff. *Palaeobrachaelurus mussetti* (MnhnL BM656), dent antéro-latérale. Vue labiale oblique. - **G.** aff. *Palaeobrachaelurus mussetti* (MnhnL BM658), dent antéro-latérale. Vue labiale. - **H.** aff. *Palaeobrachaelurus mussetti* (MnhnL BM393-RUMA06), vues labiale (H1), de profil (H2) et linguale (H3), (photo MEB). - **I.** *Synechodus levis* (MnhnL BM285), vue labiale.



dents latérales. Le tablier labial est très haut sur les dents antérieures; une apophyse (large, arrondie ou légèrement triangulaire) s'individualise à peine du tablier labial de la couronne. La couronne est lisse, la lchette est courte mais large, de contour triangulaire à arrondi, la racine est hémiaulacorhize et présente 2 lobes, prenant la forme d'un cœur.

Description des dents antérieures : La couronne de BM655 et de BM657 a la forme d'une "selle de vélo"; la cuspide principale est haute, droite et robuste; ce morphotype possède un tablier basal très haut par rapport à la hauteur totale de la couronne; ce tablier est large et son bord est convexe; la section transversale de la cuspide principale et de son prolongement sur la couronne jusqu'à la base du tablier est convexe.

Description des dents antéro-latérales : La hauteur de la couronne est supérieure à sa longueur médio-distale, la cuspide principale est haute, la section labiale de la cuspide principale est convexe; la lchette est très large et de contour arrondi ou subrectangulaire; les 2 cuspides latérales sont basses, leur position est souvent décalée; la racine, rarement conservée, est formée de 2 lobes.

Discussion : Ce morphotype est proche de *Palaeobrachaelurus mussetti* (Underwood & Ward 2004), mais

- sa taille atteint le double de celle de *P. mussetti*,
- l'épaisseur labio-linguale de la couronne est supérieure à celle de *P. mussetti*,
- ses cuspides latérales sont nettement moins individualisées de la couronne que celles de *P. mussetti*, qui sont mieux isolées dès les positions antérieures,
- la divergence entre le plan des cuspides latérales et celui de la cuspide principale est plus marquée que chez *P. mussetti*.

La différence avec les autres espèces attribuées au genre *Palaeobrachaelurus* s'exprime surtout dans la hauteur importante du tablier et les moindres développement et individualisation des cuspides

latérales. Il diffère aussi des Orectolobiformes *incertae familiae* du Bathonien anglais: de *Dorsetoscyllium*, par la présence de cuspides latérales (absentes ou vestigiales chez *Dorsetoscyllium*), d'*Ornatoscyllium*, par l'absence d'ornementation et la structure différente des expansions médiales et distales de la couronne portant les cuspides latérales, de *Heterophorcynus microdon* (Underwood & Ward, 2004), par un plus forte extension méso-distale des dents latérales et le plus important développement des cuspides latérales et la moindre hauteur de la partie basale de la couronne. Le tablier basal très haut de la couronne évoque *Mesiteia*, un Orectolobiformes Hemiscylliidae du Crétacé du Liban (Gorjanovic-Kramberger, 1885 in Cappetta, 2012: 158). La présence de cuspides latérales bien développées et la taille plus importante du tablier le distinguent de *Protospinax*, ainsi que de *Pseudospinax* (Müller & Diedrich, 1991 et Kriwet, 2003), dont la cuspide principale est de structure plus fine, plus acuminée et plus basse. Les cuspides montrent très peu d'usure fonctionnelle par rapport à celles observées chez *Protospinax* dont certains morphotypes (surtout les dents antérieures) sont proches des dents d'Orectolobiformes.

Un morphotype voisin de BM656, avec deux cuspides latérales, est également présent dans les niveaux à Crassum du Toarcien de Dudelange-Zoufftgen (Delsate & Weis, 2010: pl. 6, fig. 10), mais la partie basale de la surface labiale de la couronne est nettement plus importante chez la forme du Bajocien présentée ici, et la forme du Toarcien de Dudelange-Zoufftgen est nettement plus élargie médio-distalement.

Ordre **Synechodontiformes** Duffin & Ward, 1993

Famille **Palaeospinacidae** Regan, 1906

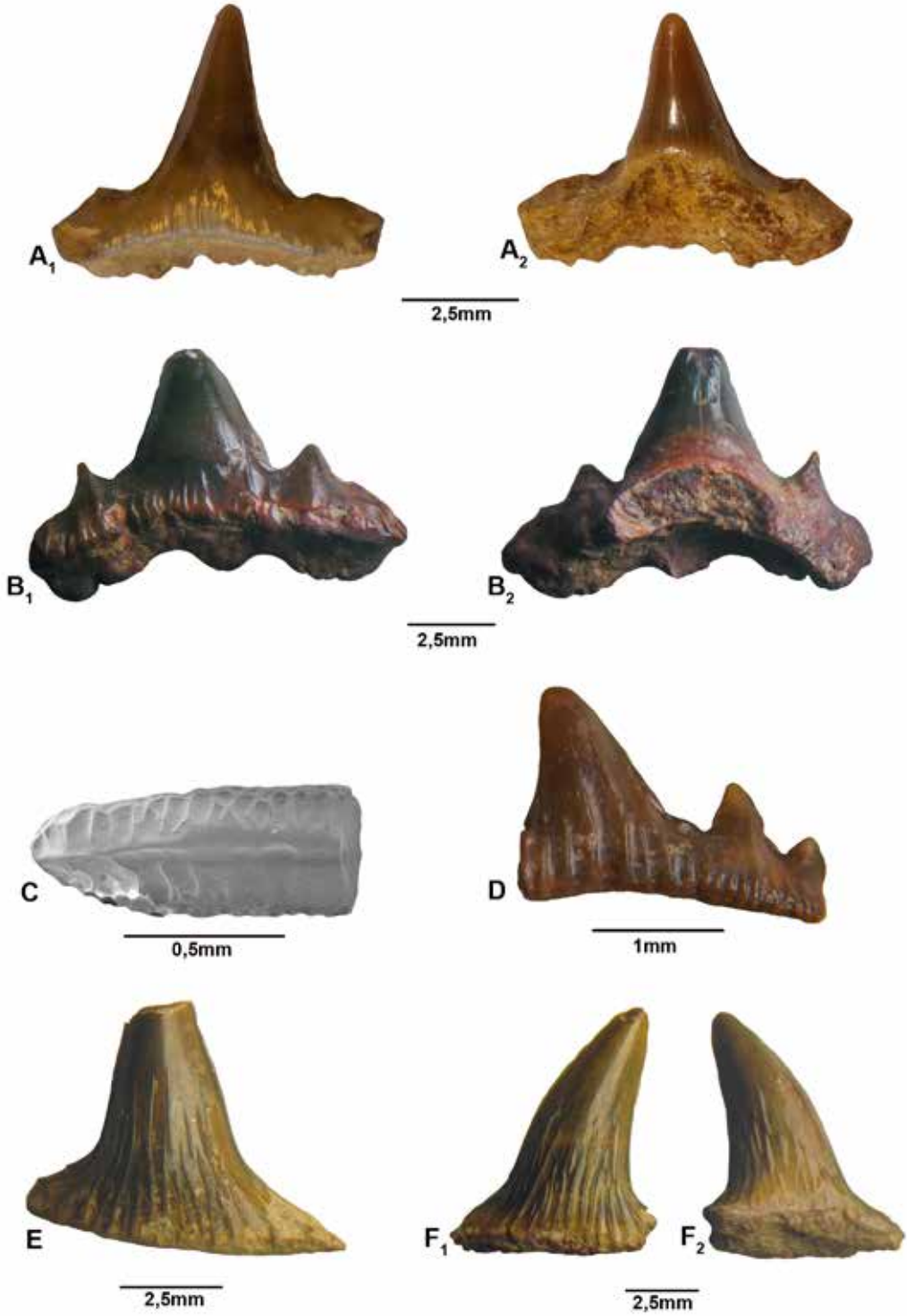
Genre *Synechodus* Woodward, 1888

Synechodus levis (Woodward, 1889)

Figs. 7I, 8A-B

Matériel : Le matériel attribué à *Synechodus levis* comprend BM285 et plusieurs fragments ou dents incomplètes dans les collections Felten et

Fig. 8 : Chondrichthyens de la zone à Humphriesianum d'Ottange-Rumelange. A. *Synechodus levis* (MnhnL BM659), vues labiale (A1) et linguale (A2). - B. *Synechodus levis* (MnhnL BM660), vues labiale (B1) et linguale (B2). - C. *Synechodus* cf. *duffini* (MnhnL BM393-RUMA11), dent postérieure, photo MEB. - D. *Synechodus* cf. *duffini* (MnhnL BM661), dent antéro-latérale. Vue labiale. - E. *Synechodontiformes* indet. (MnhnL BM662), vue labiale. - F. *Synechodontiformes* indet. (MnhnL BM663), vues labiale (F1) et linguale (F2).



