

Le Jurassique inférieur et moyen au Luxembourg

Nouvelles données
paléontologiques et
biostratigraphiques

Robert Weis &
Simone Guérin-Franiatte
(éditeurs)

62

2010

Travaux scientifiques
du Musée national
d'histoire naturelle
Luxembourg



Ferrantia est une revue publiée à intervalles non réguliers par le Musée national d'histoire naturelle à Luxembourg. Elle fait suite, avec la même toponymie, aux TRAVAUX SCIENTIFIQUES DU MUSÉE NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE DE LUXEMBOURG parus entre 1981 et 1999.

Comité de rédaction:

Eric Buttini
Guy Colling
Edmée Engel
Thierry Helminger
Marc Meyer

Mise en page:

Romain Bei

Design:

Thierry Helminger

Prix du volume: 10 €

Rédaction:

Musée national d'histoire naturelle
Rédaction Ferrantia
25, rue Münster
L-2160 Luxembourg

Tél +352 46 22 33 - 1

Fax +352 46 38 48

Internet: <http://www.mnhn.lu/ferrantia/>
email: ferrantia@mnhn.lu

Échange:

Exchange MNHN
c/o Musée national d'histoire naturelle
25, rue Münster
L-2160 Luxembourg

Tél +352 46 22 33 - 1

Fax +352 46 38 48

Internet: <http://www.mnhn.lu/biblio/exchange>
email: exchange@mnhn.lu

Page de couverture:

1. Couches du Bajocien inférieur près de Rumelange. Foto: R. Weis.
2. Niveau lumachellique du Grès de Luxembourg dans la carrière de Brouch. Foto: A. Di Cencio.
3. *Schlotheimia* sp., Brouch, Hettangien supérieur, coll. MnhnL (BR562). Foto: M. Valentini.

Citation:

Robert Weis & Simone Guérin-Franjatte (éditeurs) 2010. - Le Jurassique inférieur et moyen au Luxembourg - Nouvelles données paléontologiques et biostratigraphiques. Ferrantia 62, Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg, 119 p.

Date de publication:

16 août 2010

(réception du manuscrit: juillet 2009)

Impression:

Imprimerie Faber, Mersch

 **Sources Mixtes**
Groupe de produits issu de forêts bien
gérées et d'autres sources contrôlées,
www.fsc.org Cert no. SGS-COC-004080
© 1996 Forest Stewardship Council
imprimé sur papier FSC

Ce volume a été imprimé avec la contribution du Fonds National de la Recherche (FNR).

© Musée national d'histoire naturelle Luxembourg, 2010

ISSN 1682-5519

Ferrantia

62

**Le Jurassique inférieur et moyen
au Luxembourg**

Nouvelles données paléontologiques et biostratigraphiques

**Robert Weis &
Simone Guérin-Franiette
(éditeurs)**

Luxembourg, 2010

Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle Luxembourg

Robert Weis & Simone Guérin-Franiatte (éds.)

Le Jurassique inférieur et moyen au Luxembourg **Nouvelles données paléontologiques et biostratigraphiques**

Table des matières

Simone Guérin-Franiatte, Robert Weis

Remarquables niveaux lumachelliques à ammonites dans le Grès de Luxembourg (Hettangien) 7-18

Introduction	8
Les affleurements	8
Le banc à Caloceras (Hettangien inférieur)	9
La région de Kopstal-Mamer	9
Le site de Brouch	10
La lumachelle à Schlotheimia de Brouch (Hettangien supérieur)	11
Remarques sur le paléoenvironnement	12
Remerciements	12
Références bibliographiques	18

Simone Guérin-Franiatte, Robert Maquil, Petra Münzberger

Le Toarcien au Grand-Duché de Luxembourg: Biostratigraphie dans la région de Belvaux 19-34

Introduction - Le cadre géographique et géologique	20
La série sédimentaire	21
La succession des Ammonites - Biozonation	22
Toarcien inférieur (lo1-lo2)	23
Toarcien moyen (lo2-lo3)	27
Toarcien supérieur p.p. (lo3-lo4)	29
Résultats - Discussion et remarques	31
Conclusions	32
Remerciements	33
Références bibliographiques	33

Dominique Delsate, Robert Weis

La Couche à Crassum (Toarcien moyen) au Luxembourg: stratigraphie et faunes de la coupe de Dudelage-Zoufftgen 35-62

Introduction	36
Travaux antérieurs	38
Matériel et méthodes	39
La coupe de Dudelage-Zoufftgen	39
Profil stratigraphique et inventaire de la faune	40
Particularités sédimentologiques	43
Rapports chimiques entre argilites et nodules phosphatés de la Couche à Crassum	43
Diagrammes XRD sur poudre (avec la collaboration de Michaël Hermoso)	44
Mécanisme supposé de l'enrichissement en phosphate	44
Affleurements régionaux de la Couche à Crassum	45
Discussion	47
Conclusions	57
Remerciements	58
Références bibliographiques	58

Dirk Fuchs, Robert Weis	
<i>Teudopsis bunelii</i> Eudes-Deslongchamps, 1835 (Cephalopoda: Coleoidea)	
from Upper Toarcian ironstones of Luxembourg	63-71
Introduction	64
Geological setting	64
The "Haard" site	65
Systematic Palaeontology	66
Discussion	69
Acknowledgments	70
References	70
Simone Guérin-Franiatte, Robert Weis	
Le passage Aalénien-Bajocien près de Rumelange: la série biostratigraphique dans le Bassin d'Esch-sur-Alzette (Grand-Duché de Luxembourg)	73-96
L'affleurement et son cadre géologique	74
Les couches à Concavum-Murchisonae au Luxembourg - Historique rapide	75
Le profil lithostratigraphique relevé au Hutberg - Inventaire de la faune	76
Les Ammonites - Paléontologie et Biostratigraphie	79
1. Les <i>Staufenia</i> (éch. 4e)	80
2. Les <i>Ludwigia</i> s.s. (éch. 4d)	80
3. Les <i>Brasilia</i> (éch. 4c, 4b, 4a)	82
4. Les <i>Graphoceras</i> (éch. 3, 2, 10)	86
5. Les <i>Reynesella</i> (éch. 9, 10)	89
6. Les <i>Hyperlioceras</i> (éch. 10)	90
Les Bélemnites - Données biostratigraphiques	92
Conclusions - Principaux résultats	94
Remerciements	94
Références	95
Ben Thuy	
An early Bajocian echinoid fauna from Differdange and Pétange (Luxembourg), including a new Rhabdocidaroid species	97-114
Introduction	98
Geological and palaeontological setting	98
Material and Methods	99
Systematic palaeontology	99
Acknowledgments	113
References	113
Appendix 1	114
Ben Thuy	
Note on an early Bajocian Diadematoïd echinoid with attached spines and lantern from Rumelange (NE Paris Basin)	115-119
Introduction	116
Material and Methods	116
Geological and palaeontological setting	116
Systematic palaeontology	117
Discussion	117
Acknowledgments	119
References	119

Remarquables niveaux lumachelliques à ammonites dans le Grès de Luxembourg (Hettangien)

Simone Guérin-Franiatte

33, rue de la Persévérance
F-54500 Vandoeuvre-lès-Nancy

Robert Weis

Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg
25 rue Münster
L-2160 Luxembourg-Grund
rweis@mnhn.lu

Mots-clés: Grès de Luxembourg, Hettangien, Ammonites

Résumé

Dans le Grès de Luxembourg, trois bancs lumachelliques fossilifères ont livré une exceptionnelle faune d'ammonites. Il s'agit des lumachelles à *Caloceras* de Kopstal et de Brouch (Hettangien inférieur) et de la lumachelle à *Schlotheimia* de Brouch (Hettangien supérieur). Les *Caloceras* (7 espèces identifiées) répondent à des espèces habituellement connues dans le Bassin

parisien. Les *Schlotheimia* (12 espèces citées) rassemblent, au contraire, une diversité de formes absolument unique, en bordure du Bassin parisien, et montrent de fortes affinités avec les faunes d'Allemagne du Nord. Quelques rares éléments d'Arietitidae hettangiens sont également mentionnés: *Paracaloceras* sp., *Schreinbachites praecursor*.

Keywords: Luxembourg Sandstone, Hettangian, ammonites

Abstract

In the Luxembourg Sandstone Formation, three coquina beds have yielded an exceptional ammonite fauna: the *Caloceras* beds near Kopstal and near Brouch (Lower Hettangian) and the *Schlotheimia* beds near Brouch (Upper Hettangian). Among *Caloceras*, 7 species have been recognised, most of them well-known from the

Paris Basin. The 12 identified species of *Schlotheimia* instead represent a unique diversity at the margins of the Paris Basin, and show strong affinities with the fauna of northern Germany. A few representatives of early Arietitidae are also present: *Paracaloceras* sp., *Schreinbachites praecursor*.

Schlüsselwörter: Luxemburger Sandstein, Hettangium, Ammoniten

Zusammenfassung

Im Luxemburger Sandstein wurden drei fossilreiche Schilllagen untersucht, die eine aussergewöhnliche Ammonitenfauna enthalten: die *Caloceras*-Bänke bei Kopstal und bei Brouch (unteres Hettangium) und die *Schlotheimia*-Bank bei Brouch (oberes Hettangium). Innerhalb der Gattung *Caloceras* wurden 7 Arten bestimmt, welche typisch für das Pariser Becken sind.

Die 12 bestimmten *Schlotheimia*-Arten stellen hingegen eine einzigartige Vielfalt für den Randbereich des Pariser Beckens dar und weisen starke Ähnlichkeit mit gleichaltrigen Faunen aus Nord-Deutschland auf. Desweiteren werden seltene Vertreter früher Arietitidae beschrieben: *Paracaloceras* sp., *Schreinbachites praecursor*.

Introduction

L'énorme masse des Grès du Luxembourg affleure au Grand-Duché sur une surface d'environ 350 km² et peut atteindre, au centre du pays, une épaisseur de 100m. Cette formation lenticulaire qui "monte dans le temps" et caractérise le lias inférieur luxembourgeois, a fait l'objet, au cours des dernières décennies, de nombreuses études. Une rapide synthèse concernant plus particulièrement l'aspect biostratigraphique et paléogéographique de la formation a été donnée au colloque d'Hettange (Guérin-Franiatte & Muller 2005; bibliographie).

Depuis plusieurs années, une active campagne de fouilles sur le terrain est menée par le Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg (MnhnL) et ses collaborateurs scientifiques, auquel s'associent les membres de l'association des Amis de la Géologie, Minéralogie et Paléontologie (AGMP). Elle a permis de dégager, au sein des grès, plusieurs gros bancs lumachelliques bourrés d'ammonites. Ces récentes données paléontologiques sont donc présentées ici. Elles permettent une datation biostratigraphique précise des affleurements de grès.

Les affleurements

A l'affleurement, le grès de Luxembourg a souvent l'aspect d'une grosse masse monolithique où les fossiles sont extrêmement rares. Mais cette masse peut être entrecoupée de petits épisodes plus calcaires où se concentrent des coquilles de gastropodes et bivalves, qui sont plus ou moins inféodés au rivage. On y trouve plus rarement des coquilles d'ammonites qui, elles, viennent de la haute mer. Le stratotype de l'étage Hettangien a été choisi à Hettange (Moselle), en raison de la présence d'un tel banc lumachellique fossilifère, visible dans le grès, au bas de la carrière. Celui-ci n'a malheureusement livré que quelques rarissimes ammonites.

Par contre, au Grand-Duché, certains de ces niveaux renferment une exceptionnelle faune d'ammonites. Ainsi, dans le grès de l'Hettangien inférieur, ont été dégagées de véritables lumachelles à ammonites à Kopstal et à Brouch (Fig. 1). A Brouch, se trouve également un autre niveau lumachellique à ammonites, particulièrement remarquable, vers le sommet de l'affleurement, dans le grès de l'Hettangien supérieur (Fig. 2). Ce niveau a été bien positionné dans la coupe levée par Maubeuge (1987).



Fig. 1: Localisation des affleurements du Grès de Luxembourg et des sites de Kopstal et Brouch (d'après Colbach 2005).



Fig. 2: Aspect de la partie supérieure de la carrière de Brouch (juin 2009) montrant la séquence supérieure du Grès de Luxembourg (GDL) avec la lumachelle à *Schlotheimia* (LS), surmontée des Marnes et Calcaires de Strassen (MCS).

Le banc à *Caloceras* (Hettangien inférieur)

La région de Kopstal-Mamer

Un banc gréseux lumachellique à gastropodes, bivalves et ammonites, avait été découvert par M. Steffen près de Kopstal, dans le lit du ruisseau Kielbaach, petit affluent de la rivière Mamer (Guérin-Franiatte & Muller 1979). Quatre espèces du genre *Caloceras* (ammonites de l'Hettangien inférieur), avaient alors été identifiées: *C. torus* (d'Orbigny) (espèce-type du genre), *C. pirondi* (Reynès), *C. langei* Jüngst et une espèce nouvelle nommée *C. luxemburgense* Guérin-Franiatte & Muller. Biostratigraphiquement, ces ammonites caractérisent la partie supérieure de la zone à Planorbis, c'est-à-dire la sous-zone à Johnstoni.

Dans le matériel figuré en 1979, les deux exemplaires présentés comme *C. torus* et *C. pirondi* ne paraissent pas probants à G. Bloos (communication personnelle 2009). Ils ont tous deux le tour externe passablement corrodé, mais les tours

internes montrent bien une évolution de la spire et une costulation différentes, justifiant ces attributions spécifiques respectives, en se référant aux types français (Fischer 1994). A noter dans ce contexte que les *C. torus* de Lange (1941) ont généralement été exclus de l'espèce par les auteurs.

Les recherches ont repris dernièrement au même endroit et dans la proche région (ruisseau de Birendall et ruisseau du Drèps). Les nouveaux échantillons, toujours en calcaire gréseux jaunâtre, sont déposés au MnhnL, ainsi que dans les collections de Robert Haas, Marcelline Haas et Josef Höfler (une cinquantaine en tout). Cet ensemble permet aujourd'hui une approche plus exhaustive de la faune à *Caloceras*, dans ce site de Kopstal.

- Les 4 espèces identifiées en 1979 ont été retrouvées et plus particulièrement *C. luxemburgense* dont on a récolté 5 autres échantillons. Trois autres espèces viennent d'être reconnues. L'une d'elle est également abondante: *C. sp.* (? cf. *wrighti* Spath) qui présente comme *C. torus*, des côtes régulièrement infléchies vers l'avant, mais plus serrées (Pl. 1, fig. 4). Par contre, sont beaucoup plus rares, *C. belcheri* (Simpson) à

costulation radiale, peu serrée et *C. sp.* (? cf. *intermedium* Portlock) à costulation plus dense et devenant légèrement proverse en fin de spire (Pl. 1, fig. 5).

- Un autre spécimen plus involute que les espèces précédentes et à costulation dense pourrait appartenir à une espèce nouvelle (Pl. 1, fig. 6).
- Enfin, un autre grand individu plus comprimé, à costulation radiale peu serrée présente sur son bord externe une anomalie qui pourrait être pathologique ou traduire les séquelles d'un traumatisme. Sur une portion d'environ un quart de tour, les côtes brusquement traversent le bord ventral, ce qui est inhabituel chez les *Caloceras*. Elles s'infléchissent alors vers l'avant en chevron, annonçant en quelque sorte le genre *Waehneroceras* de l'Hettangien moyen. En outre apparaît, à cet endroit, un profond sillon en chevron entre deux côtes. Ensuite, sur le reste de la spire, le bord ventral redevient dépourvu de costulation (caractère propre au genre *Caloceras*). Même en faisant abstraction de cette anomalie passagère, il reste difficile de rattacher cet individu à une espèce connue.

On peut aussi signaler que ces fouilles récentes dans le ruisseau de Birendall (M. Haas) ont montré également la présence de l'Hettangien moyen gréseux, daté par un *Waehneroceras subangulare* (Oppel) (zone à Liasicus, sous-zone à Portlocki).

Le site de Brouch

Dans la grande carrière de Reckinger Wald près de Brouch, exploitée par la société Feidt, une profonde excavation a temporairement dégagée (2006-2007) les assises de l'Hettangien inférieur. Un niveau lumachellique à ammonites a ainsi été mis à jour, au sein des grès. Il s'agit de *Caloceras*, comme à Kopstal, avec pratiquement les mêmes espèces. Une quarantaine de spécimens ont été récoltés.

- *C. pironi*, *C. langei*, *C. luxemburgense* et *C. torus* paraissent de nouveau les éléments les plus fréquents. *C. luxemburgense*, espèce nouvelle décrite à Kopstal a été retrouvée en plusieurs exemplaires, ce qui lui confère un caractère régional.
- *C. belcheri* (Pl. 1, fig. 2) et *C. sp.* (? cf. *intermedium*) sont présents mais rares.

- *C. sp.* (? cf. *wrighti*) n'a pas été identifié à Brouch.
- Par contre on a récolté un *Psiloceras* inclus dans la gangue près d'un fragment de *Caloceras belcheri* (Pl. 1, fig. 1). Ce *Psiloceras* qui appartient aux couches sous-jacentes de l'Hettangien basal (sous-zone à Planorbis), suggère un remaniement de ces dernières, lors de la construction de la lumachelle à *Caloceras*.

Les faunes à *Caloceras* de Kopstal et de Brouch étant du même âge et pratiquement identiques (au moins 6 espèces communes), on peut envisager une extension horizontale de ce niveau lumachellique sur au moins une dizaine de kilomètres, ou bien des dépôts lenticulaires concomitants.

L'étude de ces *Caloceras* s'est avérée particulièrement délicate. Les spécimens ont été distingués essentiellement d'après leur costulation (densité, direction des côtes au cours de l'ontogénèse) et l'évolution de la spire, les autres critères spécifiques étant généralement difficiles à appréhender. Aussi leur rattachement à telle ou telle autre espèce connue a souvent posé problème. G. Bloos (communication personnelle 2009) souligne que seule une étude statistique des échantillons permettrait de les séparer valablement et montrerait peut-être que les exemplaires figurés ici sur la planche 1 (figs. 3-6) représentent les variantes d'une même espèce, possiblement nouvelle. Une telle étude ne s'inscrivait pas dans le cadre de ce travail destiné seulement à mettre l'accent sur l'aspect exceptionnel, du point de vue quantitatif et qualitatif, de ce rassemblement de coquilles.

Dans ces lumachelles à *Caloceras* du Grès de Luxembourg, apparaissent plusieurs éléments bien particuliers. *C. langei* est une espèce venue d'Allemagne du Nord. *C. luxemburgense* n'est, à ce jour, connu qu'au Grand-Duché. Un autre élément paraît nouveau dans la faune de Kopstal. Mais dans l'ensemble, ces *Caloceras* du Luxembourg s'insèrent dans le contexte de la faune habituellement connue dans ces niveaux, sur la bordure orientale du Bassin parisien.

Stratigraphiquement, ces *Caloceras* se situeraient, selon G. Bloos (communication personnelle 2009), tout à fait au sommet de la sous-zone à Johnstoni, dans un niveau qui ne semble pas avoir été reconnu ailleurs. D'où sans doute la présence de formes qui paraissent nouvelles. Cette indication biostratigraphique apporte

incontestablement un intérêt supplémentaire à ce travail de fouilles sur le terrain entrepris par les géologues luxembourgeois.

La lumachelle à *Schlotheimia* de Brouch (Hettangien supérieur)

Dans la partie supérieure de l'affleurement, à environ 8,50 m du sommet des grès, un niveau lumachellique gréso-calcaire a été signalé dans la coupe donnée par Maubeuge (1987). Les recherches effectuées par le MnhnL à ce niveau ont montré que ce banc, épais de 20 à 40 cm, renferme une importante faune d'invertébrés (Fig. 3, 4). Les fossiles, en calcite blanche, sont remarquablement conservés. Les gastropodes, étudiés par Meier & Meiers (1988) et Valentini (2008), et les bivalves pullulent. Les ammonites constituent une exceptionnelle faune à *Schlotheimia* indiquant l'Hettangien supérieur, c'est-à-dire la zone à *Angulata*.