MnhnL (BM659-660). Le spécimen BM263 figuré par Delsate, 1995 (Pl. 1, fig. 5a) et attribué à *Sphenodus*, entre plutôt, par sa cuspside latérale bien développée, dans la diagnose de *Synechodus levis*.

Description : Les dents de la partie antérieure de la mâchoire (BM285, BM659, BM660) possèdent des cuspsides élevées, tranchantes, triangulaires, ornées de fins plis peu élevés; la cuspside principale très large est entourée de petites cuspsides latérales. Les dents en position latérale possèdent des cuspsides basses et inclinées. Les racines (ou plaques basales) ne sont pas conservées.

Synechodus cf. *S. duffini* Underwood & Ward, 2004
Figs. 8C-D

Matériel : Deux spécimens (MnhnL BM393-RUMA11).

Description : Sur la dent de position antérieure, la cuspside principale est droite, ornée de côtes fortes et montant haut vers l'apex. Sur la dent postérieure ou commissurale, les plis sont également fort marqués. Les faibles dimensions font opter pour *S. duffini* plutôt que pour *S. levis*, forme plus grande. Les racines (ou plaques basales) ne sont pas conservées.

Remarque : Moins fréquente et plus petite que *Synechodus levis*. La dent antérieure évoque également *Synechodus riegrafi* de l'Oxfordien de Buchsteige (Sud Allemagne) (Thies, 1983).

Synechodontiformes indet.

Figs. 8E-F

Matériel : Deux spécimens de la collection MnhnL (BM662-663).

Description : La cuspside principale est droite sur la dent antérieure (BM662), ou inclinée distalement sur la dent antéro-latérale (BM663). La forme évasée de la cuspside principale, à base nettement élargie, l'ornementation labiale par des plis verticaux

bien marqués et élargis à leur base, et des rides "flottantes" (n'atteignant ni la base ni l'apex de la couronne) sont les caractères communs aux deux spécimens. Les racines (ou plaques basales) et les cuspsides latérales ne sont pas conservées.

Discussion : Il est difficile de proposer une identification précise en l'absence de cuspsides latérales et de racines. Les dimensions et la structure de la cuspside principale aux bords tranchants translucides et fins évoquent les *Synechodontiformes*, mais également le genre *Pseudonotidanus*. Néanmoins l'ornementation forte des spécimens BM662-663 s'écarte de celle de *Pseudonotidanus politus* (Thies, 1992), *Pseudonotidanus terencei* (Delsate & Godefroit, 1995), à ornementation très faible ou absente, ainsi que de celle de *Pseudonotidanus semirugosus* (Underwood & Ward, 2004) qui possède de nombreux plis plus brefs à la base des faces labiale et linguale de la couronne. La couronne de *Paranotidanus* (Hexanchiformes) est lisse et ce genre est donc également écarté (voir Underwood & Ward, 2004: pl. 8).

Écailles placoïdes (denticules dermiques) de requins

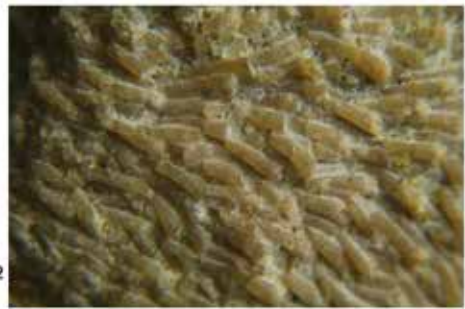
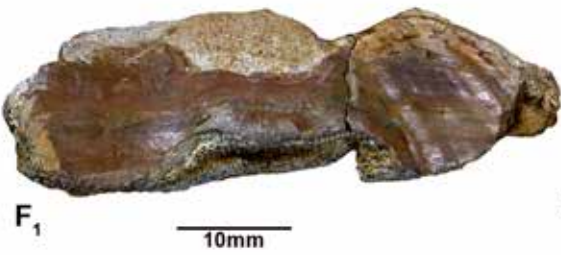
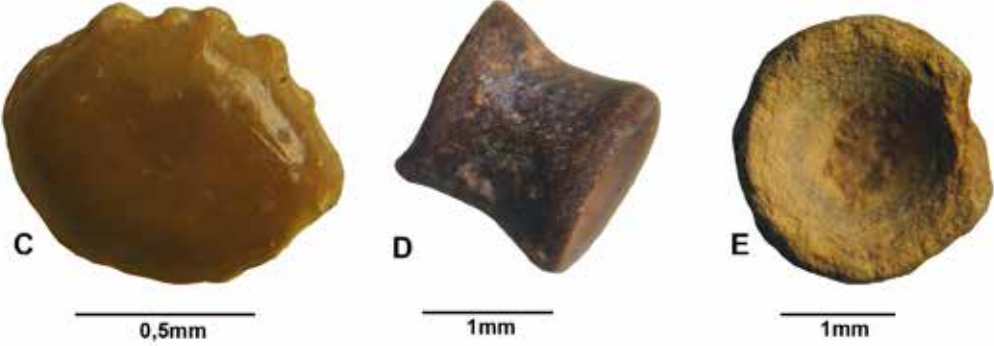
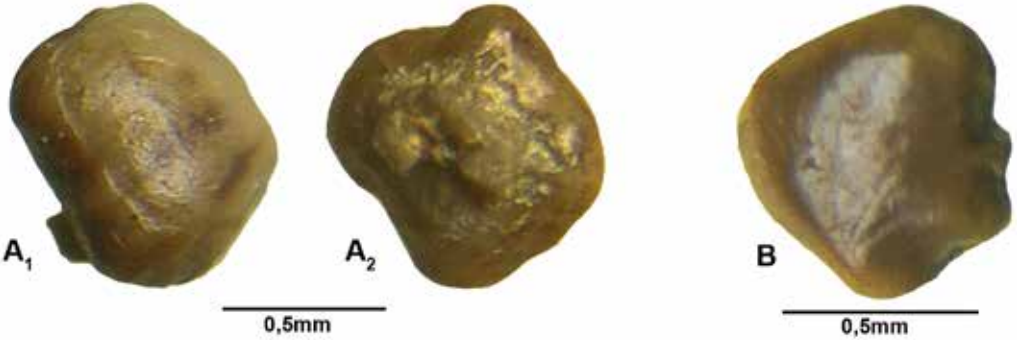
Figs. 9A-C

Matériel : Plusieurs spécimens dans la collection Felten et MnhnL (BM664-666).

Description : Les denticules dermiques des requins sont, comme les dents, formés d'une couronne portée par une racine (ou plaque basale). Leur structure varie fortement non seulement selon les familles mais aussi selon la position sur le corps (voir par exemple Cappetta 2012 : 39, fig. 26). Le spécimen BM665 (Fig. 9B) évoque le morphotype 7 du type placoïde de Thies 1995 (voir aussi Leidner & Thies 1999), attribué à *Synechodus*: il a la forme d'une pointe de flèche, aux angles émoussés, avec une apophyse antérieure légèrement bifide.