- *S. angulata*, *S. densicostata* et un "*Gyrophioceras*" correspondant à une espèce nouvelle ont été signalés par Maubeuge. *S. angulata* serait également présente dans les derniers mètres de grès sus-jacents. Depuis, plus récemment, un remarquable lot d'une centaine d'ammonites, a été récolté.
- Le matériel déposé au MnhnL a été examiné par Bloos qui signale (1994) la présence de *Schlotheimia phobetica* Lange, *S. gonyphora* Lange, *S. tenuis* Lange, *S. aff. polyeides* Lange, éléments typiques de la zone à *Angulata*, sous-zone à *Complanata*.
- D'autres espèces ont également été identifiées par Bloos (1990 MS): *S. angulata* (Schlotheim), *S. angulosa* Lange, *S. ex gr. polyptycha* Lange.
- On peut aujourd'hui signaler aussi quelques éléments rares comme *S. stenorhyncha alta* Lange, *S. moreana* (d'Orbigny), *S. princeps* Buckman, *S. angulata densicostata* Lange (Fig. 3), des fragments de grandes *S. aff. depressa* Waehner.

Parmi ces douze espèces, beaucoup ont été décrites en Allemagne du Nord par Lange (1925, 1941). Leur identification s'avère souvent délicate.

- *S. tenuis* (Pl. 3, fig. 2), à côtes aiguës et serrées, et *S. polyptycha* (Pl. 3, fig. 3), plus involute,



Fig. 3: Aspect *in situ*, du niveau lumachellique supérieur dans la carrière de Brouch (été 2009).



Fig. 4: Échantillon de grès avec ammonite *Schlotheimia* sp., gastropodes *Microschiza semiornata* et *Ptychomphalus wehenkeli*, bivalves *Cardinia* sp. et *Tancredia* sp. Brouch, Hettangien supérieur, coll. MnhnL (BR562). Longueur du trait 1 cm.

présentent comme *S. angulata* l'espèce-type du genre (Pl. 3, fig. 1), des côtes formant un chevron légèrement interrompu sur le bord externe.

- *S. moreana* a une costulation fine et serrée allant en s'effaçant sur le flanc du tour (Pl. 3, fig. 6).
- *S. gonyphora* se caractérise par ses fortes côtes en chevrons sur le bord ventral (Pl. 3, fig. 4, 5).
- Chez *S. angulosa*, très abondante, on a pu identifier les trois variétés reconnues par Lange: var. A à bord ventral large (Pl. 4, fig. 1), var. B à bord ventral étroit (Pl. 4, fig. 2), var. C

à tour plus haut (Pl. 4, fig.3) ainsi que la sous-espèce *oligoptycha* à côtes moins serrées (Pl. 4, fig. 4, 5).

- *S. polyeides* qui représente également une espèce dominante montre, à partir d'une taille de 4 cm, une nette augmentation de la hauteur du tour (Pl. 5, fig. 2, 3).
- Deux autres espèces deviennent involutes aux grandes tailles (15-20 cm): *S. stenorhyncha* représenté ici par la sous-espèce *alta* (Pl. 5, fig.1), et *S. princeps*, forme épaisse avec des côtes se dédoublant et s'effaçant sur le dernier tour (Pl. 5, fig. 4).
- Les gros fragments presque lisses de *S. aff. depressa*, recueillis non en place, pourraient venir des grès sus-jacents. Selon G. Bloos (communication personnelle 2009), il en serait sans doute de même pour l'exemplaire de *S. princeps*.

Dans le Bassin parisien, un tel rassemblement d'ammonites appartenant à la zone à *Angulata* est exceptionnel, non seulement par le nombre des individus, mais aussi par la diversité des formes. Cette lumachelle, difficile à suivre horizontalement sur le terrain, n'a pas été retrouvée ailleurs, au Grand-Duché. Un certain nombre d'espèces sont connues dans l'Hettangien marno-calcaire de Lorraine: *angulata*, *tenuis*, *phobetica*, *polyeides*, *stenorhyncha alta* (Guérin-Franiatte 1990), mais ce ne sont que des individus isolés qui ont été recueillis, ça et là.

En outre, dans cette lumachelle à *Schlotheimia*, ont été trouvés deux *Arietitidae*, particulièrement rares, représentant les premiers éléments de la famille qui va dominer au Sinémurien. Ces exemplaires sont bien caractérisés par la présence d'une légère carène sur le bord ventral.

- Le *Paracaloceras* sp. (Pl. 2, fig. 3) de 67, 5 mm de diamètre est une forme évoluée, à côtes fermes et denses. Il est assez proche de l'exemplaire de Chalindrey (Haute-Marne) figuré par Guérin-Franiatte (1990, pl. 29, fig. 3), notamment par sa costulation serrée, légèrement rétroverse.
- Un second exemplaire de "*Gyrophioceras praecursor*" Maubeuge 1987, a été recueilli par Kurt Meiers (Pl. 2, fig. 2). Ce second exemplaire a une costulation un peu plus serrée que le type de Maubeuge (refiguré par Bloos 1994). L'espèce a été mise dans le nouveau genre

Schreinbachites par Bloos en raison de l'absence d'un stade légèrement tuberculé sur les tours jeunes. C'est une forme proche de l'*Ammonites hettangiensis* de Terquem (1855) trouvé à Hettange, également dans le grès de la zone à *Angulata*.

Remarques sur le paléoenvironnement

Dans l'ancien Golfe de Luxembourg, ces trois bancs lumachelliques pétris de toutes sortes de coquilles et renfermant aussi des ammonites (principalement *Caloceras* et *Schlotheimia*) correspondent à des épisodes de dépôts en milieu assez agité, dans l'intertidal, rassemblant les coquilles en tous sens, en remaniant les sédiments. Un autre niveau coquillier comparable a été signalé à Godbrange, avec une abondante faune d'ammonites du genre *Psilophyllites* (Hettangien moyen) (Guérin-Franiatte & Muller 1978).

Au Findel, un banc de calcaire sableux, épais d'un mètre présente plusieurs strates très fossilifères. Ce sont de véritables dalles recouvertes de grandes ammonites disposées à plat, les unes à côté des autres. Ceci suggère, au contraire, un dépôt de laisse, étalant les sédiments. Ces grands *Alsatites* et *Waehmeroceras* de l'Hettangien moyen, ont été figurés par Berners, Guérin-Franiatte & Muller (1985).

Remerciements

Nous remercions chaleureusement les responsables de la société Feidt pour le permis d'accès à la carrière de Brouch et les personnes suivantes qui ont participées aux campagnes de fouilles à Kopstal et à Brouch: Robert Haas, Josef Höfler, Guy et Liette Kronz-Wilmes, Mara Valentini, Claude Altmann, Alain Faber, Kurt Meiers. Marcelline Haas a mis à disposition ses spécimens d'ammonites du Grès de Luxembourg, léguant une partie de sa collection au MnhnL. Andrea Di Cencio a mis à notre disposition ses photos du site de Brouch. Nous nous devons de remercier tout particulièrement G. Bloos (Stuttgart), pour ses pertinentes remarques paléontologiques et les réflexions biostratigraphiques soulevées par ces ammonites.

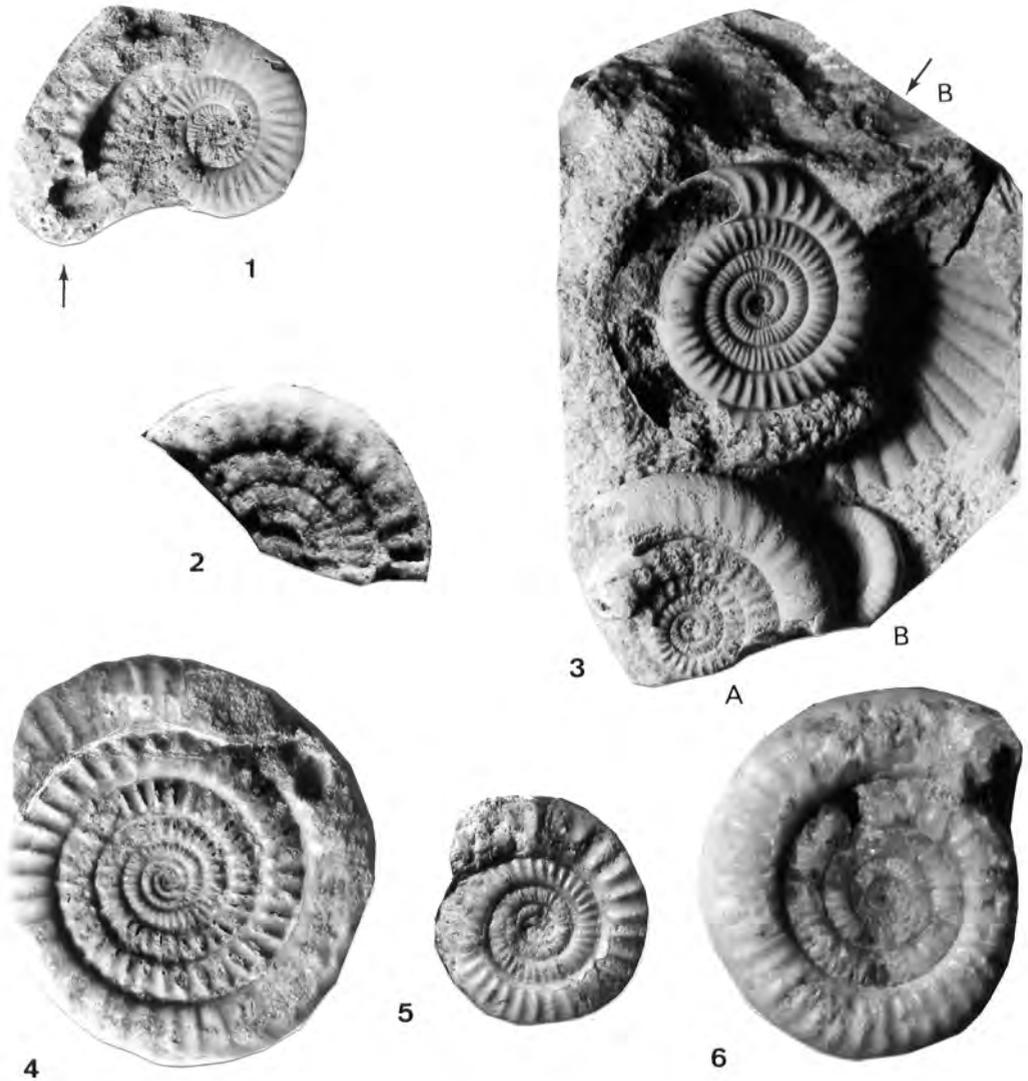


Planche 1: Ammonites de l'Hettangien inférieur, Brouch et Kopstal (G.-D.). x 1

Fig. 1: *Psiloceras* sp. avec un fragment de *Caloceras* (indiqué par la flèche); BR 816, Brouch, coll. MnhnL.

Fig. 2: *Caloceras belcheri* (Simpson); BR 815, Brouch, coll. MnhnL.

Fig. 3: aspect du niveau lumachellique à *Caloceras* avec *Caloceras* sp. (A) et *Caloceras* sp. (? cf. *langei* Jüngst) (B); Brouch, coll. J.Höfler.

Fig. 4: *Caloceras* sp. (? cf. *wrighti* Spath); Hett 60, Kopstal, coll. R.Haas.

Fig. 5: *Caloceras* sp. (? cf. *intermedium* Portlock); Hett 10, Kopstal, coll. R.Haas.

Fig. 6: *Caloceras* sp. (nov. ?) Hett. 10, Kopstal, coll. R. Haas.



Planche 2: Ammonites de l'Hettangien, Kopstal et Brouch (G.-D.). x 1

Fig. 1: *Caloceras* sp. (la flèche indique la sillon ventral anormal); Kopstal, Hettangien inférieur, coll. R. Haas.

Fig. 2: *Schreinbachites praecursor* (Maubeuge); Brouch, Hettangien. supérieur, n° 319, coll. Meiers au MnhnL.

Fig. 3: *Paracaloceras* sp.; BR 809, Brouch, Hettangien supérieur, coll. MnhnL.

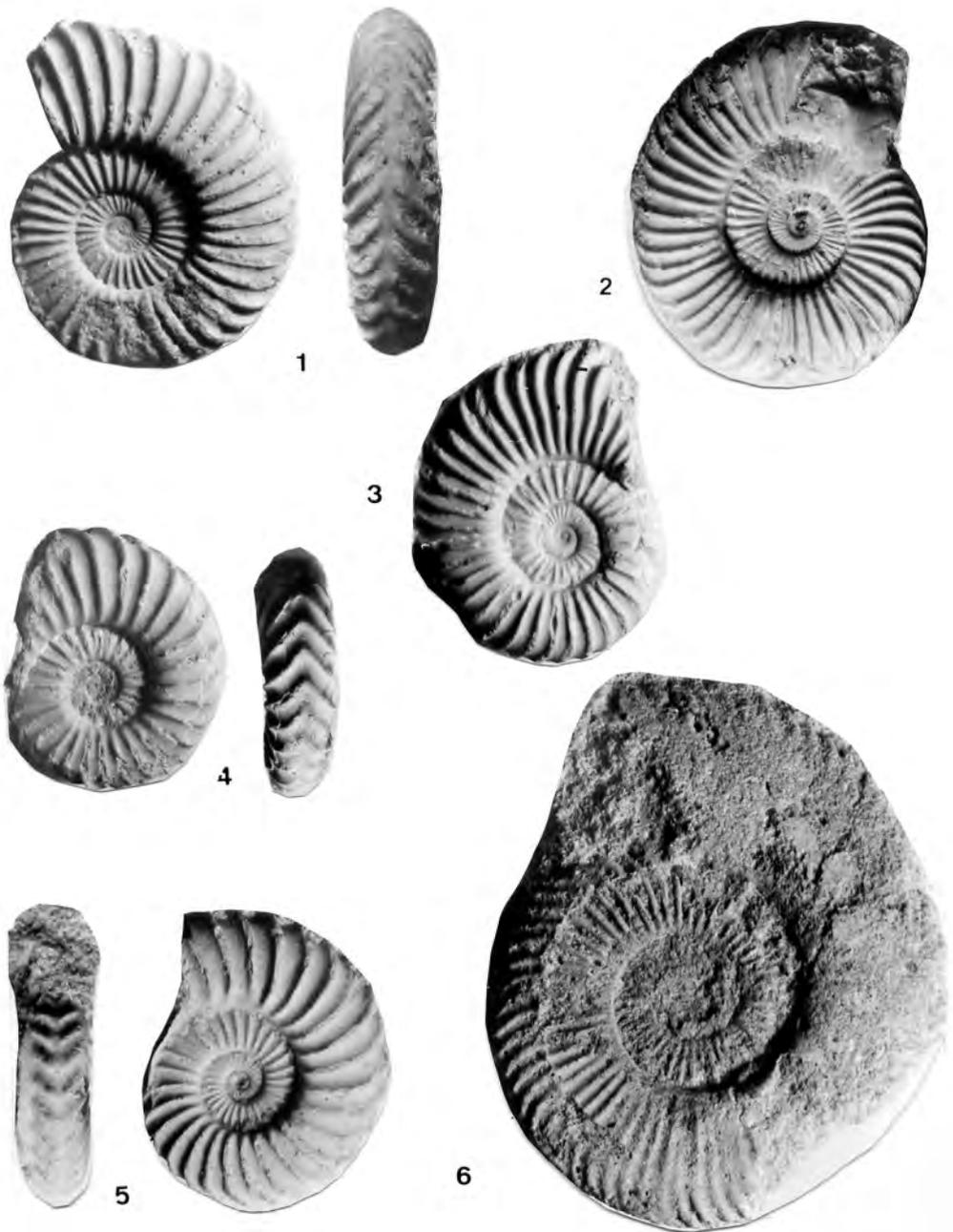


Planche 3: Ammonites de l'Hettangien supérieur, Brouck (G.-D.), coll. MnhnL. x 1

Fig. 1: *Schlotheimia angulata* (Schlotheim), exemplaire proche de *S. postangulata* Lange; GL 380.

Fig. 2: *Schlotheimia tenuis* Lange; BR 212.

Fig. 3: *Schlotheimia* ex gr. *polyptycha* Lange; BR 396.

Fig. 4, 5: *Schlotheimia gonyphora* Lange.; BR 191, BR 592.

Fig. 6: *Schlotheimia moreana* (d'Orbigny); BR 793.

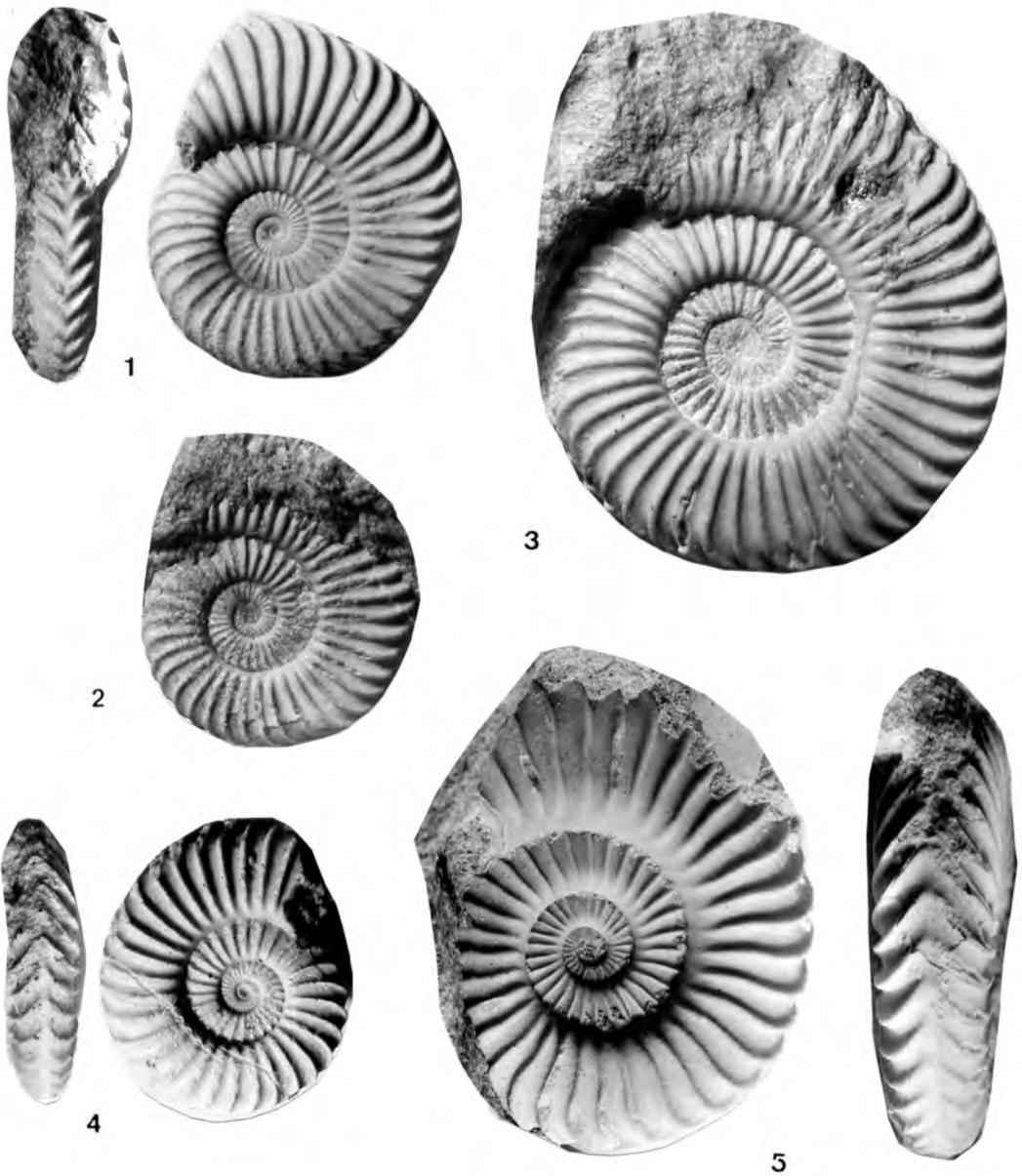


Planche 4: Ammonites de l'Hettangien supérieur, Brouch (G.-D.), coll. MnhnL. x 1

Fig. 1: *Schlotheimia angulosa* var. A Lange; BR 593.

Fig. 2: *Schlotheimia angulosa* var. B Lange; BR 586.

Fig. 3: *Schlotheimia angulosa* var. C Lange; BR 598.

Fig. 4, 5: *Schlotheimia angulosa oligoptycha* Lange; BR 398, BR 761.

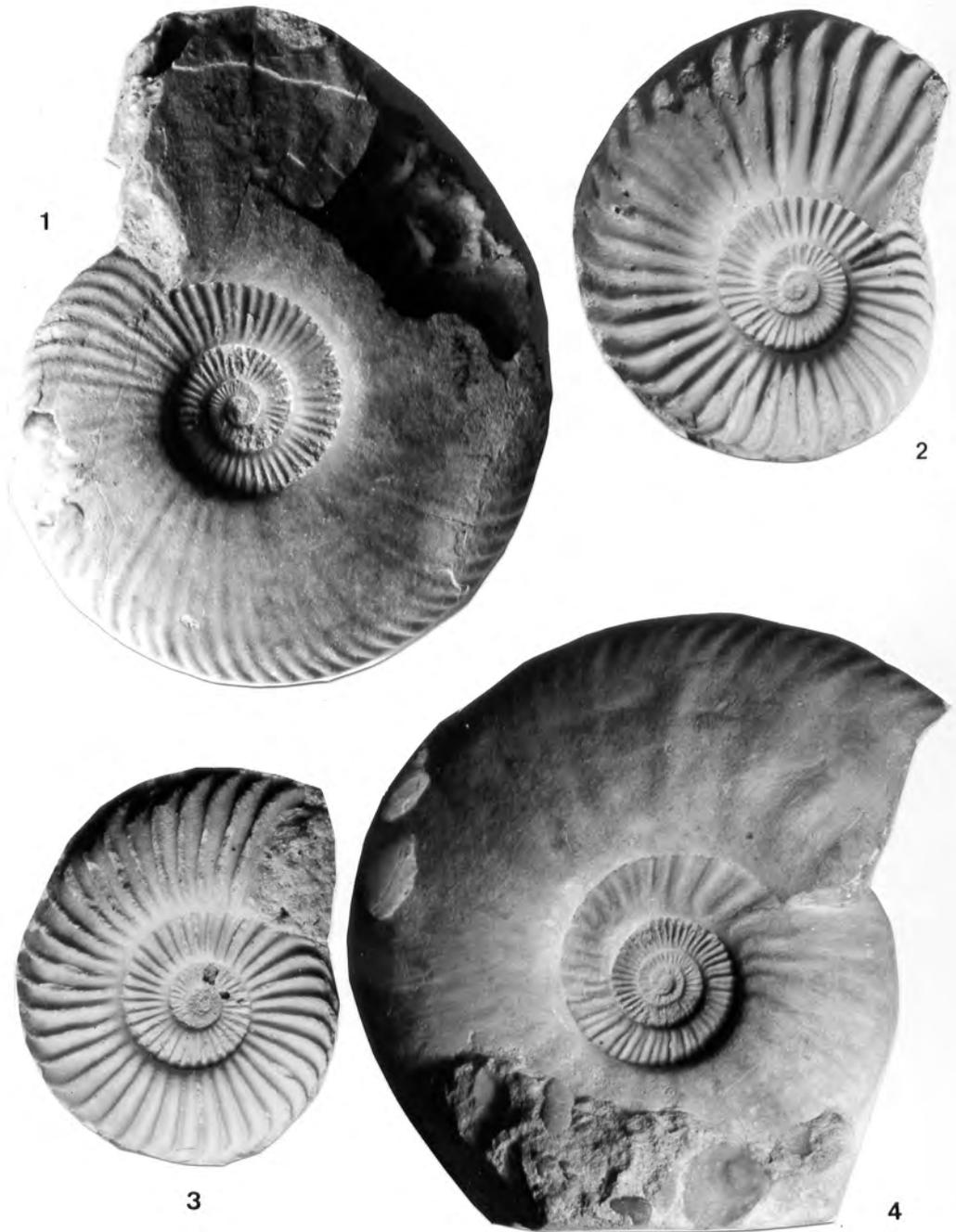


Planche 5: Ammonites de l'Hettangien supérieur, Brouch (G.-D.), coll. MnhnL.

Fig. 1: *Schlotheimia stenorhyncha alta* Lange; BR 428. x 0,80.

Fig. 2, 3: *Schlotheimia polyeides* Lange; BR 192, BR 395. x 1.

Fig. 4: *Schlotheimia princeps* Lange; BR 760. x 0,55.

Références bibliographiques

- Berners H.P., Guérin-Franiatte S. & Muller A. 1985. - L'ensablement de l'Hettangien au Luxembourg: la coupe-type du Findel, aéroport de Luxembourg. Cahiers de l'Institut catholique de Lyon, 14: 213-230, 3 pl.
- Bloos G. 1994. - Frühe Arietitidae (Ammonoidea) aus dem Hettangium (Angulata-zone, Unt. Lias) von Württemberg (SW-Deutschland). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde (B), 219: 67 p., 4 pl.
- Colbach R. 2005. - Overview of the geology of the Luxembourg Sandstone(s). In: Ries C. & Krippel Y. (éds.), Sandstone Landscapes in Europe. Past, Present and Future. Proceedings of the 2nd International Conference on Sandstone Landscapes, Vianden (Luxembourg) 25-28.05.2005. Ferrantia, 44: 155-160.
- Fischer J.-C. 1994. - Révision critique de la Paléontologie Française d'Alcide d'Orbigny incluant la réédition de l'original. Ouvrage collectif. Vol. I Céphalopodes Jurassiques. Masson, Paris.
- Guérin-Franiatte S. 1990. - Ammonites du Lias inférieur de France (11): Psiloceratidae, Schlotheimiidae et premiers Arietitidae. CERGA éd., Mém. C.E.R.G.H., Montpellier 29: 207 p. 30 pl.
- Guérin-Franiatte S. & Muller A. 1978. - Découverte de *Psilophyllites* (Ammonites) dans le Grès de Luxembourg (Hettangien). Bulletin d'information des Géologues du Bassin de Paris, 15 (2): 71-73.
- Guérin-Franiatte S. & Muller A. 1979. - Présence d'un niveau à *Caloceras* (Ammonites de l'Hettangien inférieur) à Kopstal dans le Grès de Luxembourg. Description d'une espèce nouvelle: *Caloceras luxemburgense* n. sp. Comptes-rendus de la Société Géologique de France, 3: 125-128. Paris.
- Guérin-Franiatte S. & Muller A. 2005. - Les "Grès du Luxembourg": leurs positions biostratigraphiques. In Hanzo M. (coord): Colloque L'Hettangien à Hettange, de la science au patrimoine, Hettange, 1-3 avril 2005, Nancy, Université H. Poincaré: 47-51.
- Lange W. 1925. - Zur Palaeogeographie und Ammonitenfauna des Lias alpha nebst einer Revision der Nürtinger Psilonotenfauna. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 77: 439-528, 4 pl. Berlin.
- Lange W. 1941. - Die Ammonitenfauna der Psiloceras-Stufe in Norddeutschland. Palaeontographica (A), 93: 192 p., 20 pl. Stuttgart.
- Maubeuge P.-L. 1987. - Nouvelles données stratigraphiques sur le Grès de Luxembourg au NO du méridien de Luxembourg. Bulletin de l'Académie et de la Société lorraines des Sciences, 26 (1): 5-19. Nancy.
- Meier H. & Meiers K. 1988. - Die Gastropodenfauna der " Angulata-Zone " des Steinbruchs " Reckingerwald " bei Brouch. Travaux scientifiques du Musée national d'Histoire naturelle de Luxembourg, 13: 53 p, 15 pl.
- Terquem O. 1855. - Paléontologie de l'étage inférieur de la formation liasique de la province de Luxembourg (Grand-Duché) et de Hettange (département de la Moselle). Mémoires de la Société géologique de France, 5 (2), 3: 219-343, 15 pl.
- Valentini M. 2008. - Sistematica dei gasteropodi hettangiani e considerazioni paleoecologiche e paleobiogeografiche. 220 pp. Thèse de doctorat, Université 'La Sapienza', Rome.

Le Toarcien au Grand-Duché de Luxembourg: Biostratigraphie dans la région de Belvaux

Simone Guérin-Franiatte

33, rue de la Persévérance
F - 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy

**Robert Maquil
Petra Münzberger**

Service Géologique, Administration des Ponts et Chaussées
43, Boulevard G.-D. Charlotte
L - 1331 Luxembourg

Mots clés: Biostratigraphie, Lithostratigraphie, Toarcien, ammonites, Bassin de Paris, Luxembourg, Belvaux

Résumé

Dans le Sud du Grand-Duché de Luxembourg, une série de forages a traversé le Toarcien sur plus d'une centaine de mètres. Six unités lithologiques ont été reconnues. Les trois premières, à la base de l'étage, sont particulièrement fossilifères. Elles ont fait l'objet d'une étude paléontologique de la faune d'ammonites permettant ainsi d'établir une séquence biostratigraphique fine dans

le Toarcien inférieur, moyen et supérieur (pro parte). Il apparaît que ces données ainsi réactualisées sur la bordure septentrionale du Bassin parisien peuvent s'inscrire dans le schéma zonal maintenant bien établi dans le Toarcien de la bordure méridionale de ce Bassin parisien.

Keywords: Biostratigraphy, lithostratigraphy, Toarcian, ammonites, Paris Basin, Luxembourg, Belvaux

Abstract

In the southern part of the Grand-Duchy of Luxembourg, a series of boreholes penetrated Toarcian sediments on more than 100m. Six lithological units were recognised. The first three, at the base of the Toarcian, proved to be particularly fossiliferous. The units have been the object of a paleontological study focussed on the ammonite

fauna that allowed establishing a biostratigraphic fine scale in the Lower, Middle, and partly Upper Toarcian. It appears that the new data gathered on the eastern margin of the Paris Basin is in accordance with the well established zonal scheme in the southern part of the Basin.

Schlüsselwörter: Biostratigraphie, Lithostratigraphie, Toarcium, Ammoniten, Pariser Becken, Luxemburg, Belvaux

Zusammenfassung

Im südlichen Teil des Grossherzogtum Luxemburgs erschloss eine Serie von Bohrungen die Ablagerungen des Toarciums auf mehr als 100m. Innerhalb dieser Ablagerungen können sechs lithologische Einheiten unterschieden werden. Als besonders fossilreich erwiesen sich die ersten drei Einheiten an der Basis des Toarciums. Eine paläontologische Untersuchung

der Ammonitenfauna ermöglicht eine detaillierte biostratigraphische Unterteilung innerhalb des Unteren, Mittleren und teilweise des Oberen Toarciums. Es wird ersichtlich dass die hierbei aktualisierten Kenntnisse im östlichen Teilbereich des Pariser Beckens sich nahtlos in die bereits bekannten Zoneneinteilung des südlichen Teilbereiches einfügen.

Introduction - Le cadre géographique et géologique

Sur la bordure septentrionale du Bassin parisien, le Lias supérieur, argilo-marneux, pénètre en territoire luxembourgeois où il suit la frontière française sur environ 25 km, à l'extrémité sud-ouest du pays (Fig. 1).

Le Toarcien y a été bien cartographié (10) et étudié plus spécialement dans le secteur est, au Sud de Luxembourg-ville, à la faveur de bons affleurements fournis par l'ancienne marnière de Bettembourg (Maubeuge 1955) et la tranchée du chemin de fer de Dudelange-Zoufftgen (Lucius 1956, Maubeuge 1958). Les principales ammonites caractérisant l'ensemble de l'étage y ont été signalées. Plus récemment, en 2003, de nouvelles fouilles réalisées par R. Weis et l'équipe du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg (MnhnL) dans la tranchée de Dudelange, ont permis la récolte d'un important matériel, mieux repéré sur le terrain (voir aussi Delsate & Weis 2010, ce volume). Toujours dans le Toarcien,

on peut également signaler la récolte récente de Bélemnites, en plusieurs autres points (Weis 1999).

Un projet de tunnel ferroviaire entre Belvaux et Oberkorn (Fig. 2) vient d'offrir la possibilité d'une autre étude, cette fois dans le Toarcien situé à l'Ouest de la faille d'Audun-le-Tiche.

Le Service géologique de Luxembourg a organisé, en 2007, au Gaalgebierg, une série de forages profonds de 10 à 80 m. Ils n'entament donc qu'une partie de l'étage, la puissance totale du Toarcien étant, au Luxembourg, de l'ordre de 150 m (Bintz, Hary & Muller 1973). Les carottes ont un diamètre de 10 cm et dans certains niveaux elles se sont révélées particulièrement fossilifères. Le but de notre étude est donc d'établir, conjointement à la lithostratigraphie, une biostratigraphie détaillée des couches traversées à l'aide des ammonites identifiées. Les deux forages numérotés FR 207-072 et FR 207-079 qui sont les plus profonds, serviront de référence pour la partie supérieure et moyenne de l'étage.

Un troisième forage (FR 207-142), profond de 75 m, a été également réalisé, un peu plus à l'Est, dans la commune même de Belvaux (Fig. 2) Il a

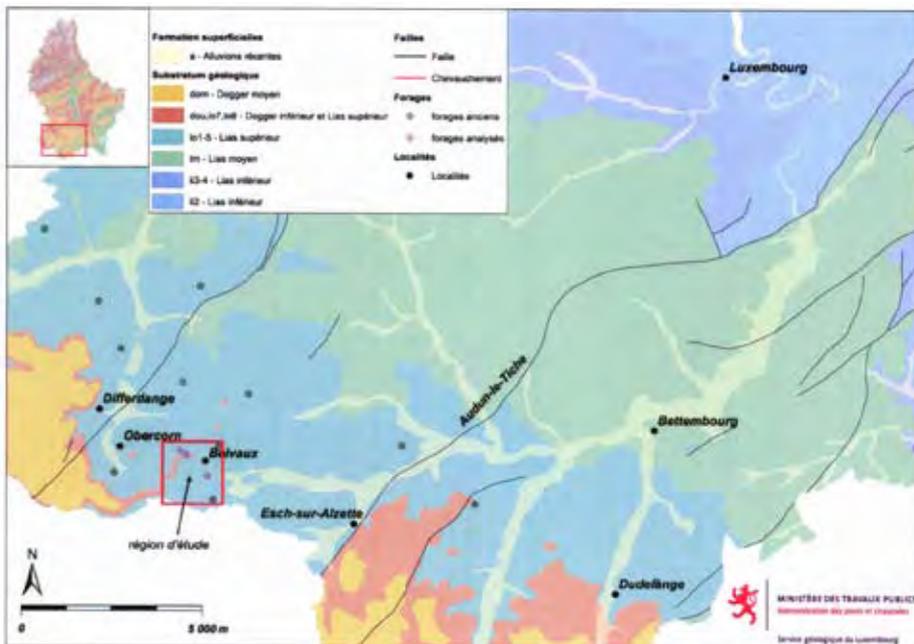


Fig. 1: Extension géographique du Toarcien au Grand-Duché de Luxembourg de part et d'autre de la faille d'Audun-le-Tiche. Les sites fossilifères.

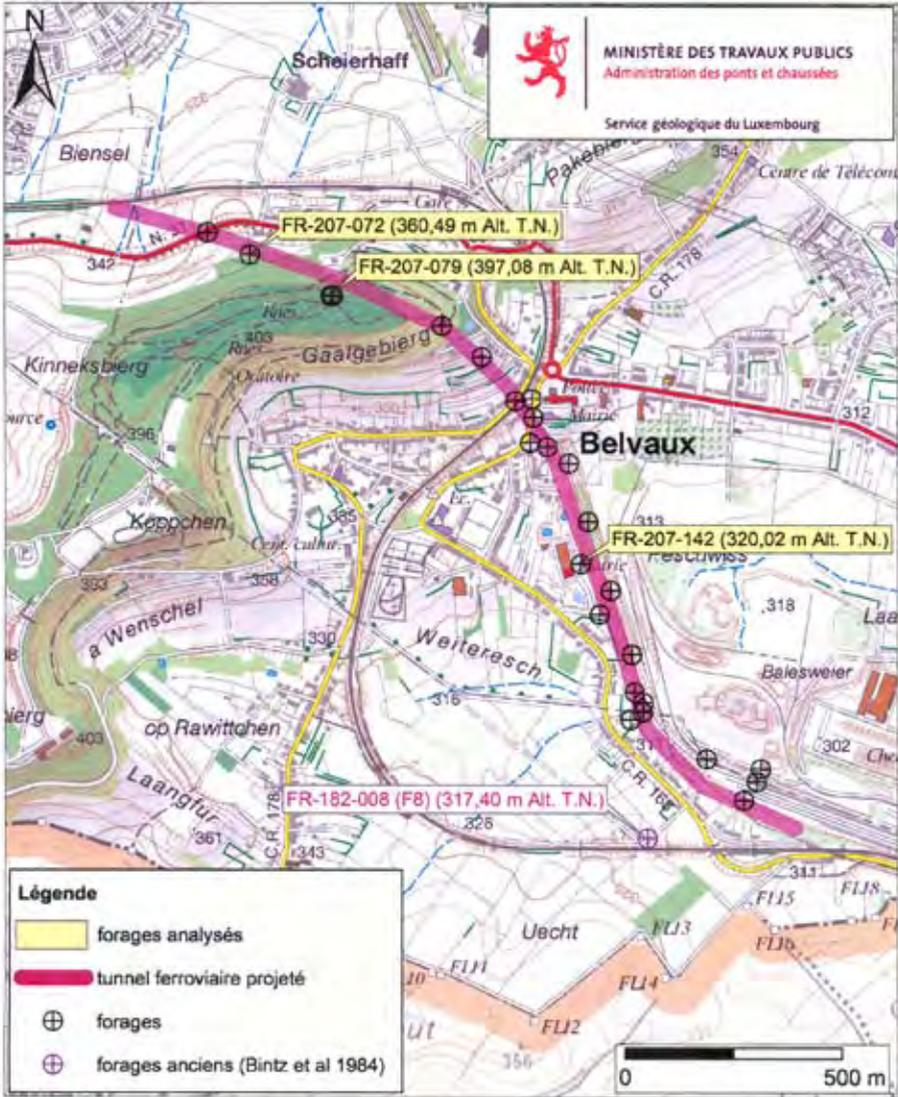


Fig. 2: Carte topographique du plateau du Gaalgebierg situant le tunnel ferroviaire en projet entre Belvaux et Oberkorn. Position des forages.

atteint le Domérien et permet donc l'étude de la partie inférieure de l'étage.

Dans ce secteur de Belvaux, on possède, en outre, les données de l'ancien forage FR 182-008 (F 8) qui avait été précédemment analysé dans le cadre d'une étude des schistes bitumineux luxembourgeois (Bintz, Pixius & Wagner 1984). Il complétera donc avantageusement nos présentes investigations stratigraphiques.

La série sédimentaire

Sur la base de diagraphies nucléaires, le Service géologique de Luxembourg peut aujourd'hui présenter une large coupe lithologique à travers le Toarcien du plateau du Gaalgebierg et de la plaine de Belvaux (Fig. 3). Différents faciès (lo1 à lo6) y sont clairement relevés avec indication de leurs variations latérales. Les deux forages de

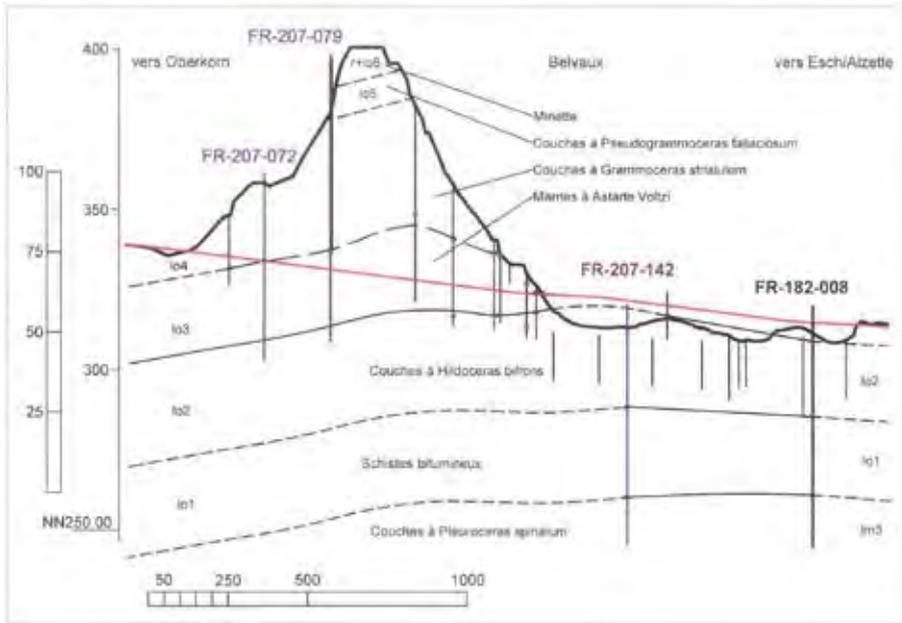


Fig. 3: Coupe géologique du plateau du Gaalgebierg et de la plaine de Belvaux. Emplacement des forages étudiés.