La couronne de BM664 est aplatie, losangique et tabulaire. Ses bords sont convexes, avec quelques rides ou bourrelets verticaux. Le pédicule basal, ou

Fig. 9: Chondrichthyens et actinoptérygiens de la zone à Humphriesianum d'Ottange- Rumelange. **A.** Denticule dermique de requin (MnhnL BM664), vues externe (A1) et basale (A2). - **B.** Denticule dermique de requin (MnhnL BM665). Vue externe. - **C.** Denticule dermique de requin (MnhnL BM666). Vue externe. - **D.** Vertèbre de requin (MnhnL BM667), centrum, vue de profil. - **E.** Vertèbre de requin (MnhnL BM668), centrum, vue d'enfilade. - **F.** Callorhynchidae indet. (MnhnL BM485), plaque dentaire, vue de face (F1) et détail de la structure (F2). - **G.** Dent d'actinoptérygien, Halecomorphi ou Halecostomi (MnhnL BM669a). - **H.** Dent d'actinoptérygien, Halecomorphi ou Halecostomi (MnhnL BM669b). - **I.** Dent d'actinoptérygien, Halecomorphi (MnhnL BM670). - **J.** Dent d'actinoptérygien, Halecomorphi (MnhnL BM671), vues de profil (J1) et de face (J2).



"racine", est partiellement conservé; il est mince, de forme circulaire, et porte un foramen central. La couronne du spécimen BM666 est également tabulaire, hexagonale, avec des rides marginales et encoches antérieures. Ces deux spécimens évoquent le morphotype placéide 11 de Thies 1995 (Fig. 6), attribué à des Galeomorphii ou Squatinomorphii indéterminés. Le premier intercalaire marno-sableux du niveau IV de la carrière d'Ottange-Rumelange (niveau IV-2 ; Fig. 2) livre également des denticules plus fins, avec des plis obliques sur la surface de la couronne (morphotypes placéides 8-9 de Thies 1995) ils appartiennent très probablement aux Synechodontiformes.

Vertèbres de requin

Figs. 9D-E

Matériel : Le matériel comprend plusieurs spécimens dans la collection Felten et MnhnL (BM667-668).

Description : Il s'agit de vertèbres cyclospindyles, en forme de diabolos, sans ornementation, semblables aux vertèbres de Synechodontiformes du Sinémurien, figurées par Duffin & Ward, 1993.

Classe Chondrichthyes Huxley, 1880

Sous-classe Holocephali Bonaparte, 1832-1841

Par rapport aux requins et raies, chez les chimères, les fentes branchiales sont protégées par un repli operculaire, et la denture consiste en quelques (au moins $2 + 4 = 6$) plaques broyeuses dont les triturateurs montrent par abrasion les tubules de pléromine.

Ordre **Chimaeriformes** Obruchev, 1953

Sous-ordre **Chimaeroidei** Patterson, 1965

Superfamille **Callorhynchoidea** Didier, 1901

Famille **Callorhynchidae** Garman, 1901

Callorhynchidae indet.

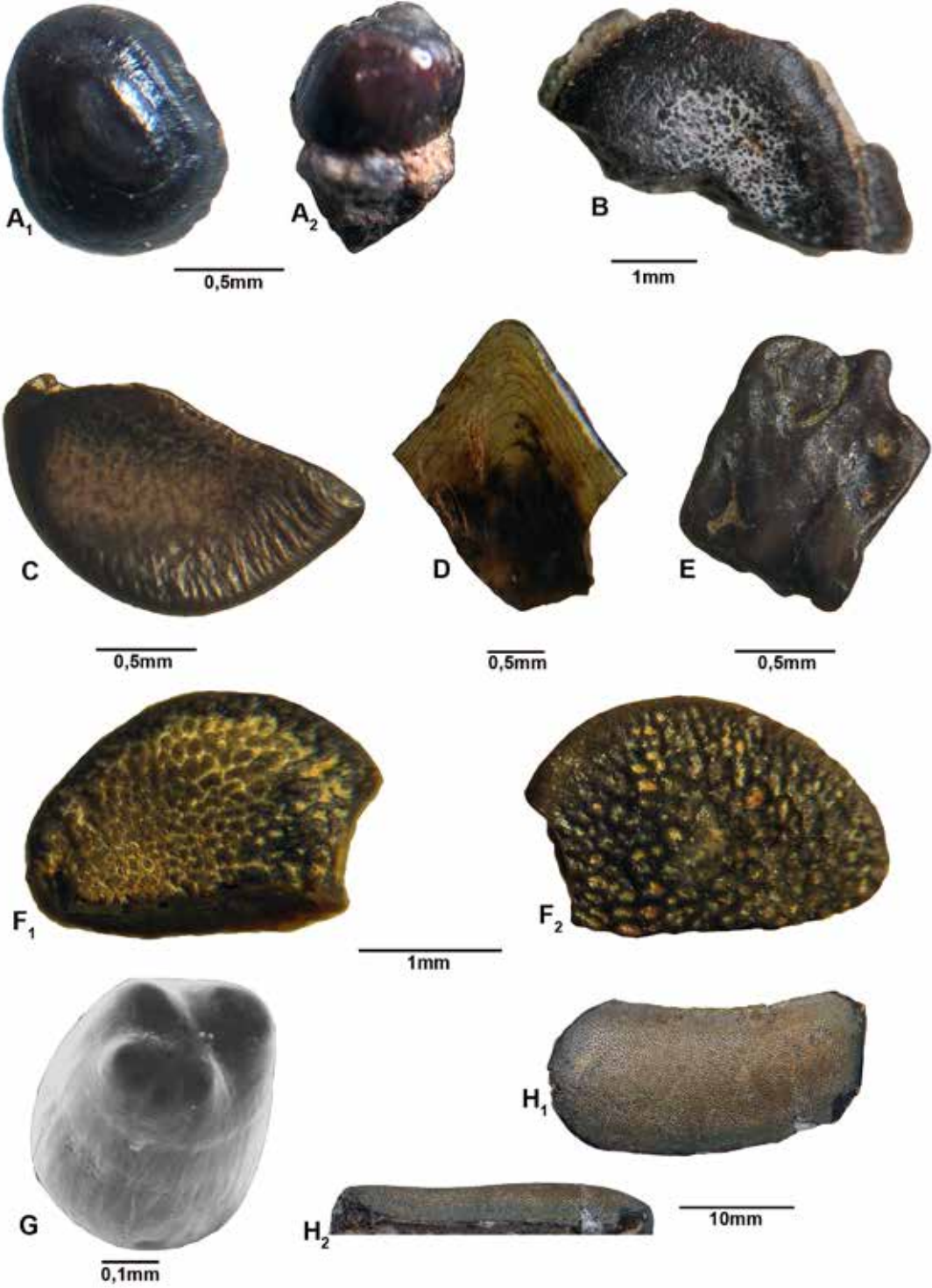
Fig. 9F

Matériel : Un seul exemplaire (MnhnL BM485).

Description : Cette plaque dentaire de 50 mm de longueur, probablement mandibulaire (ou plaque inférieure postérieure), porte 3 triturateurs, alignés sur le bord médial ou interne, formant la surface fonctionnelle broyeuse de la face orale. Les tubules caractéristiques de pléromine sont bien exposés au niveau des triturateurs. Le triturateur antérieur est rectangulaire et dirigé obliquement, le triturateur médian est ovoïde, c'est le plus étendu, il est contigu au triturateur postérieur, qui est interrompu par une cassure. Dans le prolongement externe des triturateurs, une lame brillante présente des stries longitudinales de croissance, et quelques plis faibles qui convergent vers le bord postéro-interne; c'est la lame descendante, séparant le bord labial (externe) et la face symphy-saire (en contact avec son homologue), formant la surface non abrasée, non utilisée dans le processus occlusal, et recouverte sur le vivant par des tissus mous. La zone médiane de la lame brillante est surélevée par rapport au plan des zones antérieure et postérieure. La face basale est creuse.