Belvaux qui débutent à l'altitude de 320 m et 317 m traversent le Toarcien inférieur et atteignent le Domérien supérieur. Les deux forages du Gaalgebierg qui débutent à l'altitude de 360 m et 397 m traversent le Toarcien moyen et une bonne partie du Toarcien supérieur. On a donc, au-dessus des "Couches à Pleuroceras spinatum" du Domérien, la séquence suivante;

- *Un ensemble d'argilites grises feuilletées, qu'on a appelé "Schistes à Posidonies". Ces argilites du Toarcien inférieur correspondent aux "Couches à Harpoceras falciferum" (lo1) et aux "Couches à Hildoceras bifrons" (lo2). Elles sont caractérisées par leur forte teneur en matières organiques. C'est l'importante formation des "Schistes bitumineux" qu'on a pu subdiviser en quatre niveaux (Bintz et al. 1984). Le niveau le plus riche en C organique (plus de 5%) a une épaisseur de l'ordre de 50 m. .*
- *Une unité marno-gréseuse plus claire (lo3), dite "Marnes à Astarte voltzi". Son épaisseur est d'environ 18 m au Gaalgebierg.*
- *Une unité gréseuse (lo4) composée d'un grès argileux fin, friable. C'est le grès supraliasique*

des auteurs, correspondant aux "Couches à Grammoceras striatulum". D'après les forages, il aurait, au Gaalgebierg, une épaisseur voisine de 40 m,

- Deux autres unités, non carottées, sont indiquées sur la coupe de la Fig. 3. Elles appartiennent au sommet du Toarcien: lo5 qui correspond à un nouvel épisode marneux dit "Couches à Pseudogrammoceras fallaciosum" (épaisseur 10 m) et lo6 qui marque le début de la formation ferrifère (minette).

La succession des Ammonites - Biozonation

Les carottes des unités lo1, lo2 et lo3 ont permis un bon échantillonnage de la faune d'ammonites. Bien repérées stratigraphiquement sur une hauteur d'une soixantaine de mètres, elles montrent la succession des formes au cours du temps et permettent un découpage biostratigraphique précis de la série. A côté de quelques Dactyloceratidae (à côtes raides), ce sont des

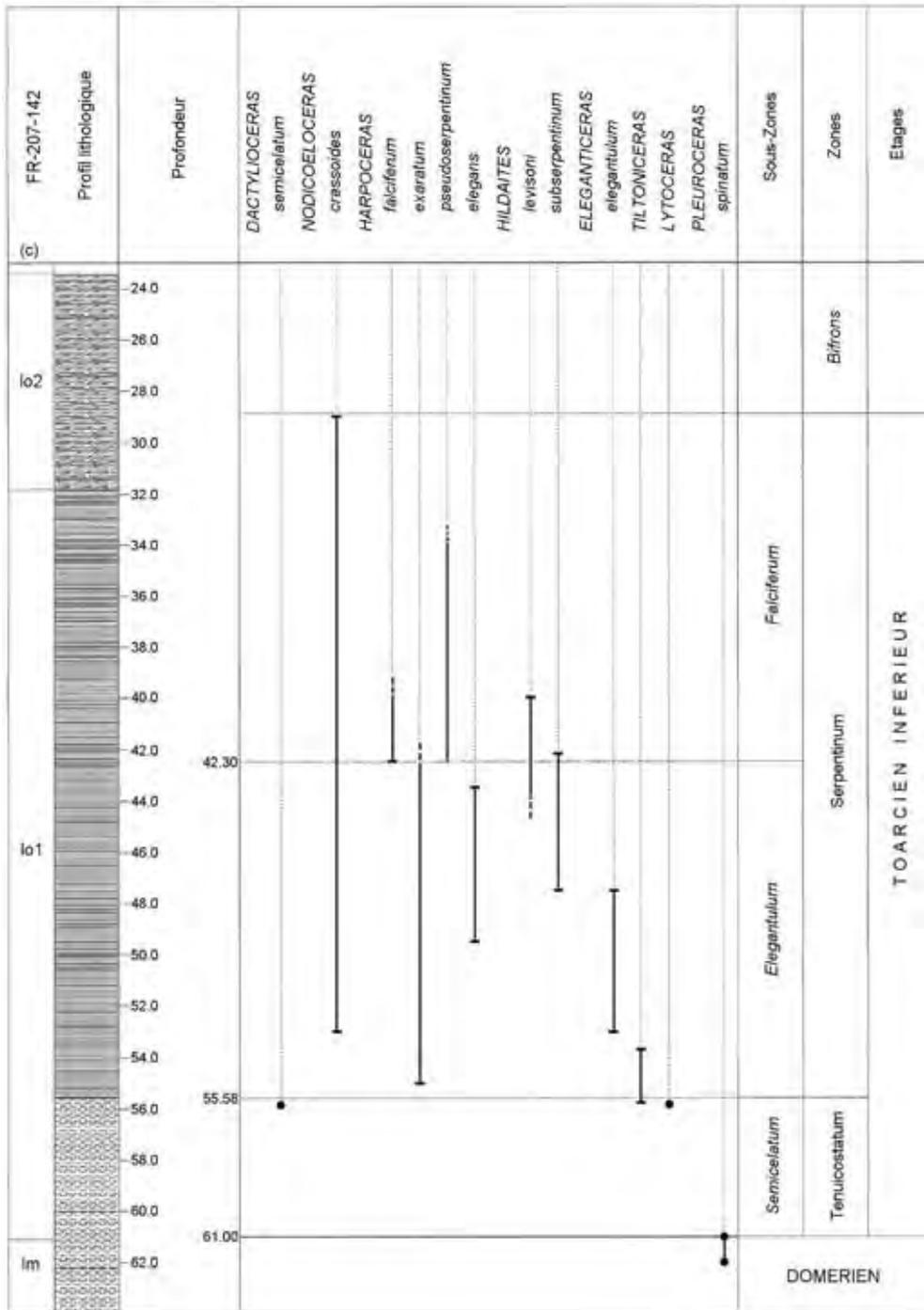


Fig. 5: Le forage FR 207-142 (désigné par C), dans le Toarcien inférieur de la commune de Belvaux. La série lithologique. Extension verticale des espèces identifiées. - Biozonation.

- *D. commune* (Sowerby), à costulation moins serrée, a été repéré en C, beaucoup plus haut, vers -15m. Il se situe dans la zone à Bifrons (Toarcien moyen), lo2 (Pl. 1, fig. 2). L'espèce est fréquente partout (Dudelonge, Esch-Clairchêne).

On peut, en outre, rappeler ici que *D. delicatum* Simpson a été signalé à Oberkorn (Maubeuge 1984).

Les *Nodicoeloceras*

Dactyloceratidae se distinguant de *Dactyloceras* par un enroulement plus rapide et la présence de tubercules à la bifurcation des côtes.

- *N. crassoides* (Simpson) à tours épais, apparaît en C vers -53 m. De très nombreux individus, dont certains de grande taille (10 cm), ont été identifiés sur une dizaine de mètres, jusqu'en -42 m, c'est-à-dire au sein de toute la sous-zone à *Elegantulum*. Des individus, moins nombreux, traversent encore la sous-zone à *Falciferum* jusqu'à la base de la zone à Bifrons (Pl. 1, fig. 3).

Les *Tiltoniceras*

Ces premiers Hildoceratidae ont été identifiés en C, d'abord vers -56 m, c'est-à-dire dans la sous-zone à *Semicelatum*, avec des individus de petite taille (moins de 4 cm) à costulation légèrement flexueuse et carène ventrale bien détachée (? aff. *costatum* Buckman). Ils se trouvent épars sur quelques plaques couvertes de posidonies (*Steimannia bronni* Zieten) et d'inocerames (*Pseudomytiloides dubius* Sowerby) (Pl. 1, fig. 4). Plus haut, vers -53,70 m, quelques autres individus se retrouvent à la base de la sous-zone à *Elegantulum*.

Les *Eleganticeras*

Hildoceratidae avec les premiers tours légèrement involutes et dépourvus de costulation jusque vers -15 mm.

- *E. elegantulum* (Young & Bird). Petits individus (environ 25 mm) à côtes assez épaisses et flexueuses. Très nombreux en C, entre -52 et -53 m (horizon à *Elegantulum*), ils se retrouvent encore un peu plus haut (Pl. 1, fig. 5).

Les *Hildaites*

Evolutes, à côtes fines et flexueuses.

- *H. levisoni* Buckman, de petite taille, à costulation peu marquée, semble déjà présent au sein de la sous-zone à *Elegantulum*. L'espèce a été surtout bien repérée entre -43,60 et -40 m, à la base de la sous-zone à *Falciferum* (Pl. 1, fig. 6).
- *H. subserpentinum* Buckman. Un bel exemplaire de 11 cm, recueilli en C à -47,50 m, présentant des côtes flexueuses, rétroverses, relativement peu serrées. La costulation disparaît vers 7 cm, laissant lisse le dernier tour. A -42,20, un autre exemplaire à costulation plus serrée est davantage proche du type de l'espèce (sous-zone à *Elegantulum*). Dans la région lyonnaise, l'espèce est connue dans la sous-zone à *Falciferum* (communication de L. Rulleau) (Pl. 2, fig. 1).
- *H. propeserpentinum* Buckman est la première ammonite identifiée en A, vers le sommet du lo2 (zone à Bifrons). Bel exemplaire de 8 cm, bien costulé jusqu'en fin de spire (Pl. 2, fig. 4).

Les *Harpoceras*

Assez involutes, à côtes falciformes, fines et serrées.

- *H. exaratum* (Young & Bird) à côtes larges, bien marquées, particulièrement régulières. Abondant en C depuis -55 m et à travers toute la sous-zone zone à *Elegantulum* (Pl. 2, fig. 2, 3).
- *H. falciferum* (Sowerby) se distingue du précédent par sa costulation plus fine, formant des sortes de nœuds à mi-flanc sur les tours jeunes. Les individus sont, ici, beaucoup moins nombreux et de mauvaise conservation. On les suit assez mal en C, dans la sous-zone à *Falciferum*, mais quelques individus assez frustes atteignent également la zone à Bifrons (en A).
- *H. elegans* (Sowerby), finement costulé et étroitement ombiliqué, identifié en C à -49 m, traverse la partie supérieure de la sous-zone à *Elegantulum* (Pl. 2, fig. 5).
- *H. pseudoserpentinum* Gabilly, assez évoluée pour le genre, à costulation serrée, flexueuse mais peu accentuée. Il a été repéré en C dans la sous-zone à *Falciferum* (Pl. 2, fig. 6).



- *H. lassum* Buckman, involute, à côtes relativement peu serrées. Quelques exemplaires assez frustes en A, à la base de la sous-zone à Bifrons

Toarcien moyen (lo2-lo3)

Les *Hildoceras*

Caractérisés par la présence, sur les flancs, d'un sillon plus ou moins marqué, voire vestigial.

- *H. sublevisoni* (Fucini) à côtes rétroverses, peu serrées, a été trouvé en bas du forage B, puis 3 m plus haut en A (**lo2**) (Pl. 2, fig. 7). Ce niveau supérieur a fourni également (en B) les deux espèces suivantes;
- *H. crassum* (Mitzopoulos), à forte costulation rétroverse, et
- *H. lusitanicum* (Meister), présentant un léger sillon périombilical.

Dans cette sous-zone à Sublevisoni (zone à Bifrons), le niveau inférieur pourrait correspondre à l'horizon du même nom et le niveau supérieur à l'horizon à Lusitanicum selon les échelles désignées ci-dessus. *H. lusitanicum* a d'ailleurs été signalé un peu plus au Nord, à Schouweiler (Maubeuge 1984).

Hildoceras bifrons, l'espèce indice bien connue dans la région de Dudelange, n'a pas été repéré dans les forages du Gaalgebierg. Mais tout près de là, on a récolté sur le terrain, à Belvaux et à Soleuvre, *Hildoceras semipolatum* qui marque le sommet de la zone à Bifrons (coll. MnhnL).

Les *Phymatoceras*

Evolutives avec des tubercules ombilicaux, bien visibles surtout sur les tours jeunes, d'où partent généralement deux côtes plus ou moins rétroverses.

- *P. narbonense* (Buckman), à costulation assez serrée, rétroverse, bien représenté en A et B (Pl. 3, fig. 1).
- *P. jardense* Gabilly, à côtes plus fortes et moins serrées (en A et B), plus rare.

Les *Phymatoceras* apparaissent à la base de l'unité **lo3** (en B) et prolifèrent sur une hauteur de 5 m. Ils appartiennent à la partie supérieure de la zone à Bifrons, la sous-zone à Bifrons.

Les *Catacoeloceras*

Dactylioceratidae à enroulement lent, caractérisés par un léger tubercule externe à partir duquel les côtes se divisent.

- *C. crassum* (Young & Bird), à côtes épaisses, marque le sommet de la zone à Bifrons. Identifié en A, avec un petit *Lytoceras*. Immédiatement au-dessus arrivent les *Denckmannia* et les *Haugia* qui sont des Hildoceratidae de la zone à Variabilis. *C. crassum* a été récolté à Bettembourg et à Dudelange où il constitue un bon niveau repère (Pl. 3, fig. 2).

Les *Denckmannia*

Aspect assez proche des *Phymatoceras* mais avec un enroulement plus rapide et des tubercules périombilicaux mieux marqués.

Planche 1: Ammonites du Toarcien, au Luxembourg, dans le forage de Belvaux (C). x 1. Originaux déposés au Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg (MnhnL).

Fig. 1: *Dactylioceras semicelatum* (Simpson); Belvaux, en C, à -56 m. Toarcien inf., Zone à Tenuicostatum, sous-zone à Semicelatum. MnhnL TV350.

Fig. 2: *Dactylioceras commune* (Sowerby); Belvaux, en C, à -15 m. Toarcien moyen, Zone à Bifrons. Serv. géol.

Fig. 3: *Nodicoeloceras crassoides* (Simpson); Belvaux, en C, à -45,40 m. Toarcien inf., Zone à Serpentinum, sous-zone à Elegantulum. MnhnL TV352.

Fig. 4: Niveau à posidonies (a) et inocerames (b); Belvaux en C, à -50,50 m. Toarcien inf., Zone à Serpentinum, sous-zone à Elegantulum. Serv. géol.

Fig. 5: L'horizon à *Elegantoceras elegantulum* (Young & Bird); Belvaux, en C, à -52,90 m. Toarcien inf., Zone à Serpentinum, sous-zone à Elegantulum. MnhnL TV354.

Fig. 6: *Hildaites levisoni* Buckman; Belvaux, en C, à -43,60 m. Toarcien inf., Zone à Serpentinum, sous-zone à Elegantulum. MnhnL TV355.



- *D. fabalis* (Simpson), à côtes fines et régulières, assez serrées, bien représenté en A et B sur une hauteur de 2 m (Fig. 6).
- *D. malagma* (Dumortier), plus involute, à côtes plus épaisses et moins serrées. Un exemplaire en A, juste au-dessus des *Catacoeloceras* (Pl. 3, fig. 4).

Les *Haugia*

Phymatoceratinae comprimés et assez involutes avec de nombreux petits tubercules ombilicaux d'où partent 2 ou 3 côtes.

- *H. variabilis* (d'Orbigny), à costulation dense, a été recueillie en A et B sur une hauteur de près de 2,50 m, accompagnant les *Denckmannia*. La sous-zone (et l'horizon) à *Variabilis* indique la base de la zone du même nom (Pl. 3, fig. 3).

La faune d'*Haugia*, assez riche à Dudelange paraît plus pauvre dans le secteur de Belvaux.



Fig. 6: Aspect du niveau à *Denckmannia* dans le Toarcien moyen du Gaalgebierg. Forage A, -32,50 m.

Toarcien supérieur p.p. (lo3-lo4)

Les *Pseudogrammoceras*

Assez largement ombiliqués, avec des côtes épaisses et flexueuses. Le groupe, assez bien représenté ici juste au-dessus des *Haugia*, a été identifié sur une hauteur de 6,50 m. Trois espèces:

- *P. bingmanni* (Denckmann), à enroulement un peu plus rapide que les deux autres espèces

présentes. Espèce indice de la sous-zone (et de l'horizon) du même nom à la base de la zone à Thouarsense (en B surtout, plus rare en A) (Pl. 3, fig. 5).

- *P. struckmanni* (Denckmann), avec un ombilic un peu plus ouvert l'accompagne sur la même hauteur (en B seulement) (Pl. 3, fig. 6).
- *P. doerntense* (Denckmann), à côtes plus fines, presque effacées, en A et B, apparaît 2 m plus haut (Pl. 3, fig. 7).

Planche 2: Ammonites du Toarcien, au Luxembourg, dans les forages du Gaalgebierg (A et B) et de Belvaux (C). x 1. Originaux déposés au Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg (MnhnL).

- Fig. 1: *Hildaites subserpentinum* Buckman; Belvaux, en C, à -47,50 m. Détail des tours internes costulés d'un grand individu (qui perd sa costulation sur le dernier tour). Toarcien inf., Zone à Serpentinum, sous-zone à *Elegantulum*. MnhnL TV356.
- Fig. 2: *Harpoceras exaratum* (Young & Bird); Belvaux, en C, à -49,80 m. Morphe à côtes épaisses et peu serrées. Toarcien inf., Zone à Serpentinum, sous-zone à *Elegantulum*. MnhnL TV357.
- Fig. 3: *Harpoceras exaratum* (Young & Bird); Belvaux, en C, à -54,90 m. Toarcien inf., Zone à Serpentinum, sous-zone à *Elegantulum*. MnhnL TV358.
- Fig. 4: *Hildaites propeserpentinum* Buckman; Belvaux, en A, à -45,70 m. Toarcien moyen, Zone à Bifrons, sous-zone à *Sublevisoni*. MnhnL TV359.
- Fig. 5: *Harpoceras elegans* (Sowerby); Belvaux, en C, à -49 m. Toarcien inf., Zone à Serpentinum, sous-zone à *Elegantulum*. MnhnL TV360.
- Fig. 6: *Harpoceras pseudoserpentinum* Gabilly; Belvaux, en C, à -34,10 m. Toarcien inf., Zone à Serpentinum, sous-zone à *Falciferum*. MnhnL TV361.
- Fig. 7: *Hildoceras sublevisoni* (Fucini); jeune individu, Belvaux, en B, à -80 m. Toarcien moyen, Zone Bifrons, sous-zone à *Sublevisoni*. MnhnL TV362.



Les Podagrosites

Grammocerotinae épais et évolutés; en vue latérale ressemblent à *Pseudogrammoceras*, mais ont une section bisulquée.

- *P. latescens* (Simpson), à costulation forte, accompagne les premiers *Pseudogrammoceras* sur une hauteur de 3 m (en A surtout, mais présent aussi en B).
- *P. podagrosom* (Monestier) à côtes plus épaisses et moins serrées. Un seul exemplaire en B, avec les derniers *Pseudogrammoceras*.

Les Grammoceras

Formes comprimées et évolutés, à côtes grêles légèrement flexueuses.

- *G. thouarsense* (d'Orbigny), à côtes régulières, peu serrées. Bien représenté en A et B, sur une hauteur de 2 m. Les premiers éléments côtoient les derniers *Pseudogrammoceras*. Espèce indice de la sous-zone (et de l'horizon) du même nom, au-dessus de la sous-zone à Bingmanni (Pl. 3, fig. 8).
- *G. chateleti* de Brun, forme voisine de la précédente, mais avec une costulation plus serrée, plus ou moins fasciculée sur les tout premiers tours. Ici l'espèce accompagne les derniers *thouarsense* (en B).