Discussion : Il s'agit probablement d'un Chimaeroidei plutôt qu'un Myriacanthoidei (Trias et Jurassique) ou qu'un Squalorajoidei (Jurassique inférieur) (Patterson 1965, 1995, Casier 1959, Duffin & Delsate 1993). La lame brillante descendante et séparant la face labiale de la face symphy-saire existe chez les Chimaeroidei Callorhynchidae *Callorhynchus*, *Brachytheristes* (Toarcien de Ohmden, Allemagne), *Brachymylus* (Pliensbachien d'Allemagne, Callovien et Oxfordien de Grande Bretagne, Jurassique supérieur de Russie), *Pachymylus* (Callovien de Grande Bretagne), et l'Edaphodontidae *Ischyodus* (parfois classé dans les Callorhynchidae, Bajocien à Eocène d'Europe et

Fig. 10: Actinoptérygiens de la zone à Humphriesianum d'Ottange-Rumelange. **A.** Dent d'actinoptérygien, Sémi-onotiformes, Macrosemiidae (MnhnL BM672). Vues apicale (A1) et de profil (A2). - **B.** Dent d'actinoptérygien, pycnodontiforme indéterminé aff. *Macromesodon* (MnhnL BM673). Vue occlusale. - **C.** Dent d'actinoptérygien, pycnodontiforme indéterminé aff. *Macromesodon* (MnhnL BM674). Vue occlusale. - **D.** Ecaille ganoïde d'actinoptérygien (MnhnL BM676). - **E.** Ecaille ganoïde d'actinoptérygien (MnhnL BM677). - **F.** Dent d'actinoptérygien, pycnodontiforme indéterminé aff. *Macromesodon* (MnhnL BM675). Vue occlusale (F1) et vue basale de la couronne (F2). **Matériel complémentaire du Toarcien-Aalénien :** **G.** *Dapedium* sp., dent multicuspidé, vue apicale oblique, photo MEB (TU985). Toarcien, Couches à Crassum, Halanzy (B) - **H.** *Asteracanthus magnus*, dent latérale, vue occlusale (H1) et vue de profil (H2) (MnhnL HU240). Aalénien, Marnes de Ternel, Zone à Concavum, Rumelange-Hutberg (L).



d'Amérique du Nord, Miocène à Pliocène d'Australie). On peut penser à *Ischyodus* considérant sa présence bien documentée au Bajocien, mais il semble plus réaliste d'envisager une attribution à une plaque mandibulaire, par comparaison aux plaques des Callorhynchidae. Les restes d'Holocéphales sont rares parmi les ichthyofaunes. C'est ici le second signalement de chimères dans le Jurassique du Luxembourg: le seul autre Chimæriiforme connu du Luxembourg est *Halonodon luxembourgensis* (Duffin & Delsate 1993), de la Zone à Angulata (Hettangien supérieur) de Brouck. Le spécimen, identifié comme Myriacanthoidei par Delsate & Felten 2005:116, n'appartient pas à un poisson (étude en cours).

Le spécimen BM485 sera décrit en détail par Popov et al. (en préparation).

Classe **Osteichthyes** Huxley, 1880

Sous-classe **Actinopterygii** Klein, 1885

Dans le Bajocien inférieur de Rumelange, les poissons sont représentés par des dents et des écailles. Il n'y a pas de spécimen en connexion.

Dents d'Actinoptérygiens

Figs. 9G-J et 10A-C, F

Les formes dentaires attribuées aux actinoptérygiens sont variées et de dimensions généralement millimétriques. Elles ont nombreuses dans les collections MnhnL et Felten. Les formes hautes et à section circulaire sont attribuées à des carnivores (prédateurs de petits poissons, d'invertébrés à corps mou), elles sont très communes chez les Actinoptérygiens de diverses époques; les dents globuleuses ou plates sont typiques des broyeurs durophages (mollusques, arthropodes).

Matériel : Nombreux spécimens dans la collection Felten et MnhnL (BM669-675).

Description : Des dents pointues millimétriques ou plurimillimétriques, possèdent une base légèrement ou profondément striée et un capuchon apical circulaire et lisse (BM669); la hauteur respective de ces deux structures prenant des proportions variables: elles sont attribuables ici à des Halécomorphes (Caturidae ou Ionoscopidae *Furo* (*Eugnathus*) ou *Ionoscopus*) ou à des Halécostomes Pachycormiformes (apparus au Toarcien) comme *Sauropsis*.

Des dents hautes (BM670) ou plus globuleuses (BM671), à apex pincé formant une lame apicale, sont attribuables à des Halécomorphes non *Eugnathus*: des Caturidae ou des Ionoscopidae cf. *Ionoscopus* (Mudroch & Thies 1996: pl. 2, figs 7-10; Kriwet 1998; Delsate et al. 2002b).

Les formes globuleuses (BM672) sont circulaires, subovales ou allongées, leur base est ornée de fines stries verticales, leur apex est translucide et présente des formes variées: un large cône émoussé, un dôme, une coupole; il peut aussi être étiré longitudinalement. Ces dents globuleuses qui évoquent les Lépisosteiformes du type *Lepidotes* (genre connu du Sinémurien au Toarcien) sont ici attribuées à des Sémionotiformes Macrosemiidae, des broyeurs de mollusques ou d'oursins, connus du Trias au Cénomaniens (voir Lopez-Arbarello, 2012). Les formes plates, subcirculaires ou subovales, à surface légèrement concave (BM673, BM674 & BM675), montrent une histologie homogène, avec à leur base de fins orifices prolongés par des tubules qui s'étalent en surface. La base de ces dents manque souvent. Ces types morphologiques évoquent les dents du requin *Asteracanthus*, mais les différentes positions dentaires de ce genre ont une couronne nettement convexe, à la surface souvent ornée de perforations, de cuvettes ou de petits plis; par contre, les spécimens BM673, BM674 et BM675 sont plats ou légèrement concaves, et correspondent plutôt à un Actinoptérygien Pycnodonte, comme *Macromesodon* (voir Mudroch & Thies 1996; Kriwet et al. 1997: fig. 6abc) ou *Proscimetus* (voir Mudroch & Thies 1996). Chez *Macromesodon*, les dents du type 1 et sous-type 1 sont circulaires à semi-circulaires ou subovales; celles du type 2 sont étendues latéralement. Leur largeur maximale atteint 4 mm, avec une moyenne de 2.8 mm, leurs bords sont arrondis ou angulaires; en vue apicale, elles sont asymétriques ou prennent la forme d'un haricot; leur couronne est cependant lisse, sans ornementation, leur surface est légèrement concave en profil latéral. Des spécimens semblables à ceux du Bajocien de Rumelange existent dans les couches à Crassum du Toarcien belge (Halanzy) et dans le Toarcien supérieur (Z. Thouarsense-Bonarelli) du seuil du Poitou (site de Champeau- Champdeniers, inédit) où ils sont accompagnés de dents en forme de "pelle" bifide (Kriwet et al. 1997, figs 6abcd): ce sont les dents antérieures, incisiformes, caractéristiques des Pycnodontiformes, confirmant ce groupe dans la faune en question.

Ecailles ganoïdes d'Actinoptérygiens

Figs. 10D-E

Matériel : Plusieurs spécimens dans la collection MnhnL (BM676-78).

Description : Des écailles carrées, rectangulaires ou losangiques, recouverte d'une couche brillante épaisse, la ganoïne, peuvent appartenir à des Ginglymodes (Sémionotiformes ou Lépisostéiformes; Lopez-Arbarello, 2012), des Furidae, des Pholidophoriformes, etc. Certaines de ces écailles présentent une apophyse dorsale triangulaire typique des articulations "peg and socket" entre les écailles de ces groupes (BM678).

Comparaisons des faunes du Toarcien au Bathonien (Jurassique inférieur-moyen)

Dans le Toarcien de la bordure nord-est du Bassin de Paris (Lorraine française et belge, Grand-duché de Luxembourg), les zones à Falcifer et à Bifrons, à fond hypoxique à anoxique (Hermoso et al, 2014), n'ont livré que *Hybodus hauffianus*, et de rares Synechodontiformes, malgré l'abondance et la diversité des Actinoptérygiens (Delsate 1999; Delsate & Maubeuge 2000). Dès la fin de l'épisode

Tableau 1 : Répartition des taxa de chondrichthyens à Halanzy, Dudelange-Zoufftgen et Ginzebiérg.