- *G. penestriatulum* Buckman, plus largement ombiliqué, à côtes plus serrées que *thouarsense*. Un exemplaire recueilli en A, beaucoup plus haut, à 5,40 m au-dessus des précédents. Il appartient à la sous-zone suivante, celle à Fascigerum, au sommet de la zone à Thouarsense (Pl. 3, fig.9).

Résultats - Discussion et remarques

Dans la soixantaine de mètres de sédiments marneux échantillonnés dans les forages A et B d'une part, et le forage C d'autre part, on voit se succéder toute une série d'ammonites. On a identifié 11 genres de la famille des Hildoceratidae et 3 genres de la famille des Dactyloceratidae, regroupant en tout 28 espèces. Les formes les mieux représentées, ici, sont les Phymatocerotinae et les Grammocerotinae. Sont par contre peu représentés les Dactyloceratidae et les Harpocerotinae. Notons l'absence, dans nos prélèvements, des Paronoceratinae et des Hammatocerotinae.

On peut éventuellement faire remarquer (Fig. 4) que l'apparition d'un genre coïncide souvent avec la disparition du (ou des) précédent(s).

Planche 3: Ammonites du Toarcien, au Luxembourg, dans les forages du Gaalgebierg (A et B). x 1. Originaux déposés au Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg (MnhnL).

- Fig. 1: *Phymatoceras narbonense* (Buckman); Belvaux, en B, à -76,80 m. Toarcien moyen, Zone à Bifrons, sous-zone à Bifrons. MnhnL TM237
- Fig. 2: *Catacoeloceras crassum* (Young & Bird); Belvaux, en A, à -35,70 m. Toarcien moyen, Zone à Bifrons, sous-zone à Bifrons. MnhnL TM238.
- Fig. 3: *Haugia variabilis* (d'Orbigny); Belvaux, en A, à -32,70 m. Toarcien moyen, Zone à Variabilis, sous-zone à Variabilis. MnhnL TM239.
- Fig. 4: *Denckmannia malagma* (Dumortier); Belvaux, en A, à -34,90 m. Toarcien moyen, Zone à Variabilis, sous-zone à Variabilis. MnhnL TM240.
- Fig. 5: *Pseudogrammoceras bingmanni* (Denckmann); Belvaux, en A, à -27,80 m. Toarcien sup. Zone à Thouarsense, sous-zone à Bingmanni. MnhnL TM241.
- Fig. 6: *Pseudogrammoceras struckmanni* (Denckmann); Belvaux, en B, à -62 m. Toarcien sup., Zone à Thouarsense, sous-zone à Bingmanni. MnhnL TM242.
- Fig. 7: *Pseudogrammoceras doertense* (Denckmann); Belvaux, en A, à -30,50 m. Toarcien sup., Zone à Thouarsense, sous-zone à Bingmanni. MnhnL TM243.
- Fig. 8: *Grammoceras thouarsense* (d'Orbigny); Belvaux, en A, à -25,50 m. Toarcien sup., Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense. MnhnL TM244.
- Fig. 9: *Grammoceras penestriatulum* Buckman; Belvaux, en B, à -50,80 m. Toarcien sup., Zone à Thouarsense, sous-zone à Fascigerum. MnhnL TM245.

Cinq **biozones** se détachent nettement:

La zone à *Tenuicostatum* (environ 6 m)

Présente en C, au-dessus des derniers *Pleuroceras* du Domérien. Sa limite supérieure est bien marquée par *D. semicelatum* et l'arrivée des premiers *Tiltoniceras*.

La zone à *Serpentinum* (25-30 m)

Elle débute, en C, avec la brusque apparition d'une importante faune d'ammonites et dans les premiers niveaux, à la base, pullulent inocerames et posidonies. *E. elegantulum* est l'élément caractérisant la sous-zone du même nom (épaisseur 13 m). Son extinction, qui marque la base de la sous-zone suivante, coïncide ici avec un net appauvrissement de la faune. Les *Nodicoeloceras* sont encore abondants, mais apparemment les *Harpoceras* et *Hildaites* se font rares. Cette sous-zone à *Falciferum* mesure une quinzaine de mètres.

La zone à *Bifrons* (environ 25-30 m)

Les forages A et B montrent que la zone paléontologique classiquement connue en **lo2** monte dans le **lo3** (Fig. 4). Les derniers *Hildaites* et *Hildoceras* marquent la base de la zone, c'est-à-dire la sous-zone à *Sublevisoni*. *Hildoceras bifrons* n'a pas été identifié ici. La sous-zone du même nom a fourni des *Phymatoceras*. Sa limite supérieure est clairement marquée par *Catacoeloceras*. Epaisseur de la sous-zone à *Bifrons*: 6 m. Dans l'ensemble, cette zone présente une faune bien diversifiée.

La zone à *Variabilis* (2-3 m)

Elle correspond à l'extension verticale des *Haugia* et des *Denckmannia*. Pas de subdivision paléontologique possible, faune assez pauvre laissant éventuellement supposer un ralentissement ou une lacune dans la sédimentation.

La zone à *Thouarsense* (environ 20 m)

Elle débute avec la brusque et massive apparition des *Grammocerotinae*, et l'extinction des formes précédentes. L'extension verticale de *P. bingmanni* délimite la sous-zone du même nom (7 m). Au-dessus, avec la sous-zone à *Thouarsense* (10 m) s'achèvent nos prélèvements fossilifères. Cette étude entame donc environ la moitié du Toarcien

supérieur qui est remarquable par l'abondance et la diversité de sa faune.

L'évolution de la série sédimentaire du pôle argileux (lo1) vers le pôle gréseux (lo4) (c'est-à-dire dans le sens d'une diminution de la profondeur du milieu) paraît, de prime abord, se faire lentement sans provoquer de grands bouleversements sur l'évolution biologique de la faune de ces niveaux. En effet, les grandes coupures biostratigraphiques établies ici (zones) ne coïncident pas exactement avec les coupures lithostratigraphiques. Mais il n'en est pas tout à fait de même pour certaines coupures de deuxième ordre (sous-zones). On peut ainsi remarquer que la limite lo2-lo3 correspond à peu près, ici, à l'extinction des *Hildoceras* et à l'apparition des *Phymatoceras*. De même, vers la limite lo3-lo4, on observe l'arrivée des *Grammoceras*.

Conclusions

Cette étude permet d'affiner la séquence stratigraphique établie dans la Toarcien du Grand-Duché (carte géologique).

1. J. Bintz *et al.* (1984) ont montré que l'épaisseur des schistes bitumineux est de l'ordre de 50 m et concerne le lo1 et le lo2.

L'analyse lithologique effectuée dans le forage C attribue à l'unité lo1 une épaisseur d'une trentaine de mètres. La formation bitumineuse monte donc dans l'unité lo2, sur une hauteur d'environ 20 m. Et biostratigraphiquement, elle affecte, effectivement, les couches à *Falciferum* et à *Bifrons* (Fig. 5).

2. Le forage C montre que le lo2 a, lui aussi, une épaisseur d'environ une trentaine de mètres. Paléontologiquement il est daté par *Dactylioceras commune* (et par les derniers *Harpocerotinae* en A et B). Ces niveaux du lo2 (Couches à *Bifrons*) ont été, pour nous, assez difficiles à échantillonner.

La limite lo2-lo3 (Fig. 4) correspond pratiquement à l'arrivée des *Phymatoceras* et des espèces "accompagnantes" de *bifrons*. La biozone à *Bifrons* se termine avec le niveau à *Crassum* qui se situe très haut dans le lo3 (Marnes à *Astarte voltzi*). Elle se trouve donc à cheval sur lo2 et lo3.

3. La limite lo3-lo4 correspond à l'arrivée des *Grammoceras* du groupe *striatulum*, d'où le nom de "Couches à *Striatulum*" pour le lo4. Mais les forages A et B montrent que les premiers Grammocerotinae apparaissent dans les derniers mètres de lo3. C'est donc au sein des Marnes à *Astarte voltzi* qu'a lieu un important renouvellement de la faune d'ammonites.

Ces travaux de prospection dans le secteur de Belvaux, ont donc permis d'établir dans le Toarcien du Grand-Duché, une biostratigraphie détaillée, à l'échelle de la zone et de la sous-zone, avec repérage de certains horizons paléontologiques. Ces données couvrent environ les trois quarts de l'étage, soit une durée qui serait de l'ordre de 5 Ma, estimation d'après l'échelle numérique de Odin & Odin (1990).

Dans le Nord-Est et l'Est du Bassin parisien, de nombreux travaux de Maubeuge concernent principalement la base du Toarcien. Il a donné aussi (1961, 1984), pour la Lorraine centrale et la Haute-Marne, des observations précises sur le Toarcien moyen et supérieur.

La présente étude sur la bordure nord-est du Bassin parisien, réactualise donc les connaissances régionales anciennes (Lucius 1948, Maubeuge 1955) et les complète avantageusement. Elle permet une comparaison avec la zonation maintenant bien établie sur la bordure méridionale du bassin. Ainsi, dans la région de Thouars (stratotype de l'étage), les travaux illustrés de Gabilly (1976 a, b) restent l'élément de base pour la biostratigraphie fine du Toarcien dans la Bassin parisien. Dans la région lyonnaise, Elmi et Rulleau (1991) ont à leur tour établi une zonation détaillée, avec illustration (Rulleau 2006), devant servir de référence. C'est principalement avec ces données qu'à été élaborée, pour le Toarcien, l'échelle biostratigraphique actuellement usitée en France. Il apparaît que nos récentes observations faites au Grand-Duché, sur la bordure septentrionale du Bassin parisien, peuvent s'inscrire dans ce même schéma zonal.

Remerciements

Nous tenons à remercier ici Louis Rulleau qui nous a aimablement fait partager ses connaissances approfondies sur les ammonites du Toarcien de

la région lyonnaise. Nous avons particulièrement apprécié l'aide apportée dans l'interprétation biostratigraphique des éléments du Toarcien inférieur.

Références bibliographiques

- Bintz J., Hary A. & Muller A., 1973. - Luxembourg, in: Ardenne-Luxembourg. Guides géologiques régionaux. Masson éd., Paris: 135-192.
- Bintz J., Pixius R. & Wagner A., 1984. - Géologie, Géochimie et possibilités d'exploitation des schistes bitumineux luxembourgeois. Revue technique 4, Luxembourg: 132-145.
- Delsate D. & Weis R. 2010. - La Couche à Crassum (Toarcien moyen) au Luxembourg: stratigraphie, faunes et particularités sédimentologiques de la coupe de Dudelange-Zoufftgen. Ferrantia, Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. (ce volume)
- Elmi S. & Rulleau L. 1991. - Le Toarcien des carrières Lafarge (Bas-Beaujolais, France). *Geobios* 24 (3): 315-331.
- Elmi S., Rulleau L., Gabilly J. & Mouterde R. 1997. - Toarcien in: Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen. Cariou E. & Hantzpergue P. (coord.). Bulletin Centre Recherches Elf Exploration Production, Pau, Mémoire 17: 25-36.
- Gabilly J. 1976 a. - Le Toarcien à Thouars et dans le centre ouest de la France. Ed. Centre national Recherche scientifique, 3, 217 p.
- Gabilly J. 1976 b. - Evolution et systématique des Phymatocerotinae et des Grammocerotinae dans la région de Thouars. Mémoire Société géologique de France, 124, 196 p.
- Lucius M. 1948. - Das Gutland. Geologie Luxemburgs. Erläuterungen zu der geologische Spezialkarte Luxemburgs. Publications Service géologique de Luxembourg, 5: 405 p.
- Lucius M. 1956. - Visite de la tranchée creusée à la suite de la suppression du tunnel de Zoufftgen. Bulletin Société des Naturalistes luxembourgeois, 61: 257-261.

- Maubeuge P.-L. 1955. - Observations géologiques dans l'Est du Bassin de Paris (terrains triasiques moyens-supérieurs et jurassiques inférieurs-moyens). Ed. privée, Nancy, 2 vol.: 1082 p.
- Maubeuge P.-L. 1958. - Quelques observations géologiques sur le profil de la tranchée de l'ex-tunnel de Dudelange (G.-D. de Luxembourg) ouverte dans le Toarcien. Archives Institut grand-ducal, Section Sciences naturelles, physiques et mathématiques, N. S., 25: 201-210.
- Maubeuge P.-L. 1961 - Le Toarcien et le sommet du Domérien dans la région de Langres (Haute-Marne) et quelques comparaisons avec la Lorraine centrale. Colloque sur le Lias français, Mémoires Bureau Recherches géologiques et minières, 4: 563-576.
- Maubeuge P.-L. 1969. - Quelques considérations sur la question des faunes cosmopolites et spécialement méditerranéennes dans le Bassin de Paris. Colloque du Jurassique, Luxembourg 1962. Comptes rendus et Mémoires Institut grand-ducal, Section Sciences naturelles, physiques et mathématiques: 507-510.
- Maubeuge P.-L. 1984. - Nouvelles études paléontologiques et biostratigraphiques sur les ammonites du Grand-Duché de Luxembourg, de la province de Luxembourg et de la région lorraine attenante. Travaux scientifiques Musée histoire naturelle Luxembourg: 3-115.
- Odin G.S & Odin C. 1990. - Echelle numérique des temps géologiques: mise à jour 1990. Géochronique 35: 12-21.
- Page K. N. 2003. - The Lower Jurassic of Europe: its subdivision and correlation. Geological Survey of Denmark and Greenland, 1: 23-59.
- Rulleau L. 2006. - Biostratigraphie et Paléontologie du Lias supérieur et du Dogger de la région lyonnaise. Comité d'Entreprise Lafarge Ciments, Section Géologie et Paléontologie, tome, 1: 382 p.
- Weis R. 1999. - Die Belemniten der Minette-Formation (ob. Toarcium-ob. Aalenium) Luxemburgs. Travaux scientifiques Musée national histoire naturelle Luxembourg, 32: 207-233.

La Couche à Crassum (Toarcien moyen) au Luxembourg: stratigraphie et faunes de la coupe de Dudelange-Zoufftgen

Dominique Delsate
Robert Weis

Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg
25, rue Münster L-2160
Luxembourg
ddelsate@mnhn.lu
rweis@mnhn.lu

Mots clés: Stratigraphie, lithologie, Toarcien moyen, Couche à Crassum, Luxembourg, ammonites, bélemnites, ichthyofaune

Résumé

La position stratigraphique de la Couche à Crassum au Grand-Duché de Luxembourg est discutée à l'aide de la coupe de Dudelange-Zoufftgen qui s'étend des Couches à *Hildoceras bifrons* (zone à Bifrons) aux Couches à *Astarte voltzi* (zones à Variabilis-Thouarsense). D'autres affleurements complémentaires en marge NE du Bassin de Paris sont brièvement décrits à titre comparatif. Il en résulte que la Couche à Crassum correspond à un banc conglomératique dont l'épaisseur varie de 0,1 à 1,5 m, et qui contient des faunes remaniées mixtes des zones à Bifrons-Variabilis. Les changements d'épaisseur et de faciès peuvent être importants même à faible distance latérale. A Dudelange-Zoufftgen, la sédimentation est particulièrement complète et on peut séparer deux horizons, distingués par leur contenu paléontologique et l'attribution biostratigraphique: un horizon avec *Catacoeloceras crassum*, *Hildoceras semipolatum*, *H. bifrons*,

daté de la sous-zone à Bifrons et un horizon avec *Catacoeloceras crassum*, *C. raquinianum*, *Haugia variabilis*, *H. navis*, *Pseudolioceras compactile*, daté des sous-zones à Variabilis et Illustris. Une analyse préliminaire des faunes de céphalopodes (ammonites et bélemnites) et de requins (dents microscopiques) apporte des données nouvelles pour la distribution biostratigraphique et paléogéographique des ces groupes dans le cadre du Bassin de Paris. Les données isotopiques, sédimentologiques et faunistiques indiquent un réchauffement au cours du Toarcien moyen (jonction zones à Bifrons-Variabilis), couplé à une tranche d'eau assez importante. Ces facteurs apparaissent en partie responsables de l'arrivée en abondance de nouvelles faunes, en particulier de raies et de requins, mais aussi de céphalopodes.

Keywords: Stratigraphy, lithology, middle Toarcian, Couche à Crassum, Luxembourg, ammonites, belemnites, ichthyofauna

Abstract

The stratigraphic position of the 'Couche à Crassum' in the Grand-Duchy of Luxembourg is discussed on the basis of the Dudelange-Zoufftgen section, which covers the upper part of the 'Couches à *Hildoceras bifrons*' (Bifrons zone) to the 'Couches à *Astarte voltzi*' (Variabilis-Thouarsense zones). Further outcrops from the NE margin of the Paris basin are briefly described for comparison. The 'Couche à Crassum' is characterised as a conglomeratic bed with a thickness varying from 0,1 to 1,5 m, that contains reworked ammonite faunas of

the Bifrons and Variabilis zones. Changes in thickness and facies are significant even at small distance. At the Dudelange-Zoufftgen section, the sedimentation was particularly complete and two different paleontological horizons can be separated among the 'Couche à Crassum': a inferior one with *Catacoeloceras crassum*, *Hildoceras semipolatum*, *H. bifrons* (Bifrons subzone) and an upper one with *Catacoeloceras crassum*, *C. raquinianum*, *Haugia variabilis*, *H. navis*, *Pseudolioceras compactile* (Variabilis and Illustris subzones). A preliminary

analysis of cephalopod (ammonites and belemnites) and shark (micro teeth) faunas provides new data on the biostratigraphic and paleogeographic distribution of these groups in the framework of the Paris basin. Isotopic, sedimentological and faunistic data indicate a

warming event during the middle Toarcian (boundary Bifrons-Variabilis zones), coupled with a relatively high sea-level. These factors appear to be partially responsible for the arrival of new faunas, particularly sharks and rays, but also cephalopods.

Schlüsselwörter: Stratigraphie, Lithologie, mittleres Toarcium, Crassum-Schicht, Luxemburg, Ammoniten, Belemniten, Ichthyofauna

Zusammenfassung

Die stratigraphische Stellung der "Crassum-Schicht" im Grossherzogtum Luxemburg wird besprochen anhand des Profils Dudelage-Zoufftgen, wo Teile der Schichten mit *Hildoceras bifrons* (Bifrons-Zone) und der Schichten mit *Astarte voltzi* (Variabilis- bis Thouarsense-Zone) aufgeschlossen sind. Weitere Aufschlüsse im nordöstlichen Randbereich des Pariser Beckens werden zum Vergleich kurz besprochen. Die "Crassum-Schicht" entspricht einer konglomeratischen Bank, die in der Mächtigkeit zwischen 0,1 und 1,5 m schwankt, und aufgearbeitete Ammonitenfaunen der Bifrons- und Variabilis-Zonen enthält. Auffallend sind bedeutende Fazies- und Mächtigkeitsschwankungen auf kurze Entfernung. Bei Dudelage-Zoufftgen ist die Sedimentation besonders vollständig, so dass hier zwei paläontologisch getrennte Horizonte unterscheidbar sind: ein unterer Horizont mit *Catacoeloceras crassum*,

Hildoceras semipolatum, *H. bifrons* (Bifrons-Subzone) und ein oberer Horizont mit *Catacoeloceras crassum*, *C. raquinianum*, *Haugia variabilis*, *H. navis*, *Pseudolioceras compactile* (Variabilis- und Illustrius-Subzonen). Eine erste Analyse der Cephalopoden- (Ammoniten, Belemniten) und Haifischfauna (Mikrozähne) erbringt neue Erkenntnisse zur biostratigraphischen und paläogeographischen Verbreitung dieser Gruppen im Rahmen des Pariser Beckens. Die isotopischen, sedimentologischen und faunistischen Daten deuten auf eine Erwärmung und einen relativ hohen Wasserstand während des mittleren Toarciums (Übergang Bifrons-zur Variabilis-Zone) hin. Diese Faktoren erscheinen teilweise verantwortlich für die Auftreten neuer Faunen, insbesondere Haifische und Rochen, aber auch Cephalopoden.

Introduction

Au Grand-Duché de Luxembourg, le Toarcien affleure sur une large bande s'étalant de Rodange jusqu'à Dudelage sur une grande partie du sud-ouest du pays (Fig. 1). Si le faciès des "black shales" du Toarcien inférieur avec leurs remarquables faunes de vertébrés marins, de céphalopodes et d'insectes ont fait l'objet de plusieurs publications dans les dernières décennies (Hanzo 1978, 1979; Delsate, Henrotay & Godefroit 1992; Godefroit 1994; Delsate & Godefroit 1995; Delsate 1997, 1999a, 1999b; Henrotay et al. 1998; Delsate & Maubeuge 2000; Hermoso 2007; Fuchs & Weis 2008), la série marneuse du Toarcien moyen qui succède aux schistes cartons reste jusqu'à ce jour peu étudiée, à l'exception de l'ichthyofaune (Delsate 1990; Delsate & Lepage 1990; Delsate & Candoni 2001). Un chantier ferroviaire ouvert en 2003 sur la ligne Luxembourg-Metz à la hauteur de la route C.R.160 qui mène de Dudelage (L) à Zoufftgen (F) a permis de lever une coupe exceptionnelle au niveau de la Couche à Crassum (Fig. 2). Ce terme désigne un banc conglomératique et

phosphaté au sein des marnes du Toarcien moyen, qui atteint jusqu'à 1,5 m d'épaisseur et constitue un bon niveau de repère. Le terme de Couche à Crassum a été introduit et informellement défini par Lucius (1945). Bien que non-conforme à la nomenclature lithostratigraphique plus récente (voir aussi Hedberg 1976), il nous paraît suffisamment défini et consacré par l'usage afin de l'utiliser par la suite. La Couche à Crassum est à considérer l'équivalent des Marnes de Bacourt en Lorraine, unité introduite par Van Werveke (1901) et formellement définie par Hanzo (1980a, b), bien que peu utilisée par la suite. D'un point de vue paléontologique, la Couche à Crassum est caractérisée par la présence des genres d'ammonites *Catacoeloceras*, *Haugia* et *Denckmannia*. D'un point de vue lithostratigraphique, la Couche à Crassum est intercalée entre les Couches à *Hildoceras bifrons* (lo2 de la carte géologique du Luxembourg) sous-jacentes et les Couches à *Astarte voltzi* (lo3). Dans la plupart des localités luxembourgeoises, elle correspond à un horizon conglomératique de couleur rouille-brun foncé, composé d'une véritable brèche de bélemnites et ammonites fragmentées. Cette couche, variant de plusieurs



Fig. 2: Vue d'ensemble de la coupe de Dudelange-Zoufftgen en été 2003.

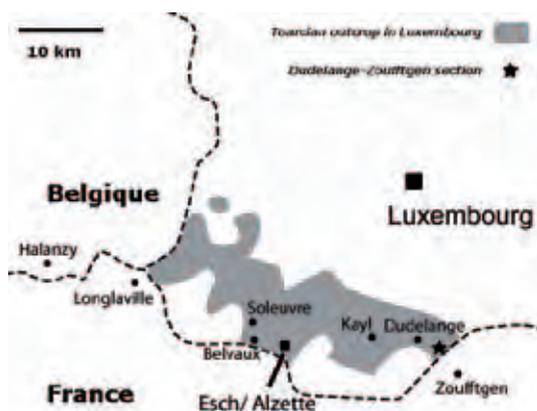


Fig. 1: Localisation des sites.

centimètres à plusieurs décimètres, a été observée *in situ* notamment à Soleuvre, à Esch-Belvaux et à Kayl. Située à l'extrémité SE de l'affleurement toarcien au Grand-Duché, la coupe de Dudelange-Zoufftgen révèle par contre une sédimentation plus complète, avec cette couche basale bien développée, à laquelle se superpose un imposant banc marneux de plus d'un mètre d'épaisseur, criblé d'ammonites et de bélemnites de la zone à Variabilis. Ce banc compact est caractéristique de la coupe de Dudelange-Zoufftgen et n'a pas pu être mis en évidence autre part au Grand-Duché ou en Lorraine adjacente. L'ensemble (couche conglomératique et banc marneux) correspond à la Couche à Crassum, qui à Dudelange-Zoufftgen atteint ainsi une épaisseur de 1,50 m.

L'objet de cette contribution est de fournir une description détaillée de cette succession particulière du Toarcien moyen à Dudelange-Zoufftgen. Un aperçu des faunes sera donné pour chaque horizon avec une pertinence particulière pour l'ichthyofaune et les céphalopodes. Finalement on donnera un aperçu sur les autres affleurements de la Couche à Crassum étudiés dans les vingt dernières années par les auteurs et on mettra en relation les nouvelles données paléontologiques fournies par la coupe de Dudelange-Zoufftgen aux données existantes dans la partie nord-est du Bassin de Paris (Lorraine française et belge incluse).

Travaux antérieurs

De nombreux auteurs ont signalé la Couche à Crassum en bordure NE du Bassin de Paris et ponctuellement en ont décrit les faunes d'invertébrés. Ainsi, dans une des premières monographies sur les fossiles jurassiques de Belgique et du Luxembourg, Chapuis & Dewalque (1853) figurent *Ammonites raquinianum*, *A. variabilis* et *A. cornucopia*. Malgré le fait que ces auteurs ne séparent pas un horizon à part au sein des marnes toarciennes, il s'agissait d'un premier indice paléontologique décelant la présence de celui-ci au NE du Bassin de Paris.

Quelques années plus tard, pour la partie nord de la Lorraine, Branco (1879) et Benecke (1898) ont séparé un banc à Crassum au sein des Marnes à Bifrons. Bleicher (1892) décrit des nodules phosphatés dans les marnes noires à *Nodicoeloceras raquinianum*, surtout aux environs de Nancy, entre les Marnes à Bifrons et les Marnes à *Ammonites thoarcensis* et *Astarte voltzii*: abondance de petits nodules irréguliers gris à surface cariée profondément burinée de sillons larges et profonds ou plus étroits, et de traits fins entrecroisés, englobant des fragments d'ammonites dont *Ammonites raquinianus* (débris empâtés dans les nodules), *A. insignis*, *A. bifrons*, *Belemnites tripartitus*. Leur cassure est gris-noirâtre, avec des sections de gastéropodes et bivalves, et des cylindres marnosableux.

Klüpfel (1919) décrit les marnes phosphoritiques de Lorraine, équivalent de la Couche à Crassum, et donne une liste exhaustive de fossiles, dont la

présence des genres d'ammonites *Denckmannia*, *Polyplectus*, *Frechiella*, *Phylloceras* et *Pseudolioceras*.

Corroy & Gérard (1933) séparent une sous-zone à *Coeloceras crassum* dans la partie supérieure de leur zone à *Hildoceras bifrons*, qui dans la région de Metz-Nancy (Lorraine française) correspond à un "niveau de marnes à nodules phosphatées, très fossilifère, contenant surtout *Coeloceras crassum*, *Hildoceras bifrons*, *Harpoceras bicarinatum* et *Mesoteuthis tripartitus*". En outre, les mêmes auteurs signalent la présence des genres *Haugia*, *Phymatoceras*, *Lillia* et *Denckmannia*. Sur ces marnes à nodules phosphatées repose un banc marneux riche en bélemnites (*Acrocoelites* ssp. ainsi que la première apparition de *Dactyloteuthis irregularis*).

Van Werveke (1901, 1910) reporte en Lorraine du Nord un niveau criblé d'ammonites et bélemnites qu'il nomme "Schistes de Bacourt" et qu'il considère l'équivalent des "Jurensis-Schichten" des auteurs allemands. Une faune similaire a été reportée au Luxembourg par Laux (1921). Le niveau en question correspond à la Couche à Crassum qui, sous ce nom, a été officiellement reconnue pour la première fois au Grand-Duché lors des travaux pour la carte géologique par Lucius (1945: 25). Le père de la géologie luxembourgeoise décrit plusieurs affleurements et donne une liste faunistique pour les invertébrés (Lucius 1945, 1948). La coupe de Dudelange-Zoufftgen y est décrite pour la première fois, étant aisément visible suite aux travaux de transformation du tunnel en tranchée ouverte en 1941. Une excursion de la Société des Naturalistes luxembourgeois représente ensuite l'occasion pour une note complémentaire au sujet de cette coupe (Lucius 1956).

Maubeuge (1955, 1958) reprend la coupe levée par Lucius, et subdivise la Couche à Crassum en deux unités phosphatées, dont une supérieure plus riche en bélemnites. Le même auteur cite de nombreuses espèces de céphalopodes et figure un exemplaire de *Lytoceras onychograptum* Buckman, des collections du Musée de Luxembourg.

Dans un important ouvrage de synthèse géologique du Bassin de Paris, Hanzo (1980a; 1980b) redéfinit les Marnes de Bacourt comme reposant sur les Marnes à *Hildoceras bifrons* et sous les Marnes à *Astarte voltzi* en Lorraine.

Plus récemment, Delsate & Lepage (1990) caractérisent pour la première fois la Couche à Crassum en Lorraine belge (Halanzy et Saint-Mard) et y

récoltent de nombreuses micro-dents de requins. Les mêmes auteurs ont également exploité des sites à Mont-Saint-Martin, Longlaville et Ludres-Nancy en Lorraine française ainsi qu'à Belvaux (Luxembourg); ils en tirent les conclusions suivantes quant aux caractéristiques de ce banc:

- richesse en phosphates (sous forme de nodules et moules internes d'invertébrés)
- aspect roulé des fossiles et nodules dans une marne conglomératique
- présence d'ammonites *Catacoleoceras crassum*, *Haugia* ssp., des bélemnites *Dactyloteuthis* ssp. et *Acrocoelites* ssp., bivalves *Astarte* et *Pleuromya*, ainsi que petits moules internes de gastéropodes

Delsate (1990: 22-23) met à jour les connaissances faunistiques suite à l'analyse de neuf gisements situés en France, Belgique et Luxembourg. Le même auteur (Delsate 1992) cite deux nouvelles localités luxembourgeoises où affleurerait temporairement la Couche à Crassum: il s'agit du talus de chemin de fer ARBED à Belvaux et de travaux d'autoroute (Collectrice du Sud), dans le talus entre le tunnel et la route Bascharage-Esch, près de Soleuvre.

Dans une note stratigraphique servant d'explication à la nouvelle carte géologique du Luxembourg (feuille Remich), Dittrich (1993) place le banc à *Coeloceras crassum* dans le Toarcien supérieur, à la base des Couches à *Astarte voltzi* (l03). Quant à l'ichthyofaune, Delsate & Thies (1995) décrivent les dents du requin fossile *Annea* du site de Halanzy (B), tandis que Delsate & Candoni (2001) établissent deux nouveaux morphotypes dentaires de raies du même gisement.

Weis (1999) mentionne deux affleurements temporaires lors des travaux de construction de l'autoroute Collectrice du Sud, à Kayl (avec une puissance de 6 cm) et à Soleuvre, avec une puissance de 30 cm. Le même auteur donne une description des séquences du Toarcien moyen et supérieur à l'ouest de Dudelange et en décrit sommairement les espèces de bélemnites, dont neuf sont recensées pour la seule zone à *Variabilis*. Dera et al. (2008) présentent une note préliminaire sur une étude qui compare les paléotempératures enregistrées dans les dents de requins et dans les rostrés de bélemnites, partiellement en provenance de la coupe de Dudelange-Zoufftgen.

Tout récemment, une étude stratigraphique sur le forage de Belvaux a mis en évidence la présence d'ammonites caractérisant la Couche à Crassum (Guérin-Franiatte, Maquil & Münzberger 2010, ce volume)

Matériel et méthodes

Le matériel étudié a été récolté par les collaborateurs du MnhnL pendant les travaux sur les voies CFL Luxembourg-Metz, sur le site de Dudelange-Zoufftgen en 2003. Plusieurs centaines d'échantillons paléontologiques et lithologiques ont été récoltés et sont conservés dans la collection paléontologique du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg (MnhnL).

Du matériel de comparaison d'autres localités du Sud Luxembourg a été examiné (collection du MnhnL et collections Delsate et Weis, déposées au MnhnL).

Les tests géochimiques (Photométrie: ICP: Inductively coupled plasma mass spectrometry: XRD: Diffractométrie aux Rayons X) ont été réalisés avec la collaboration de Michaël Hermoso, Jean-Luc Piron (Euraceta), Eric Santiquian (Biosemois, Arlon), Paul Vanescote (Gammamedic), TERENCE Delsate (UMH Mons), Alaoui Benzakroum et Hasna Boutzil (Cerphos, Casablanca).

Les ammonites ont été déterminées par Simone Guérin-Franiatte (Nancy). Les fossiles photographiés, sauf dents de requins et raies, ont été blanchis au magnésium. Les ichthyolithes ont été récoltés par tri microscopique de sédiments lavés, tamisés et séchés, puis examinés sous loupe binoculaire.

La subdivision biostratigraphique utilisée est celle proposée par Elmi et al. (1997).

La coupe de Dudelange-Zoufftgen

La coupe de Dudelange-Zoufftgen a été partiellement levée par Lucius (1956) et Maubeuge (1958). Les récents travaux de voirie (2003) l'ont dégagée sur une hauteur totale de 15 mètres pour une tranchée d'une cinquantaine de mètres

environ, ce qui a permis de compléter les observations faites par ces auteurs. La coupe se situe entre les deux ponts enjambant la tranchée du chemin de fer Luxembourg-Metz, à la hauteur de la route C.R.160 qui mène de Dudelange à Zoufftgen. Position du profil levé: 49°28'46" N: 6°06'32" E: alt. 295m.

Profil stratigraphique et inventaire de la faune

La coupe donnait, en 2003, le profil suivant de haut en bas (Fig. 3):

Niveau 12

(échantillonnages I - L1)

< 3 m: marne feuilletée bitumineuse; quelques niveaux ont livré des faunules de vertébrés au tamisage.

Ammonites: *Grammoceras thouarsense* (d'Orbigny, 1844), *Lytoceras sublineatum* (Oppel, 1862)

Gastéropodes: *Cryptaulax* sp.

Biozone: zone à Thouarsense, sous-zones à Thouarsense et Bingmanni

Niveau 11

(échantillonnages II - L2)

0,30 m: marne jaune-grise, avec des résidus d'ichthyosaures, de gastéropodes, crustacés, scaphopodes et ostracodes.

Ammonites: *Grammoceras thouarsense* (d'Orbigny, 1844)

Bélemnites: *Dactyloteuthis* sp., *Acrocoelites* sp.

Ichthyofaune: dents d'actinoptérygiens carnivores; dent de Dapediidae; débris de *Leptolepis*; écailles et centra de Pholidophoriformes, dents de *Synechodus*, *Protospinax*, *Paracestracion*, Orectolobiformes dont "*Heterodontus*" *duffini* (voir Delsate, ce volume), *Orectolobiforme* gen. et sp. nov. (voir Delsate, ce volume), *Annea*, *Ornatoscyllium* et *Palaeobrachaelurus*, *Batomorphii*, Archaeobatidae *Toarcibatis* et *Cristabatis*.

Reptiles: squelette d'ichthyosaure *Stenopterygius* en quasi connexion.

Biozone: zone à Thouarsense, sous-zones à Thouarsense et Bingmanni

Niveau 10

(échantillonnages III - L3 - RR3)

0,30 m: alternance de marnes grises et ocres

Bélemnites: *Dactyloteuthis* sp., *Acrocoelites* sp.

Biozone: zone à Thouarsense, sous-zones à Thouarsense et Bingmanni

Niveau 9

(échantillonnages IV - L4 -RR4)

0,20 m: marnes jaune-grises avec faunule au tamisage: dents de Dapediidae, écailles de Pholidophoriformes, dents de *Protospinax*, coprolithes, spicules, ossicules d'échinodermes, *Lenticulina*.

Ammonites: *Pseudogrammoceras bingmanni* (Denckman, 1887)

Bélemnites: *Dactyloteuthis* ssp.

Biozone: zone à Thouarsense, sous-zones à Thouarsense et Bingmanni

Niveau 8

(échantillonnages V - L5 - RR5 - R3)

0,10 m: marne ocre, très fossilifère, avec bélemnites corrodées. Faunule au tamisage: résidus de poissons, ophiures, gastéropodes, bryozoaires, ostracodes.

Ammonites: *Pseudogrammoceras bingmanni* (Denckman, 1887), *Pseudogrammoceras* sp., *Grammoceras thouarsense* (d'Orbigny, 1844)

Bélemnites: *Dactyloteuthis* ssp.

Ichthyofaune: Actinoptérygiens, carnivores, parasphénoïdes de *Leptolepis*, écailles de Pholidophoriformes, dents de *Protospinax*, Orectolobiformes dont "*Heterodontus*" *duffini* et *Palaeobrachaelurus*, *Paracestracion*, Archaeobatidae *Toarcibatis*.

Biozone: zone à Thouarsense, sous-zones à Thouarsense et Bingmanni

Niveau 7

(échantillonnages VI - L6 -L7 - RR6 - R4)

0,30 m: marne grise (peut être météorisée en marne ocre).

Ammonites: *Pseudogrammoceras* sp., *Denckmannia fabalis* (Simpson, 1855), *Denckmannia* sp., *Lytoceras* sp., *Haugia jugosa* (Sowerby, 1815), *Pseudogrammoceras* sp.

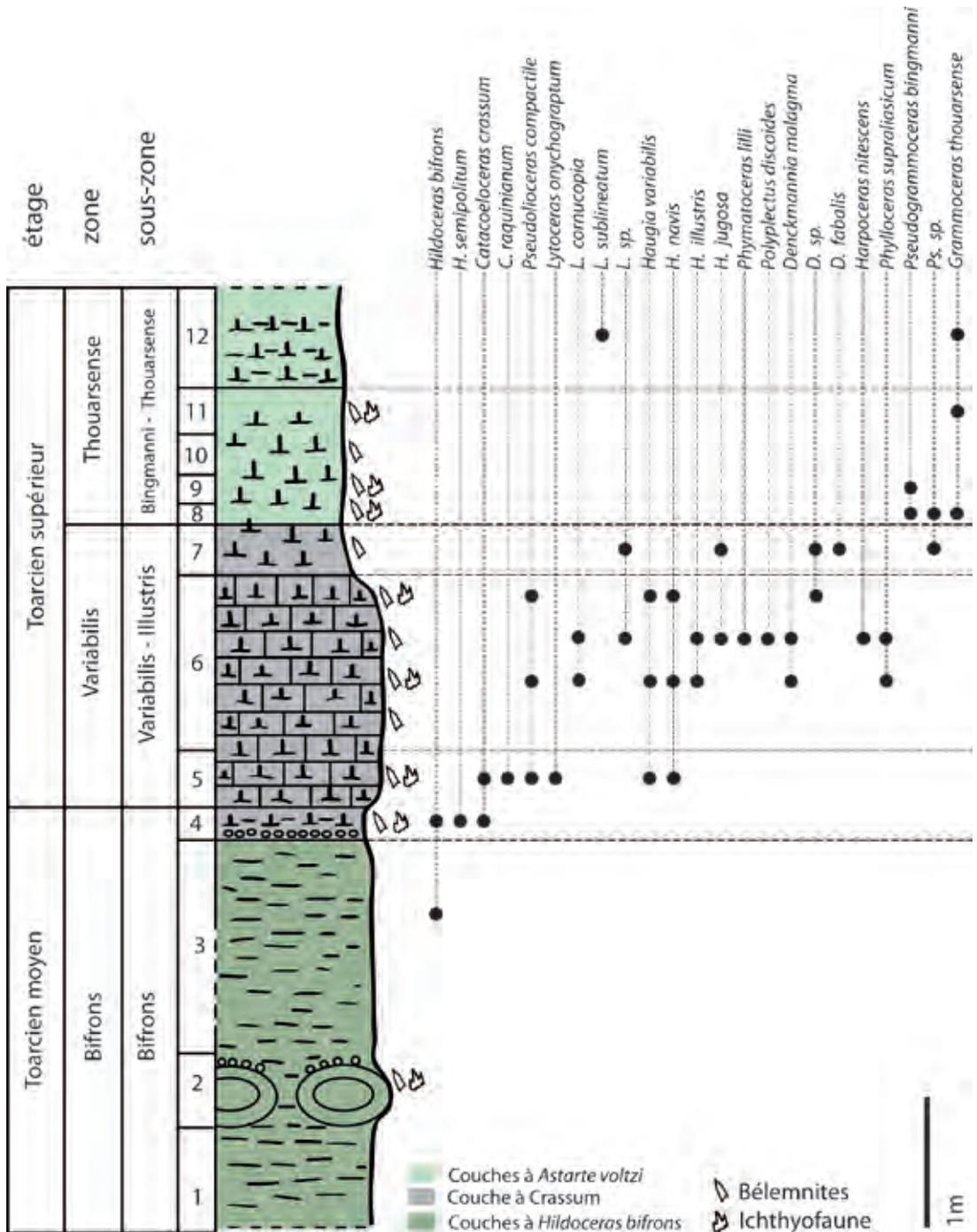


Fig. 3: Profil litho- et biostratigraphique de la coupe de Dudelage-Zoufftgen; répartition des ammonites.