HALANZY (B)	DUDELANGE-ZOUFFTGEN (L)	DUDELANGE-ZOUFFTGEN (L)	GINZEBIERG (L)
Crassum	Crassum-Variabilis	Thouarsense-Bingmanni	Levesquei
		Hybodontidae indet	<i>Lissodus, Asteracanthus</i>
<i>Synechodus cf. duffini</i>	<i>Synechodus cf. duffini</i>	<i>Synechodus cf. duffini</i>	<i>Rhomphaiodon/Synechodus</i>
<i>Protospinax magnus</i>	<i>Protospinax magnus</i>	<i>Protospinax magnus</i>	? <i>Protospinax</i>
<i>Paracestracion sarstedtensis</i>	<i>Paracestracion sarstedtensis</i>	<i>Paracestracion sarstedtensis</i>	<i>Paracestracion sp.</i>
" <i>Heterodontus</i> " <i>duffini</i>	" <i>Heterodontus</i> " <i>duffini</i>	" <i>Heterodontus</i> " <i>duffini</i>	
		<i>Orectolobiforme</i> gen. & sp. nov.	
<i>Palaeobrachaelurus alisonae</i>	<i>Palaeobrachaelurus alisonae</i>	<i>Palaeobrachaelurus alisonae</i> + <i>P. aperizostus</i>	<i>Palaeobrachaelurus sp.</i>
<i>Annea maubeugei</i>		<i>Annea maubeugei</i>	
aff. <i>Ornatoscyllium</i>		aff. <i>Ornatoscyllium</i>	
<i>Jurobatus cappettai</i>	<i>Jurobatus cappettai</i>		
			<i>Microtoxodus</i>
<i>Toarcibatis Cristabatis</i>	<i>Toarcibatis, Cristabatis</i>	<i>Toarcibatis, Cristabatis</i>	<i>Doliobatis</i>
<i>Pseudorhina acanthoderma</i>		<i>Pseudorhina alifera</i>	
<i>Phorcynis</i> sp			
aff. <i>Corysodon</i>			

anoxique-hypoxique des schistes cartons et des marnes pyriteuses à Bifrons, soit dès les couches à Crassum (Delsate et al. 1989; Delsate & Lepage 1990; Delsate 1992, 1993a, 1995, 1997; Delsate & Thies 1995; Delsate & Candoni 2001, 2002; Delsate & Weis 2010), la faune de Chondrichthyens est d'emblée abondante et diversifiée en genres, avec plusieurs taxons de Batomorphes et d'Orectolobiformes.

Ainsi, au sommet de la zone à Bifrons, le niveau à Crassum (marne lumachelique à bélemnites, ammonites, faunules de bivalves et gastéropodes) livre une faune "innovante", avec *Protospinax*, l'Hétérodontiforme *Paracestracion*, des raies abondantes et déjà variées (Archaeobatidae), le Squatiniforme *Pseudorhina*, et le groupe déjà très diversifié des Orectolobiformes, avec *Palaeobrachaelurus alisonae* et *P. aperizostus*, *Annea maubeugei*, *Ornatoscyllium* sp., "*Heterodontus*" *duffini* (à notre avis plutôt un Orectolobiforme) et *Jurobato cappettai*. *Corysodon* et *Phorcynis* du Jurassique supérieur sont représentés chacun par un spécimen de Halanzy (Aubange, Belgique).

La zone à Thouarsense de Dudelage-Zoufftgen (Luxembourg) livre les mêmes groupes et un nouvel Orectolobiformes (Delsate & Weis, 2010).

Les marnes lumacheliques grossières à gros débris coquilliers (donc en environnement différent de celui des couches à Crassum) de la sous-Zone à Mactra, Zone à Aalensis du Toarcien supérieur de Dudelage-Ginzeberg (Delsate, 2004), situé à quelques km de Dudelage-Zoufftgen, livrent une faune différente, principalement constituée de broyeur, où les Hybodontiformes (*Lissodus*, *Asteracanthus*) sont à nouveau présents et où les dents d'Orectolobiformes sont minoritaires, ce groupe contenant cependant une forme à couronne tranchante, *Microtoxodus* Delsate 2003 (ce genre est mis en attente par Cappetta 2012, il pourrait être un synonyme plus récent de *Folipistrix* Kriwet 2003; Pour Landemaine (communication personnelle), *Microtoxodus* et *Folipistrix* représenteraient respectivement les dents supérieures et inférieures d'un même taxon, présent du Toarcien moyen de France (zone à Variabilis) au Bajocien supérieur de France (zone à Parkinsoni), ainsi que sa forme ancestrale dans la zone à Bifrons). Des Batomorphes (*Doliobatis*) sont également présents.

Le Toarcien de Normandie (Feuguerolles-sur-Orne, travail en cours par Delsate & Chesnier) livre Synchodontiformes et *Sphenodus* dès la Zone

à Tenuicostatium, des Batomorphes (*Toarcibatis*), *Protospinax*, aff. *Squalogaleus*, *Orectolobiformes* et *Paracestracion* dès la Zone à Serpentinum; dans la Sarthe, le gisement de La Vègre près de Chassillé (Delsate & Candoni, 2001) offre des Batomorphes Archaeobatidae *Toarcibatis multicristata* dès la Zone à Tenuicostatium, alors que le site de Chaumitton de la Zone à Serpentinum renferme *Toarcibatis brevicristata*.

Ainsi sont mis en place dès le Toarcien la plupart des groupes actuels de requins, avec deux groupes particulièrement diversifiés, les raies Archaeobatidae et les Orectolobiformes. Les comparaisons fauniques (Delsate, en cours) avec l'Alsace, le Normandais, la Normandie, la Sarthe, offrent en plus la preuve que la faune présente dans le Nord-Est du Bassin de Paris au sommet de la Zone à Bifrons est déjà en place dans le Nord-Ouest (Sarthe, Normandie) dès la Zone à Falciferum (Province Nord-Ouest Européenne), en sédimentation oxygénée plus favorable. Les variations de la température de l'eau de mer (réchauffements nets au Toarcien basal et au milieu de la zone à Bifrons) ne sont pas étrangères à ces bouleversements fauniques (Dera et al, 2009). A noter que les recherches dans le Toarcien de Grande Bretagne demeurent non productives: le Toarcien anglais consistant en argilites indurées, sables marins peu profonds épais, ou calcaires nodulaires très condensés. Il en est de même pour l'Aalénien et le Bajocien, si bien qu'un important hiatus existe là entre le Pliensbachien inférieur (*Palaeospinacidae* peu diversifiés, *Agaleus*) et la faune du Bathonien (Underwood, 2004; Underwood & Ward, 2004).

L'Aalénien luxembourgeois ("Couches à Concavus"), a livré une dent antérieure (voir Cappetta 2012: 64, fig. 49c) et une latérale (voir Cappetta 2012: 64, fig. 49i) d'*Asteracanthus magnus* (Fig. 10H).

L'Aalénien du Sud-Ouest de l'Allemagne (Kriwet 2003) a livré un Orectolobiforme à dentition tranchante, *Folipistrix* (cfr *supra*, voir remarque taxonomique). Dans l'Aalénien du Nord-Ouest de la France, le site de Tessé (Sarthe) a livré *Acrodus* (Biddle, 1993), mais contient aussi (faune inédite) des Synchodontiformes, Orectolobiformes (*Palaeobrachaelurus* abondant, *Microtoxodus*), de rares Batomorphes, (selon Landemaine, communication personnelle, il est possible que ces faunes soient remaniées de niveaux correspondants au moins à la zone à Variabilis) à côté d'Actinoptérygiens dont le Pycnodontiformes *Coelodus* (cfr Kriwet et al, 1997), alors qu'en Normandie,

Feuguerolles (Z. Opalinum) livre surtout des *Synechodus* et *Sphenodus*.

Le Bajocien inférieur de Longwy (Delsate, 1993b) au Viaduc de Mont-Saint-Martin/Piedmont (Zone à *Laeviuscula*) a livré des cuspides de *Synechodontiformes*, *Protospinax* cf. *carvalhoi*, des *Orectolobiformes* indéterminables, des dents de raies indéterminables (spécimens LGW30, LGW50) évoquant les *Archaeobatidae*.