Bélemnites: *Dactyloteuthis semistriata* (Münster, 1830), *D. sp.*, *Acrocoelites* sp.

Bivalves: *Astarte* sp., *Pseudomytiloides* sp., pectinidés

Biozone: zone à Variabilis, sous-zones à Illustris et Variabilis

Niveau 6

(échantillonnages VII - R5 - RR7)

0,95 m: banc marno-calcaire très dur, pétri de céphalopodes et bivalves. Restes de bois fossile carbonisé. Ossements d'ichthyosaures isolés. Avec des nombreuses ammonites *Haugia*, *Denckmannia*, *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Pseudolioceras* mais sans *Catacoeloceras crassum*.

Ammonites: *Haugia illustris* (Denckmann, 1887), *Haugia variabilis* (d'Orbigny, 1844), *Haugia jugosa* (Sowerby, 1815), *Haugia navis* (Dumortier, 1874), *Denckmannia malagma* (Dumortier, 1874), *Denckmannia* sp. ind. (nov.?), *Phymatoceras lilli* (Hauer, 1856), *Pseudolioceras compactile* (Simpson, 1855), *Polyplectus discoïdes* (Zieten, 1831), *Harpoceras nitescens* Schlegelmilch, 1976, *Lytoceras cornucopia* (Young & Bird, 1822), *Lytoceras* sp. ind. (nov.?), *Phylloceras supraliasicum* (Pompeckj, 1893)

Nautilites: *Cenoceras* sp.

Bélemnites: *Dactyloteuthis digitalis* (Blainville, 1827), *D. irregularis* (Schlotheim, 1813), *D. semistriata* (Münster, 1830), *Acrocoelites* sp.

Bivalves: *Astarte* sp., *Pseudomytiloides* sp., pectinidés

Ichthyofaune: dents de poissons actinoptérygiens carnivores, angulodentalosplénial de *Leptolepis*, dents de Synéchodontiformes, *Protospinax*, *Paracestracion*, Orectolobiformes dont *Palaeobrachaelurus* et "*Heterodontus*" *duffini*, Archaeobatidae
Biozone: zone à Variabilis, sous-zones à Illustris et Variabilis

Niveau 5

(échantillonnages VIII - R6)

0,30 m: marno-calcaire dur, semblable au niveau 6, silteux, peu de gypse, mais avec *Haugia* et *Catacoeloceras*.

Ammonites: *Catacoeloceras crassum* (Young & Bird, 1828), *Catacoeloceras raquinianum* (d'Orbigny, 1844), *Haugia variabilis* (d'Orbigny, 1844), *Haugia navis* (Dumortier, 1874), *Pseudolioceras compactile* (Simpson, 1855), *Lytoceras onychograptum* (Buckman, 1905)

Bélemnites: *Acrocoelites levidensis* (Simpson, 1855), *A. wrighti* (Oppel, 1856), *A. cf. riegrafi* Doyle, 1992, *A. sp.*, *Dactyloteuthis digitalis* (Blainville, 1827), *D. irregularis* (Schlotheim, 1813), *D. semistriata* (Münster, 1830)

Bivalves: *Astarte* sp., *Pseudomytiloides* sp.

Foraminifères: *Lenticulina*

Ichthyofaune: dents d'Actinoptérygiens carnivores, centra et parasphénoïdes de *Leptolepis*, écailles ganoïdes de type pholidophoriformes, dents de *Synechodus*, *Protospinax*, Orectolobiformes "*Heterodontus*" *duffini*.

Biozone: zone à Variabilis, sous-zones à Illustris et Variabilis

Niveau 4

(échantillonnages VIX - R7)

0,25 m: marnes avec *Catacoeloceras* et *Hildoceras*, bélemnites en champs de bataille avec nodules phosphatés à la base (Pl.1, fig.6), aiguilles de gypse, bois. Au tamisage: microfaune de résidus de poissons, foraminifères, gastéropodes, scaphopodes, coprolithes, galets, gypse, pyrite.

Ammonites: *Hildoceras bifrons* (Bruguière, 1789), *Hildoceras semipolatum* Buckman 1902, *Catacoeloceras crassum* (Young & Bird, 1828)

Bélemnites: *Acrocoelites levidensis* (Simpson, 1855), *A. glaber* (Simpson, 1855), *A. wrighti* (Oppel, 1856), *A. vulgaris* (Young & Bird, 1822), *A. cf. riegrafi* Doyle, 1992, *A. ssp.*, *Simpsonibelus dorsalis* (Phillips, 1867)

Foraminifères: *Lenticulina* et autres

Ichthyofaune: écailles de pholidophoriformes, angulo-dentalosplénial de *Leptolepis*, écailles frangées de Dapediidae, dents d'actinoptérygiens carnivores, droites et courbes: dents de Synéchodontiformes, *Protospinax*, Orectolobiformes dont "*Heterodontus*" *duffini*, *Palaeobrachaelurus* sp, *Jurobatos*
Biozone: zone à Bifrons, sous-zone à Bifrons

Niveau 3

(échantillonnage X)

3 m: argilites pauvres en fossiles: rares *Hildoceras bifrons* (Bruguière, 1789) et *Pseudomytiloides* sp.

Biozone: zone à Bifrons, sous-zone à Bifrons

Niveau 2

(échantillonnage XI)

0,5 m: à 4 m de la base du niveau 4, présence d'un banc inconstant de nodules calcaires pluri-

décimétriques (Big Mac), couverts par des galets-nodules phosphatés centimétriques et des bélemnites souvent brisées. A ce niveau, faunule au tamisage: parasphénoïdes de *Leptolepis*, écailles de pholidophoriformes, gypse, coprolithes, gastéropodes millimétriques, crochets de bélemnites.

Bélemnites: *Acrocoelites levidensis* (Simpson, 1855), *Acrocoelites* ssp.

Biozone: zone à Bifrons, sous-zone à Bifrons

Niveau 1

(échantillonnage XII)

>3 m: argilites, identiques au niveau 3.

Biozone: zone à Bifrons, sous-zone à Bifrons

Particularités sédimentologiques

Les Couches à *Hildoceras bifrons* (fig. 3: 1-4) consistent en argilites gris noir bitumineuses. Une ligne de nodules phosphatés centimétriques est constante vers le sommet de ces couches (fig. 3: 2), coiffant des septaria (Pl.1, fig.7) métriques de type "Big Mac" (voir De Craen et al. 1999a, b; Jacobs, Olivier & Swennen 2005). Un banc calcaire métrique impressionnant et inhabituel dans cette région (fig. 3: 4-5) représente le sommet de la zone à Bifrons (fig. 3: 4), marqué également par la présence disséminée de dragées phosphatées du même type que celles coiffant les septaria métriques, et la base de la zone à Variabilis (fig. 3: 5), ces 2 niveaux formant la Couche à Crassum (Pl.1, fig. 5). Le banc calcaire est surmonté par les argiles jaune-beige des Couches à *Astarte voltzi* (fig. 3: 6 à 12, suite de la zone à Variabilis et zone à Thouarsense).

Rapports chimiques entre argilites et nodules phosphatés de la Couche à Crassum

Des dragées (ou galets, ou "nodules") phosphatées sont abondantes dans la Couche à Crassum (comme dans tout le NE du Bassin parisien) mais aussi - comme particularité locale - en zone à Bifrons, quelques mètres sous le même niveau

de la Couche à Crassum, en une ligne coiffant des nodules septariés métriques (Big Mac). Ces dragées en Lorraine belgo-luxembourgeoise et en zone de Longwy/Mont-Saint-Martin ne contiennent jamais de fossile. Les moules internes des fossiles de la Couche à Crassum sont également phosphatés. En zone de Nancy-Ludres-Agincourt, les phosphates sont concentrés dans des calcaires gris-beige, incluant des macrofossiles et des ostracodes, et dans les moules internes des fossiles (Bleicher 1892: Delsate, observations personnelles). La teneur en phosphate de chaux d'un échantillon de Malzéville (Meurthe et Moselle) est de 13,5% (Bleicher 1892). A remarquer donc que dans la Couche à Crassum de Lorraine belgo-luxembourgeoise, les "nodules" de calcaire en pâte phosphatée englobant *C. crassum*, bélemnites, etc., décrits par Bleicher en région de Nancy (et retrouvés à Agincourt, Ludres) font défaut; s'il y a en Lorraine belgo-luxembourgeoise des blocs lithifiés englobant des fossiles, ils sont plus calcaires et moins "phosphatés" que ceux d'Agincourt ou Ludres (figurés par Bleicher). Il semblerait donc que blocs phosphatés fossilifères et dragées phosphatées azoïques s'excluent mutuellement, probablement par un processus de phosphatisation différent. Notons qu'à Agincourt/Essey-les-Nancy, la marne et les blocs phosphatés fossilifères de la Couche à Crassum contiennent d'innombrables pellets phosphatés inframillimétriques, moules internes de foraminifères et d'ostracodes, retrouvés d'ailleurs dans la zone à Variabilis de la carrière de Lixhausen en Alsace (Delsate, observations personnelles).

Notons que Lucius (1945) donnait la composition des dragées phosphatées et des moules internes de fossiles de Zoufftgen (Tabl. 1):

Les nodules contiennent 50 % de silice en plus, 30 % de calcium et de fer en plus, alors que les moules internes sont à 80 % plus riches en oxyde d'aluminium, peu surprenant vu leur nature argileuse. Mais ce test n'explore pas le rapport entre argiles - argilites encaissantes et dragées phosphatées. Nous avons donc testé les rapports entre dragées phosphatées et argile encaissante: le traitement acide concentré (HCl + HNO₃) libère bien les Ca et PO₄ des sédiments. La détermination des ions s'effectue par ICP. Les nodules montrent par rapport à l'argilite un enrichissement nettement préférentiel en phosphate de calcium: 10 à 20 fois en P total (peut-être au détriment des

Tabl. 1: Résultats des analyses d'échantillons de Dudelage-Zoufftgen (d'après Lucius 1945).

	MOULES INTERNES	NODULES PHOSPHATÉS
SiO ₂	9.20 %	14.10 %
Al ₂ O ₃	28.42 %	16.38 %
CaO	19.36 %	26 %
Fe	2.87 %	3.92 %
P ₂ O ₅	29.98 %	23.92 %

bicarbonates) et 3 à 6 fois en Ca, avec des valeurs quasi stables en SO₄ et en Fe, et une réduction de 2 à 3 fois en Mg.

Cela est compatible avec l'hypothèse de "phosphate fabric" de francolite, à l'œuvre au sein des sédiments en zone suboxique sous la limite eau de mer / sédiments (Trappe 1998). La confirmation de la francolite n'est néanmoins pas obtenue par des essais en XRD.

Diagrammes XRD sur poudre

(avec la collaboration de Michaël Hermoso)

Appareil et méthode: SIEMENS D-501/ Anode en cuivre (Cu α) / Balayage goniométrique: 3 à 72° 2 θ ; pas: 0,02° 2 θ ; temps de comptage par pas: 1 seconde.

ZFTG Nodules phosphatés de la base de la Couche à Crassum

Le broyage est difficile et livre une poudre gris sombre. Il n'y a pas de Carbonate: Quartz et Pyrite sont accessoires: ces nodules sont de nature phosphatée. Minéralogiquement, les trois pics entre 32 et 35° sont caractéristiques d'une Fluorapatite.

ZFTG Marne encaissante, base de la Couche à Crassum

Quartz et Argile (Kaolinite + Muscovite) sont très abondants. Le pic de Calcite (104) est complexe, Il n'y a pas de Dolomite; il est épaulé vers les grands angles par un pic de Gypse (041): la quantité de Gypse est très importante, alors que celle de la Pyrite dont le Gypse provient y est faible.

ZFTG Septaria des Couches à *Hildoceras bifrons*, pour comparaison à l'encaissant de la Couche à Crassum et aux nodules phosphatés.

Nodule largement dominé par le Quartz mais la Calcite est quand même abondante (Mg mol% = 1.61); présence de Gypse et Pyrite; le cortège argileux est identique à celui des marnes de la coupe: kaolinite, muscovite et chlorite.

ZFTG Marne du niveau 9 (zone à Thouarsense)

Présence de carbonates réparties en 30% calcite (Mg mol% = 0,84) et 70% dolomite. La dolomite doit être relativement précoce, car elle s'exprime par de gros monocristaux (20 Microns) rhomboédriques (Hermoso et al. 2009a, 2009b). On retrouve aussi Quartz, Argiles, Gypse et Pyrite.

Mécanisme supposé de l'enrichissement en phosphate

La décomposition bactérienne des tissus organiques libère de l'acide phosphorique et de l'ammoniaque, qui réagissent en formant du phosphate d'ammonium. Celui-ci en contact avec le calcaire forme du phosphate de chaux et du carbonate d'ammonium qui réagit avec le calcaire pour donner du nitrate de chaux. Le phosphate bibasique de chaux est soluble et précipite sous forme de brushite, précurseur de l'hydroxyapatite, plus stable (voir Lucas & Prevost 1995: Trappe 1998).

Comparaison entre Dudelage-Zoufftgen et Halanzy (B)

L'argile de Halanzy, par rapport à l'argile de Dudelage-Zoufftgen est quasi 2 fois plus riche en Fe, Mg, K; 4 fois plus riche en Si; 15 fois plus riche en Na; 2 fois plus pauvre en Ca.

Les nodules de Halanzy et Dudelage-Zoufftgen ont des compositions semblables en Ca, Fe, Mg, K, Si, P total, sauf le Na quasi double et le SO₄ quasi

moitié à Halanzy. Parmi les autres composants, on retient:

- la teneur en eau: elle atteint 4% dans l'argile de Halanzy, préalablement séchée.
- la teneur en matière organique: elle atteint 0.2 % dans l'argile de Halanzy, contre 6 fois moins dans ses nodules. Elle comporte des hydrocarbures (extraits par chloroforme et révélés par UV) dans l'argile, mais absents dans les nodules.

Affleurements régionaux de la Couche à Crassum

Lucius (1945) signale plusieurs affleurements de la Couche à Crassum au Luxembourg. Depuis, les sites suivants, équivalents à des chantiers temporaires, ont été décrits ou prospectés: tous présentent un faciès différent de celui constaté à Dudelange-Zoufftgen.

Longlaville (F), Pôle Européen de Développement (Pl.1, fig.3)

Position: 49°32'37.82"N: 5°48'19.67"E: alt 268m
Rue Jacques Prévert, talus de la route entre 2 ronds points sur le Pôle européen de Développement, face au site Auchan-Mont-Saint-Martin, en contre-haut et perpendiculairement à la voie ferrée. L'affleurement livre *Catacoeloceras crassum* et *Hildoceras* sp.; les dragées phosphatées sont plus aplaties, plus argileuses et moins pyriteuses (plus limonitiques) que celles de Dudelange-Zoufftgen ou de Halanzy

Halanzy (B), prairie en bordure Est de la Rue des Vergers

Position: 49°38'23" N: 5°45'10" E: alt. 300m
L'affleurement, décrit par Delsate & Lepage (1990) a livré *Catacoeloceras crassum* et *Hildoceras* sp. Le banc est accessible dans les talus en bordure des champs. Il correspond à une argile brun clair (Pl.1, fig.4), avec dragées phosphatées, quasi sans pyrite, riche en cristaux de gypse, "lumachellique" vu l'abondance des rostres de bélemnites, des coquilles d'*Astarte*, des ammonites. Il tranche entre les Couches à *Hildoceras bifrons* et les Couches à *Astarte voltzi*, bleu-gris très pyriteuses.

Soleuvre (L), talus de l'autoroute 'Collectrice du Sud' au niveau de la route Bascharage-Esch (1990-1992)

Position: 49°31'50" N: 5°56'38" E: alt. 333m

Le banc (Pl. 1, fig.2), d'une puissance de 30 cm, se présente ici sous forme d'un conglomérat rouge-brun oxydé, riche en fossiles roulés, dont des moules internes d'ammonites et de bivalves, et de nombreux fragments de bélemnites. *Hildoceras* et *Catacoeloceras* (Pl. 2, figs. 1,3) sont prédominants. Des déterminations (Guérin-Franiatte, comm. pers.) d'ammonites provenant du site (collection MnhnL) ont livré les données suivantes: *Hildoceras semipolium* Buckman 1902, *Pseudolioceras compactile* (Simpson, 1855), *Denckmannia malagma* (Dumortier, 1874), *Lytoceras onychograptum* (Buckman, 1904), *Catacoeloceras crassum* (Young & Bird, 1828).

En outre ont été trouvés des nautilus (*Cenoceras* sp.), des fragments de bélemnites (*Acrocoelites* ssp.), des bivalves (*Astarte* sp., *Ideonarca* sp.) et des moules internes de gastéropodes indéterminés. Pour des compléments faunistiques, voir aussi Delsate (1992).

Belvaux (L), talus du chemin de fer ARBED-ARCELOR (1990-1992)

Position: 49°30'35.33" N: 5°55'48.34" E: alt 322 m

Le banc, identique à celle de Soleuvre, se présente sous forme d'un conglomérat rouge-brun oxydé (Pl.1, fig.1), qui contient des fossiles roulés, dont des moules internes d'ammonites et de bivalves, et de nombreux fragments de bélemnites (*Acrocoelites*). *Hildoceras semipolium* et *Catacoeloceras crassum* sont prédominants. Puissance: 30 cm. Le site a été prospecté par Delsate (1992). Parmi les ammonites dans la collection du MnhnL ont été déterminés (Guérin-Franiatte, communication personnelle): *Catacoeloceras crassum* (Young & Bird, 1828), *Catacoeloceras dumortieri* (De Brun, 1932), *Catacoeloceras confectum* Buckman, 1902, *Catacoeloceras raquinianum* (d'Orbigny, 1844), *Hildoceras semipolium* Buckman, 1902.

Kayl-Noertzange (L), tranchée de l'autoroute 'Collectrice du Sud' (1992)

Position: 49°30'21" N: 6°02'22" E: alt. 292m

D'aspect et de contenu identique au banc que l'on retrouve à Soleuvre et Belvaux, la Couche à Crassum est néanmoins moins puissante (Weis 1999). Parmi les fossiles: des débris roulés de



bélemnites et ammonites, ainsi que des bivalves (*Pleuromya*, *Astarte*).

Dudelange-Budersberg (L), travaux de terrassements pour la construction d'une grange (1996-1997)

Position: 49°29'42" N: 6°03'51" E: alt. 303m

L'affleurement se situe dans des marnes jaunâtres avec intercalations de plaques calcaires dures. Les fossiles se trouvent dans les marnes, mais le plus souvent compactés à la surface de ces plaques calcaires (Weis 1999). Ces marnes sont l'équivalent des niveaux 5-7 de la coupe de Dudelange-Zoufftgen et correspondent donc à la zone à Variabilis.

Le matériel de la collection du MnhnL a livré (Guérin-Franiatte, communication personnelle): *Catacoeloceras raquinianum* (d'Orbigny, 1844), *Haugia variabilis* (d'Orbigny, 1844), *Haugia navis* (Dumortier, 1874), *Grammoceras bingmanni* (Denckmann, 1887).

Lamorteau (B), colline au Nord du village, prairie en bord sud de la route (Rue des Morts), berges du ruisseau.