Le Bajocien inférieur d'Ottange-Rumelange livre des *Hybodontiformes* (*Hybodus*, *Acrodus*, "*Polyacrodus*" et *Lissodus*) et des Néosélaciens: des *Synechodontiformes* comme *Synechodus levis* et *Synechodus* cf. *S. duffini*, des *Hexanchiformes* comme *Pseudonotidanus* et *Sphenodus* cf. *S. longidens* (genre absent du Bathonien anglais), des *Protospinacidae* comme *Protospinax magnus* et *P. bilobatus* (comme dans le Bathonien anglais), un *Hétérodontiformes* (*Paracestracion* sp.), des *Orectolobiformes* dont un *Brachaeluridae* cf. *Palaeobrachaelurus*, et un *Orectolobiforme* nouveau, proche de *Palaeobrachaelurus mussetti* du Bathonien anglais et de *Heterophorcynus*; une chimère *Callorhynchidae* est également présente. Cette faune diverse et abondante est dans la lignée de la diversification intense observée au Toarcien mais modulée par un environnement particulier: le biotope est une mer ouverte avec fond oxygéné, proximité de récif. Elle est très proche de celle du Bathonien anglais, mais avec abondance de *Sphenodus* et absence de *Batomorphii* - alors que ces derniers sont pourtant bien diversifiés déjà au Toarcien, et présents en Zone à *Laeviuscula* de Longwy - et de *Carcharhiniformes*.

Le Bathonien anglais (Underwood, 2004; Underwood et Ward, 2004) livre des *Hybodontes*: *Asteracanthus* (plusieurs espèces, uniquement en faciès marin ouvert), *Hybodus* s.l. (particulièrement un type "*Meristodon*" (synonyme plus récent de *Hybodus*) en faciès marin ouvert, *H. grossiconus* en mer peu profonde, et plusieurs autres genres en faciès marin peu profond et lagunaire, *Lissodus* (mer peu profonde), *Lonchidion* (rare, uniquement en lagons de faible salinité), *Parvodus* (littoral et lagons) et *Acrodus* (un spécimen de faciès marin, et de nombreux spécimens de lagon d'eau douce, proche morphologiquement des petites espèces lagunaires du Trias). En outre on note une riche variété de Néosélaciens, dont des *Carcharhiniformes* *Eyepa leesi*, *Palaeoscyllium tenuidens*, *Praeproscyllium oxoniensis*, des *Hétérodontiformes* *Paracestracion bellis*, *Proheterodontus sylvestris*, les *Protospinacidae* *Protospinax magnus*, *P. bilobatus* et *P. carvalhoi*, les

Synechodontiformes *Synechodus levis*, *Synechodus duffini*, *Pseudonotidanus semirugosus*, les *Orectolobiformes* *Palaeobrachaelurus mussetti*, *Dorsetoscyllium terraefullonicum*, *Heterophorcynus microdon*, *Ornatoscyllium freemani*, les *Batomorphes* *Spathobatis* et *Belemnobatis*, ainsi qu'une chimère.

Les listes fauniques de Néosélaciens du Bajocien franco-belgo-luxembourgeois et du Bathonien anglais sont donc très proches, mais il ne faut pas oublier que le Toarcien de Lorraine, du Nivernais et de Normandie montrent déjà plusieurs taxons communs, évoquant le jeu de la paléogéographie, des climats (voir Dera et al., 2009) et des apports fauniques. Le sommet du Jurassique inférieur et la base du Jurassique moyen sont à la croisée des chemins, à la base de la diversification des Néosélaciens modernes (Rees 1998, 2000; Kriwet et al. 2009), et à ce niveau il est souvent difficile à partir de dents isolées de préciser dans quel grand groupe, défini *a posteriori*, nous nous trouvons.

Pour les *Holocéphales*, un *Chimaeroidei Callo-rhynchidae* est identifié.

Pour les *Actinoptérygiens*, le Bajocien lorrain s'enrichit de l'identification de dent multicuspidée de *Dapediidae* et de pavés de *Pycnodontiforme* aff. *Macromesodon*.

Remerciements

Nous remercions les rapporteurs Olivier Landemaine et Emmanuel Chenal pour leurs remarques judicieuses et compléments appréciés. Nous remercions Serge Guennègues, Jean-Pierre Biddle, Laurent Candoni & Hervé Châtelier (matériel de Champeaux et de Tessé), Marc Chesnier (matériel de Feuguerolles), Evgeny Popov (Université de Saratov, Chimères), Alain Faber, Roby Weis et Ben Thuy (MnhnL), Jean-Paul Fayard (Bajocien de Lorraine), Marcelline Haas (Aalénien luxembourgeois) et le regretté Daniel Watrinelle (Toarcien-Bajocien luxembourgeois) pour leur aide sur le terrain, les discussions et le don de spécimens au MnhnL, ainsi que Romain Bei, Paul Braun et Guy Marson (MnhnL) pour leur aide dans la mise en page des figures et pour les macrophotographies supplémentaires de quelques dents.

Références

- Adolfsson J. S. & Ward D. J., 2014. - Crossing the boundary : an elasmobranch fauna from Stevns Klint, Denmark. Palaeontology, Vol. 57, Part 3, 2014, pp. 591-629.
- Agassiz L.1832. - Untersuchungen über die fossilen Fische der Lias-Formation. Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie und Petrefaktenkunde 3: 139-149.
- Andreev, P. S. & Cuny, G. (2012): New Triassic stem selachimorphs (Chondrichthyes, Elasmobranchii) and their bearing on the evolution of dental enameloid in Neoselachii, Journal of Vertebrate Paleontology, 32:2, 255-266
- Applegate S.P. 1974. - A revision of the higher taxa of orectolobids. Journal of Marine Biologists Association, India, 14, 743-751.
- Berg L. S. 1937. - A classification of fish-like vertebrates. Bulletin de l'Académie des Sciences de l'URSS 4:1277
- Biddle, J.P., 1993. - Découverte du genre *Acrodus* Agassiz, 1837 (Elasmobranchii, Hybodontidae) dans l'Aalénien (Jurassique moyen) de la région du Mans (Sarthe, France). Cossmanniana, HS2 : 59-60, 1 fig. Paris.
- Bintz, J., Hary, A. & A. Muller, 1973. - Luxembourg, p. 135-188. In : Guides géologiques régionaux. Ardenne-Luxembourg. Masson, Paris. 205 p.
- Bonaparte C.L. 1838. - *Selachorum tabula analytica*. Nuovi Annali della Scienze Naturali, Bologna, (1) 2:195-214.
- Böttcher, R. & C.J. Duffin, 2000. - The neoselachian shark *Sphenodus* from the Late Kimmeridgian (Late Jurassic) of Nusplingen and Egesheim (Baden-Württemberg, Germany). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde. Serie B (Geologie und Paläontologie). 283, 31 pp, 2 pls., 18 figs., 1 tab., Stuttgart.
- Cappetta, H., 1987. - Chondrichthyes II. Mesozoic and cenozoic Elasmobranchii. 193 p., H.-P. Schulze (ed.) Handbook of Palaeoichthyology, Vol.3b, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Cappetta, H., 1990. - Hexanchiformes nouveaux (Neoselachii) du Crétacé inférieur du Sud de la France. Palaeovertebrata 20, 22-54.
- Cappetta, H., 2012. - Chondrichthyes. Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii: Teeth. 513 p., H.-P. Schulze (ed.) Handbook of Palaeoichthyology, Vol.3E, Verlag Dr Friedrich Pfeil, München.
- Casier, E., 1959. - Contributions à l'étude des poissons fossiles de la Belgique. XII- Sélaciens et Holocéphales sinémuriens de la Province de Luxembourg. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, 35 (8): 1-27.
- Compagno L.J.V. 1973. - Interrelationships of living elasmobranchs. In: Greenwood, P.H., Miles, R.S. & C. Patterson (eds.): Interrelationships of Fishes. Zoological Journal of the Linnean Society, 53 (supplement): 14-61.
- Compagno L.J.V. 1977. - Phyletic Relationships of Living Sharks and Rays. American Zoologist, 17 : 303-322.
- Cuny, G., 2013. - Requins, de la préhistoire à nos jours. Éditions Belin.
- Cuny, G. & J. Tabouelle, 2014. - First mention of the family Pseudonotidanidae (Chondrichthyes: Neoselachii) in the Jurassic of Normandy. Bulletin Sciences et Géologie Normandes, 7: 21-28
- Dalinkevicius, J.A., 1935. - On the fossil fishes of the Lithuanian Chalk. I. Selachii. Mémoires de la Faculté des Sciences de l'Université de Vytautas le Grand, 9, p. 243-305.
- Delsate, D., 1992. - Chondrichthyens mésozoïques du Luxembourg. Note préliminaire. Société des Naturalistes luxembourgeois, 93, pp. 181-193, Luxembourg.
- Delsate, D., 1993a. - Synthèse des faunes d'Elasmobranches du Trias et du Jurassique de Lorraine. Cossmanniana. Hors-série, N°2, pp.52-55. Paris.
- Delsate, D., 1993b. - Elasmobranches du Bajocien inférieur de Longwy (Meurthe-et-Moselle). Cossmanniana Hors-série, n° 2: 56-58. Paris.
- Delsate, D., 1995. - Chondrichthyens mésozoïques du Luxembourg. Professional Paper 278 : Elasmobranches et Stratigraphie, édité par J. Herman et H. van Waes, pp. 11-22, Bruxelles.
- Delsate, D., 1997. - Chondrichthyens mésozoïques du Luxembourg. Compléments. In : Notes paléontologiques et biostratigraphiques sur le

- Grand-Duché de Luxembourg et les régions voisines. Par Maubeuge P.L. & D. Delsate. Travaux scientifiques du Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg, N° 27. pp. 53-79, Luxembourg.
- Delsate D. 1999. - L'Ichthyofaune du Toarcien luxembourgeois. Cadre général et Catalogue statistique. Travaux scientifiques du Musée National d'histoire Naturelle de Luxembourg, 30: 1-101.
- Delsate, D., 2001. - L'ichthyofaune du Pliensbachien de Lorraine et des Ardennes : premiers résultats. Bull. Acad. Lorraine des Sciences, Nancy. 40 (1-2): 47-69.
- Delsate, D., 2004. - Une nouvelle faune de poissons et requins toarciens du Sud du Luxembourg (Dudelange) et de l'Allemagne (Schömberg). Bulletin de l'Académie Lorraine des Sciences, 42 (1-4):13-49.
- Delsate, D., 2005. - Vertébrés de l'Hettangien inférieur du Grand-Duché et de la Province belge de Luxembourg. Memoirs of the Geological Survey of Belgium n. 51 – 2005: 59-93
- Delsate, D. & C.J.Duffin, 1993. - Chondrichthyens du Sinémurien de Belgique. in . Elasmobranches et Stratigraphie, Professional Paper, 264, 103-136. Belgian Geological Survey. Brussels.
- Delsate, D. & J.C. Lepage, 1990. - Découverte d'une faune originale d'Elasmobranches dans les phosphates du Toarcien lorrain (Couches à *Coeloceras crassum*). Bulletin des Académie et Société Lorraines des Sciences, 29 (3):153-161.
- Delsate, D. & D. Thies, 1995. - Teeth of the fossil shark *Annea* Thies 1983 (Elasmobranchii-Neoselachii) from the Toarcian of Belgium. Belgian Geological Survey. Professional Paper , 278 : Elasmobranches et Stratigraphie (1994). pp. 45-64, Bruxelles.
- Delsate, D. & P. Godefroit, 1995. - Chondrichthyens du Toarcien inférieur d'Aubange (Lorraine belge). Belgian Geological Survey. Professional Paper , 278 : Elasmobranches et Stratigraphie (1994). pp.23-44, Bruxelles.
- Delsate D. & Maubeuge P.L. 2000. - Le Toarcien inférieur des régions de Bascharage et de Bettembourg (Grand-Duché de Luxembourg). A propos d'une soi-disant émergence fugitive, ou d'environnements restreints proches de l'émergence : Archives de l'Institut grand-ducal de Luxembourg, Section des Sciences naturelles, physiques, mathématiques, Nouvelle Série 43: 55-71.
- Delsate, D. & L. Candoni, 2001. - Description de nouveaux morphotypes dentaires de Batomorphii toarciens (Jurassique inférieur) du Bassin de Paris: Archaeobatidae nov. fam. Bulletin de la Société des Naturalistes luxembourgeois, 102 (2001): 131-143.
- Delsate, D. & L. Candoni, 2002. - Les premières raies (Chondrichthyes-Elasmobranchii) au Jurassique inférieur en Lorraine (Luxembourg, Belgique, France) et dans le Bassin de Paris. Bulletin de l'Académie Lorraine des Sciences, 41 (3-4): 93-103.
- Delsate, D., Duffin, C., & R. Weis, 2002. - A new microvertebrate fauna from the Middle Hettangian (early Jurassic) of Fontenoille (Province of Luxembourg, south Belgium). Royal Institute of Natural Sciences, Memoirs of the Geological Survey of Belgium, 48 : 83 p.
- Delsate, D., Herman, J & J.C. Lepage, 1989. - Nouvelles faunes d'Elasmobranches du Toarcien de la Lorraine belge. Bulletin de la Société belge de Géologie, 98 (1):77-80.
- Delsate, D. & R. Felten, 2005. - Les Poissons. In : Fayard, J.P., Gross, N., Lajournade, J.B., Lathuillière, B., Vailly, G. & R. Weis, (coordonateurs) 2005. Fossiles et minéraux de la carrière d'Ottange-Rumelange. Geolor & AGMP, éditeurs, p. 101-116.
- Delsate, D. & R. Weis, 2010. - La Couche à Crassum (Toarcien moyen) au Luxembourg : stratigraphie et faunes de la coupe de Dudelange-Zoufftgen Ferrantia 62 : 35-62.
- Dera G., Pucéat E., Pellenard P., Neige P., Delsate D., Joachimski M.M., Reisberg L. & Martinez M., 2009. Water mass exchange and variations in seawater temperature in the NW Tethys during the Early Jurassic: evidence from neodymium and oxygen isotopes of fish teeth and belemnites. Earth and Planetary Science Letters, 286, (1-2): 198-207.
- Duffin, C.J., 1993. - New records of Late Jurassic sharks teeth from Southern Germany. Stuttgarter Beiträge Naturkunde, B 193:1-13

- Duffin C. J. & Ward D. J. 1993. - The Early Jurassic palaeospinacid sharks of Lyme Regis, southern England. In: Herman, J. & H. Van Waes (eds). *Elasmobranches et Stratigraphie. Geological Survey of Belgium, Professional Paper 264*: 53-102.
- Duffin, C.J., & D. Delsate, 1993. - A new Myriacanthid Holocephalan (Chondrichthyes) from the Early Jurassic of Luxembourg. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 11 : 669-680. Stuttgart.
- Enault, S., Guinot, G., Koot, M. B. and Cuny, G. (2015), Chondrichthyan tooth enameloid: past, present, and future. *Zoological Journal of the Linnean Society*. doi: 10.1111/zoj.12244
- Ginter, M., Hampe, O. & Duffin, C. J. 2010. - Chondrichthyes (Paleozoic Elasmobranchii: teeth). *Handbook of Paleichthyology. Volume 3D*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 165 pp.
- Gray J.E. 1851. - List of the specimens of fish in the collections of the British Museum. Part I. *Chondropterygii*. London, x + 160 pp.
- Guinot G, Adnet S, Cavin L, Cappetta H. (2013). - Cretaceous stem chondrichthyans survived the end-Permian mass extinction. *Nature Communications* 4: 2669.
- Hay O.P. 1902. - Bibliography and catalogue of the fossil vertebrata of North America. *Bulletin of the United States Geological Survey* 179: 1-868.
- Herman, J., Hovestadt-Euler, M. & D.C. Hovestadt, 1992. - A: Selachii. 4: Order Orectolobiformes-Families: Brachaeluridae, Ginglymostomidae, Hemiscylliidae, Orectolobidae, Parascylliidae, Rhiniodontidae, Stegostomidae. Order: Pristiophoriformes-Family:Pristiophoridae. Order: Squatiniformes-Family Squatinidae. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique*. 65:193-254.
- Hermoso, M., Delsate, D., Baudin, F., Le Callonnec, L., Minoletti, F., Renard, M. & A. Faber, 2014. - Record of Early Toarcian carbon cycle perturbations in a nearshore environment: the Bascharage section (easternmost Paris Basin). *Solid Earth*, 5, 793–804, 2014 www.solid-earth.net/5/793/2014/ doi:10.5194/se-5-793-2014.
- Huxley T.H. 1880. - On the Application of the Laws of Evolution to the Arrangement of the Vertebrata, and more particularly of the Mammalia. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1880: 649-662.
- Klein, E.F., 1885. - Beiträge zur Bildung des Schädels der Knochenfische, ii. Jahreshefte Vereins vaterländische Naturkunde in Württembergs, 61 : 107-261.
- Klug, S. (2010). *Monophyly, phylogeny and systematic position of the †Synchodontiformes (Chondrichthyes, Neoselachii)*. — *Zoologica Scripta*, 39, 37–49.
- Klug, S. & Kriwet, J., 2010. - A new Late Jurassic species of the rare synchodontiform shark, *Welcommia* (Chondrichthyes, Neoselachii). *Palaeontologische Zeitschrift*. doi: 10.1007/s12542-010-0058-9 (online first).
- Koken E. in Zittel K.A. von 1911. - Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie) von Karl A. von Zittel. i-vii+1-142., Oldeburg, München & Leipzig.
- Koot, M. B. & al., 2014.-New hybodontiform and neoselachian sharks from the Lower Triassic of Oman, *Journal of Systematic Palaeontology*, DOI:10.1080/14772019.2014.963179
- Kriwet, J., 1998. - Late Jurassic Elasmobranch and Actinopterygian fishes from Portugal and Spain. *Cuadernos de Geologia Iberica*, 24:241-260.
- Kriwet, J., 2003. - Neoselachian remains (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Middle Jurassic of SW Germany and NW Poland. *Acta Palaeontologica Polonica* 48 (4): 583-594.
- Kriwet, J., Rauhut W.M. & U. Gloy, 1997. - Microvertebrate remains (Pisces, Archosauria) from the Middle Jurassic (Bathonian) of Southern France. *Neues Jahrbuch Paläont. Abhandlungen* 206 (1):1-28.
- Kriwet, J., Kiessling, W. & S. Klug, 2009. - Diversification trajectories and evolutionary lifehistory traits in early sharks and batoids. *Proc. R. Soc. B* (2009) 276, 945–951. doi: 10.1098/rspb.2008.1441. Published online 2 December 2008.
- Landemaine, O., 1991. - Sélaciens nouveaux du Crétacé supérieur du Sud-Ouest de la France. Quelques apports à la Systématique des Elasmobranches. *SAGA Information*, n° 1 Hors Série, Mars 1991. Paris.

- Lathuilière, B. 2005. - Introduction géologique à la carrière d'Ottange-Rumelange. In : Fossiles et minéraux de la carrière d'Ottange-Rumelange, Fayard, J.-P., Gross, N., Lajournade, J.-B., Lathuilière, B., Vailly, G. & Weis, R. (coordonateurs), p. 15-26.
- Lecointre, G. & H. Le Guyader, 2001. - Classification phylogénétique du vivant. Editions Belin, 543 p.
- Leidner, A. & D. Thies, 1999. - Placoid scales and oral teeth of late Jurassic elasmobranchs from Europe. In : *Mesozoic Fishes 2- Systematics and Fossil Record*, G. Arratia & H. P. Schultze (eds.), p. 29-40. Verlag Dr Friedrich Pfeil, München.
- Lebrun, P., 2001. - Requins, raies et autres Chondrichthyes fossiles. Tome 1: Diversité, classification et phylogénèse des requins et autres chondrichthyes. Minéraux et fossiles, Hors-série 42: 112 p.
- Lopez-Arbarello A., 2012 - Phylogenetic Interrelationships of Ginglymodian Fishes (Actinopterygii: Neopterygii). *PLoS ONE* 7(7): e39370. doi:10.1371/journal.pone.0039370
- Maisey, J.G., 1976. - The Jurassic selachian fish *Protospinax* Woodward. *Palaeontology*, 19: 733-747, London.
- Martyll, D. M. & J. D. Hudson, 1991. - Fossils of the Oxford Clay. The Palaeontological Association, 286 p.
- Mudroch, A. & D. Thies, 1996. - "Knochenfischzähne (Osteichthyes, Actinopterygii) aus dem Oberjura (Kimmeridgium) des Langenberges bei Oker (Norddeutschland)". *Geologica et Palaeontologica*, 30:239-265.
- Mudroch, A., Delsate, D. & A. Herzog, 1999 : On the dentition of *Dapedium* LEACH 1822 Actinopterygii, Semionotiformes). *IV European Workshop on Vertebrate palaeontology, Albaracin, Spain. Abstracts book* : 74.
- Patterson, C., 1965. - The Phylogeny of the chimaeroids. *Phil. Transactions of the Royal Society of London*, (B) 249: 101-219, London.
- Patterson, C., 1992. - Interpretation of the tooth-plates of Chimaeroid fishes. *Zool Journal of the Linnean Society*, 106 (1): 33-61, London
- Popov, E., 2003.-: A New Genus of Elephant Fishes (Holocephali: Callorhynchidae) from the Upper Callovian of the Volga Region near Saratov, Russia. *Paleontological Journal*, Vol. 37, No. 5, 2003, pp. 507-513. Translated from *Paleontologicheskii Zhurnal*, No. 5, 2003, pp. 59-66.
- Popov, E., Delsate, D. & R. Felten (in prep.) - Callorhynchid tooth plate (Holocephali, Chimaeroidei) from the Lower Bajocien of Rumelange, Luxembourg-France Border.
- Rees, J., 1998. - Early Jurassic selachians from the Hasle Formation on Bornholm, Denmark. *Acta palaeontologica polonica* 43 (3):439-452.
- Rees, J., 2000. - A new Pliensbachian (Early Jurassic) neoselachian shark fauna from Southern Sweden. *Acta palaeontologica polonica* 45 (4): 407-424.
- Rees, J. 2008. Interrelationships of Mesozoic hybodont sharks as indicated by dental morphology – preliminary results. *Acta Geologica Polonica*, 58 (2), 217-221. Warszawa.
- Regan C.T. 1906. - A classification of the selachian fishes. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1906: 722-758.
- Stahl, B., 1999. - Chondrichthyes Holocephali. In : H.-P. Schultze (ed.) *Handbook of Palaeoichthyology*, vol. 4, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 164 p.
- Thies, D., 1983. - Jurazeitliche Neoselachier aus Deutschland und S-England. *Courrier Forschung Institut, Senckenberg* 58:88-116.
- Thies, D., 1989. - Some problematical shark teeth (Chondrichthyes, Neoselachii) from the Early and Middle Jurassic of Germany. *Paläont. Z.*, 63 (1/2) 103-117.
- Thies, D., 1995. - Placoid scales (Chondrichthyes : Elasmobranchii) from the Late Jurassic (Kimmeridgian) of Northern Germany. *Journal of Vertebrate Palaeontology* 15 (3):463-481.
- Thies, D. & A. Mudroch, 1993. - Actinopterygian teeth from the late Jurassic (Kimmeridgian) of N Germany. In: *Mesozoic Fishes- Systematics and Paleoecology*, G. Arratia & G. Viohl (eds.): 105-114. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- Underwood, C., 2002. - Sharks, Rays and a Chimaeroid from the Kimmeridgian (late Jurassic) of Ringstead, Southern England). *Palaeontology*, 45 (2):297-325.

- [Underwood, C., 2004. - Environmental controls on the distribution of neoselachian sharks and rays within the British Bathonian \(Middle Jurassic\). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 203:107-126.](#)
- [Underwood, C. & D. Ward, 2004. - Neoselachian sharks and rays from the British Bathonian \(Middle Jurassic\). *Palaeontology*, 47 \(3\):447-501, 15 pls.](#)
- [Ward, D. J. & K. J. Macnamara, 1977. - Associated dentition of the chimaeroid fish *Brachymylus altidens* from the Oxford clay. *Palaeontology*, 20 \(3\) : 589-591.](#)
- Woodward A.S. 1888. - Guide to the collection of fossil fishes in the department of Geology and Palaeontology. British Museum (Natural History).
- [Woodward A.S.1890. - A synopsis of the fossil fishes of the English Lower Oolites. *Proceedings of the Geologists' Association*, 11, 285–306.](#)
- Woodward A.S. 1919. - The Fossil Fishes of the English Wealden and Purbeck Formations. Monograph of the Palaeontographical Society, 1-148.
- Zittel K. A. von 1911. - Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie). II. Abteilung. Vertebrata [Fundamentals of Paleontology (Paleozoology). Section II. Vertebrata]. Druck und Verlag von R. Oldenbourg, München 1-598 [M. Carrano/M. Carrano/P. Wagner].