Position: 49°31'52" N: 5°28'08" E: alt. 243m

L'affleurement, exploré par D. Delsate et J. Stasser dans les années 1990, a livré *Catacoeloceras crassum*, *Hildoceras* sp. La couche est accessible dans le ruisseau en bordure de la route. Elle correspond à une argile brun clair (livrant *Dactyloteuthis*, des coquilles d'*Astarte*, de bivalves et de gastéropodes, et une microfaune de requins), enrobant des blocs calcaires pluridécimétriques très durs, qui contiennent, outre les ammonites citées, *Lytoceras*, *Cenoceras* et *Dactyloteuthis*.

Discussion

Position biostratigraphique de la Couche à Crassum au Grand-Duché: le cas spécial de la coupe de Dudelange-Zoufftgen

La Couche à Crassum correspond à un banc-repère au moins partiellement conglomératique et condensé, son attribution biostratigraphique n'est pas uniforme pour toute la bordure NE du Bassin de Paris. Ainsi, sur la majeure partie du territoire luxembourgeois, cette couche contient des faunes condensées, en partie remaniées, de la zone à Bifrons, sous-zone à Bifrons (surtout *Catacoeloceras crassum* et *Hildoceras semipolatum*), et de la zone à Variabilis, sous-zone à Variabilis (*Denckmannia malagma* et *Pseudolioceras compactile* à Sanem). C'est donc à juste titre que Dittrich (1993) la place à la base de la zone à Variabilis. La situation stratigraphique doit cependant être nuancée pour la région de Dudelange-Zoufftgen, où la Couche à Crassum est mieux développée: ici une attribution biostratigraphique plus affinée est possible. Le niveau 4 (avec *Catacoeloceras crassum*, *Hildoceras semipolatum* et *H. bifrons*) correspond à l'horizon à Semipolatum de la sous-zone à Bifrons et le niveau 5 (avec *Catacoeloceras crassum*, *C. raquinianum*, *Haugia navis* et *Pseudolioceras compactile*) correspond à l'horizon à Navis de la sous-zone à Variabilis.

La faune de bélemnites

La riche faune de bélemnites de Dudelange-Zoufftgen, récoltée niveau par niveau ensemble avec les ammonites, fait actuellement partie d'une révision et sera donc publiée en détail ultérieurement (Weis et al., travail en cours). On se limitera à énoncer ici les principales particularités de la composition faunistique (Pl. 5, figs. 1-4) des différents horizons de la Couche à Crassum. Ainsi il est frappant de noter un net changement des

Planche 1: Affleurements et particularités sédimentologiques du Toarcien moyen au Luxembourg et environs.

Fig. 1: Détail de la Couche à Crassum à Belvaux (L) avec ammonites et bélemnites.

Fig. 2: Affleurement de la Couche à Crassum à Soleuvre (L). Photo G. Kronz.

Fig. 3: Affleurement de la Couche à Crassum à Longlaville (F).

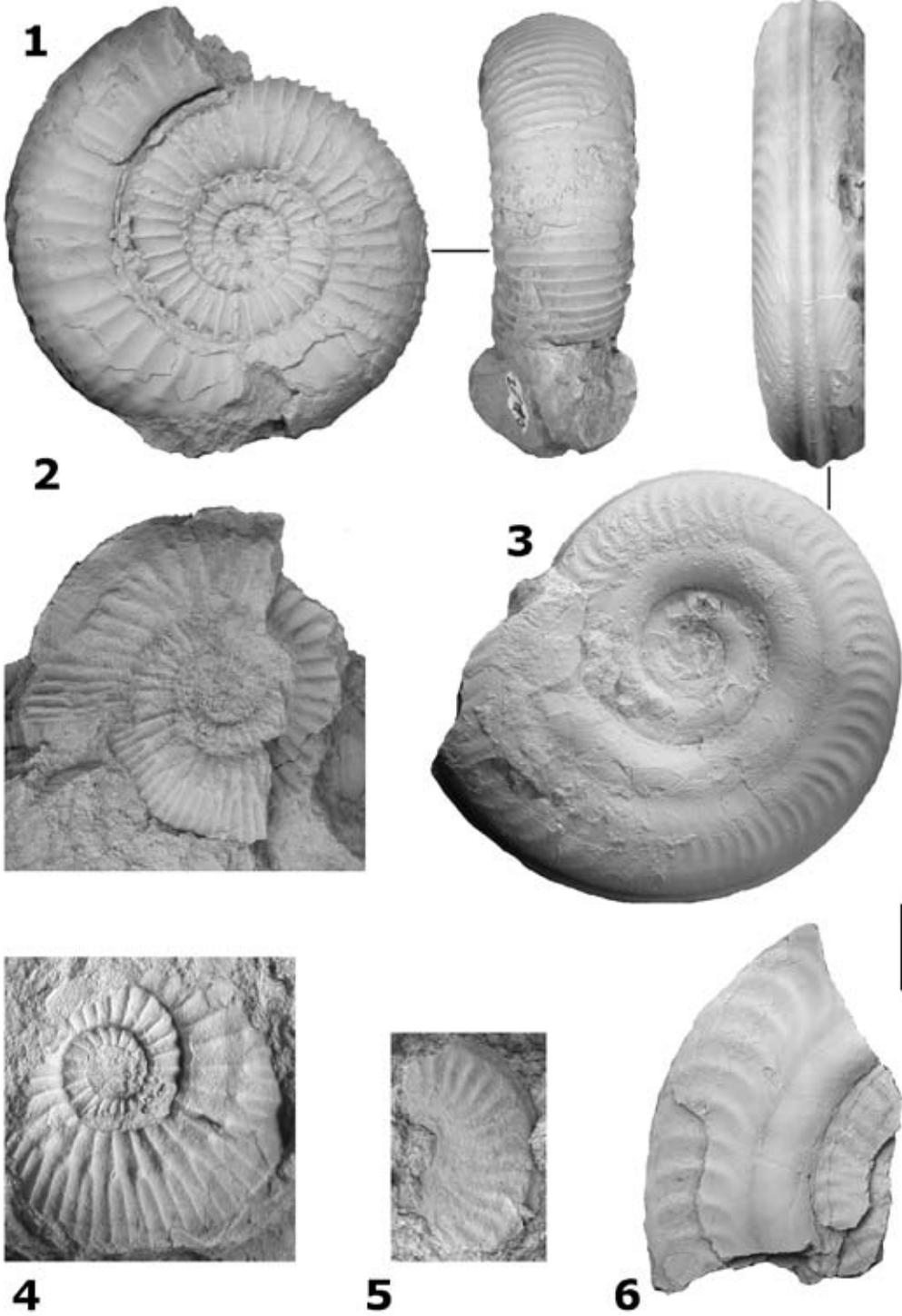
Fig. 4: Affleurement de la Couche à Crassum à Halanzy (B).

Fig. 5: La Couche à Crassum (niveaux 4-7) à Dudelange-Zoufftgen. Photo K. Meiers.

Fig. 6: Détail de la Couche à Crassum à Dudelange-Zoufftgen avec ammonites et bélemnites. Photo K. Meiers.

Fig. 7: Nodule "Big Mac" dans les Couches à *Hildoceras bifrons*, à Dudelange-Zoufftgen.

Barre blanche: 10 cm



faunes entre l'horizon inférieur (4) et l'horizon supérieur (5): le premier, caractérisée par les ammonites *Catacoeloceras crassum* et *Hildoceras semipolatum*, contient une faune de bélemnites très riche composée de plusieurs espèces de *Acrocoelites* (*A. levidensis*, *A. wrighti*, *A. glaber*, *A. vulgaris*, *A. ssp.*). Cette faune a une forte affinité avec les faunes anglaises (Doyle 1990, 1992), caractérisées par la prédominance du genre *Acrocoelites* pour le passage Toarcien moyen-Toarcien supérieur, et la quasi absence de *Dactyloteuthis*. L'horizon supérieur par contre, renferme un grand nombre de *Dactyloteuthis* (*D. digitalis*, *D. irregularis*, *D. semistriata*) et de rares *Salpingoteuthis*, espèces à affinité subméditerranéenne (Stoyanova-Vergilova 1982; Doyle 1987) tandis que *Acrocoelites* devient nettement moins important au niveau spécifique et en nombre de spécimens (sont néanmoins présents *Acrocoelites triscissus*, *A. ssp.*). Au niveau des bélemnites, on peut donc énoncer l'hypothèse de flux migratoires venant du Bassin anglais (Dorset) pour la zone à Bifrons finale et d'une migration de faunes à affinité subméditerranéenne pour le début de la zone à Variabilis.

L'ichthyofaune dans le contexte du Bassin de Paris

En dessous de la Couche à Crassum, les requins toarciens sont peu diversifiés, on connaît de rares *Hybodus hauffianus* et des Synéchodontiformes (*Synechodus* sp. et *Welcommia*) des Schistes carton et des Couches à *Hildoceras bifrons* (Delsate 1992, 1995; Delsate & Godefroit 1995; Delsate & Maubeuge 2000). La coupe de Dudelage-Zoufftgen livre des dents de poissons actinoptérygiens et de chondrichthyens à partir du niveau 4 soit la base de la Couche à Crassum. Le niveau le plus productif est le 11 (en zone à Thouarsense), c'est lui qui a livré également l'ichthyosaure. L'ichthyofaune de Dudelage-Zoufftgen (Pl. 6, figs. 1-11), incluant des morphotypes dentaires nouveaux, sera publiée en détail par Delsate (travail en cours): des groupes anciens (Hybodontiformes,

Synéchodontiformes) auxquels viennent s'ajouter des Hypnosqualea, Hétérodontiformes, Batomorphes, Squatiniformes et Orectolobiformes (soit les composants de la faune actuelle sans les Squaliformes, Carcharhiniformes, Lamniformes et Pristiophoriformes).

L'ichthyofaune limitée au niveau de la Couche à Crassum à Esch-Belvaux, Halanzy, Longwy, Mont-Saint-Martin (Delsate 1990), est bien représentée à Dudelage-Zoufftgen au sommet de la zone à Bifrons, incluant la partie inférieure de la Couche à Crassum, mais aussi dans la totalité des zones à Variabilis et à Thouarsense, ici probablement à cause de conditions d'oxygénation différentes à Dudelage-Zoufftgen, où l'intervalle Variabilis-Thouarsense montre des calcaires et des marnes jaunes au lieu de sédiments pyriteux ou limonitiques dans les autres sites du NE du Bassin de Paris.

Les marnes lumachelliques de la sous-zone à Mactra, zone à Aalensis (Toarcien supérieur) de Dudelage-Ginzeberg (Delsate 2004) montrent à merveille les successeurs des requins et raies de la coupe de Dudelage-Zoufftgen, visiblement en environnement différent, avec une faune principalement de broyeurs, où les dents d'orectolobiformes sont quantitativement minoritaires et où les hybodontiformes (*Lissodus*, *Asteracanthus*) réapparaissent.

En comparant les sites luxembourgeois à d'autres sites récemment explorés par D. Delsate dans différentes parties du Bassin de Paris (Lixhausen en Alsace, Feuguerolles-sur-Orne en Normandie), on obtient les données suivantes:

- En Alsace, le Toarcien de Lixhausen, argilo-pyriteux, présente un ensemble faunique du type "Couche à Crassum" dès la zone à Variabilis, sans pouvoir reconnaître un niveau équivalent à la Couche à Crassum.

Planche 2: Ammonites du Toarcien de Dudelage-Zoufftgen (sauf indication contraire).

Fig. 1: *Catacoeloceras crassum* (Young & Bird, 1828). Couche à Crassum, Soleuvre (L). MnhnL TM153.

Fig. 2: *Catacoeloceras raquinianum* (d'Orbigny, 1844). Niveau 5, zone à Variabilis. MnhnL TM174.

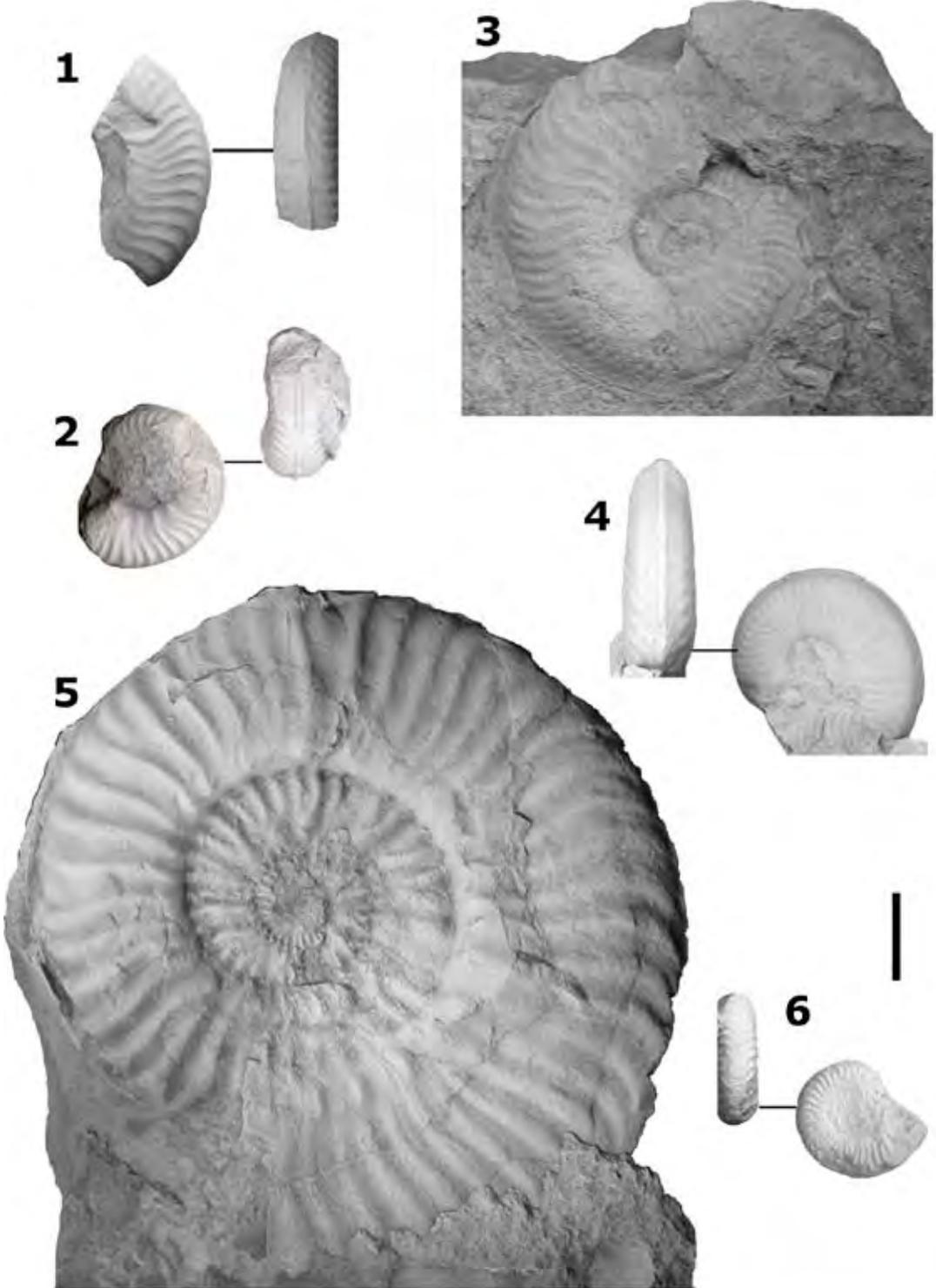
Fig. 3: *Hildoceras semipolatum* Buckman 1902. Couche à Crassum, Soleuvre (L). MnhnL TM154.

Fig. 4: *Catacoeloceras crassum* (Young & Bird, 1828). Niveau 5, zone à Variabilis. MnhnL TM169.

Fig. 5: *Pseudolioceras compactile* (Simpson, 1855). Niveau 5, zone à Variabilis. MnhnL TM171.

Fig. 6: *Hildoceras bifrons* (Bruguière, 1789). Niveau 3, zone à Bifrons. MnhnL TM161.

Barre: 1 cm



- En Normandie (Feuguerolles-sur-Orne, Calvados), le même type de faune, avec Batomorphii Archaeobatidae, *Paracestracion* et *Protospinax*, est déjà bien installé dès le Toarcien basal (zone à Tenuicostatum) encore sans les Orectolobiformes: la lithologie y est argilo-calcaire, avec très peu de passées pyriteuses.
- En Lorraine, la sédimentation des zones à Serpentinum et Bifrons s'effectue en milieu anoxique (faciès des schistes-cartons et des marnes bitumineuses) avec fond anoxique qui n'a pas permis l'existence des Archaeobatidae et autres néosélaciens: ceux-ci n'apparaissent en Lorraine qu'au sommet de la zone à Bifrons, quand le benthos est à nouveau oxygéné. Pendant la période de fond anoxique en Lorraine, les néosélaciens modernes du type "Couche à Crassum" (au-delà des Synéchodontiformes et Hexanchiformes, bien installés déjà au Pliensbachien) se développent en Normandie, demeurée en milieu oxygéné (faciès carbonaté d'alternances marno-calcaires): raies Archaeobatidae (présents dès la zone à Tenuicostatum), *Protospinax* (dès la zone à Tenuicostatum), *Paracestracion* (dès la zone à Serpentinum), Orectolobiformes: *Annea* (dès la zone à Serpentinum), *Palaeobrachaelurus* (présent dès la zone à Serpentinum), "*Heterodontus*" *duffini* (dès la zone à Bifrons).

La faune en zone à Tenuicostatum de Normandie est voisine de celle de Lorraine (Delsate & Godefroit 1995), avec d'abondants Synéchodontiformes (cuspidés avec très rares racines); la Lorraine livre en plus *Welcommia terencei*, que l'on retrouve de la zone à Serpentinum à la zone à Thouarsense à Feuguerolles (Normandie).

Parmi les Hybodontiformes, *Lonchidion* est bien présent dans les zones de Tenuicostatum à Thouarsense. *Asteracanthus* est présent dans la sous-zone à Mactra, zone à Aalensis de Lorraine, et retrouvé dans l'Aalénien tant de Lorraine que du Calvados.

Les Synéchodontiformes (*Synechodus* sp., *Paraorthacodus* sp.) sont présents au Pliensbachien et persistent pendant tout le Toarcien, tant en Lorraine qu'en Normandie.

Sphenodus est le genre le plus fréquent dans tout le Toarcien du Calvados: en Lorraine, sa présence est rare, il ne devient très abondant qu'au Bajocien (Delsate & Felten 2005).

Les Archaeobatidae sont très précoces en Normandie, et abondantes principalement en zones à Serpentinum-Bifrons, puis deviennent beaucoup moins abondantes (alors qu'elles sont fréquentes au-delà de ces zones en Lorraine et dans le Nivernais). *Toarcibatis* apparaît dès la zone à Tenuicostatum, avec les espèces *brevicristata* et *multicristata*. La localité-type de *Toarcibatis multicristata* est Chassilé, La Vègre, près du Mans, celle de *Toarcibatis brevicristata* est Chaumitton près de Mamers. L'espèce *Toarcibatis elongata* (définie de la Couche à Crassum de Halanzy) semble présente en zone à Bifrons de Feuguerolles: *Toarcibatis alticarinata*, décrite du Toarcien supérieur (zones à Thouarsense-Pseudoradiosa) de Nevers est représentée à Feuguerolles dans la zone à Bifrons par des couronnes à cuspidé en cimier de casque, typique de l'espèce.

Protospinax, *Paracestracion* et les Orectolobiformes sont minoritaires en Normandie, mais abondants en Lorraine.

Dominants en Lorraine à partir de leur apparition au niveau de la Couche à Crassum, les Orectolobiformes sont peu abondants dans tout le Toarcien du Calvados: l'Orectolobiforme probable *Microtoxodus*, décrit en Lorraine dans la sous-zone à Mactra, zone à Aalensis est déjà présent en Normandie en zone à Thouarsense et peut-être Variabilis. Le taxon est donc confirmé et conforme à sa définition (Delsate 2004), proche mais différent (morphologie de l'apron) de son cousin aalénien *Folipistrix digitulus*, du Sud de l'Allemagne (Kriwet

Planche 3: Ammonites du Toarcien de Dudelage-Zoufftgen.

Fig. 1: *Grammoceras thouarsense* (d'Orbigny, 1844). Niveau 8, zone à Thouarsense. MnhnL TM203.

Fig. 2: *Haugia navis* (Dumortier, 1874). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM186.

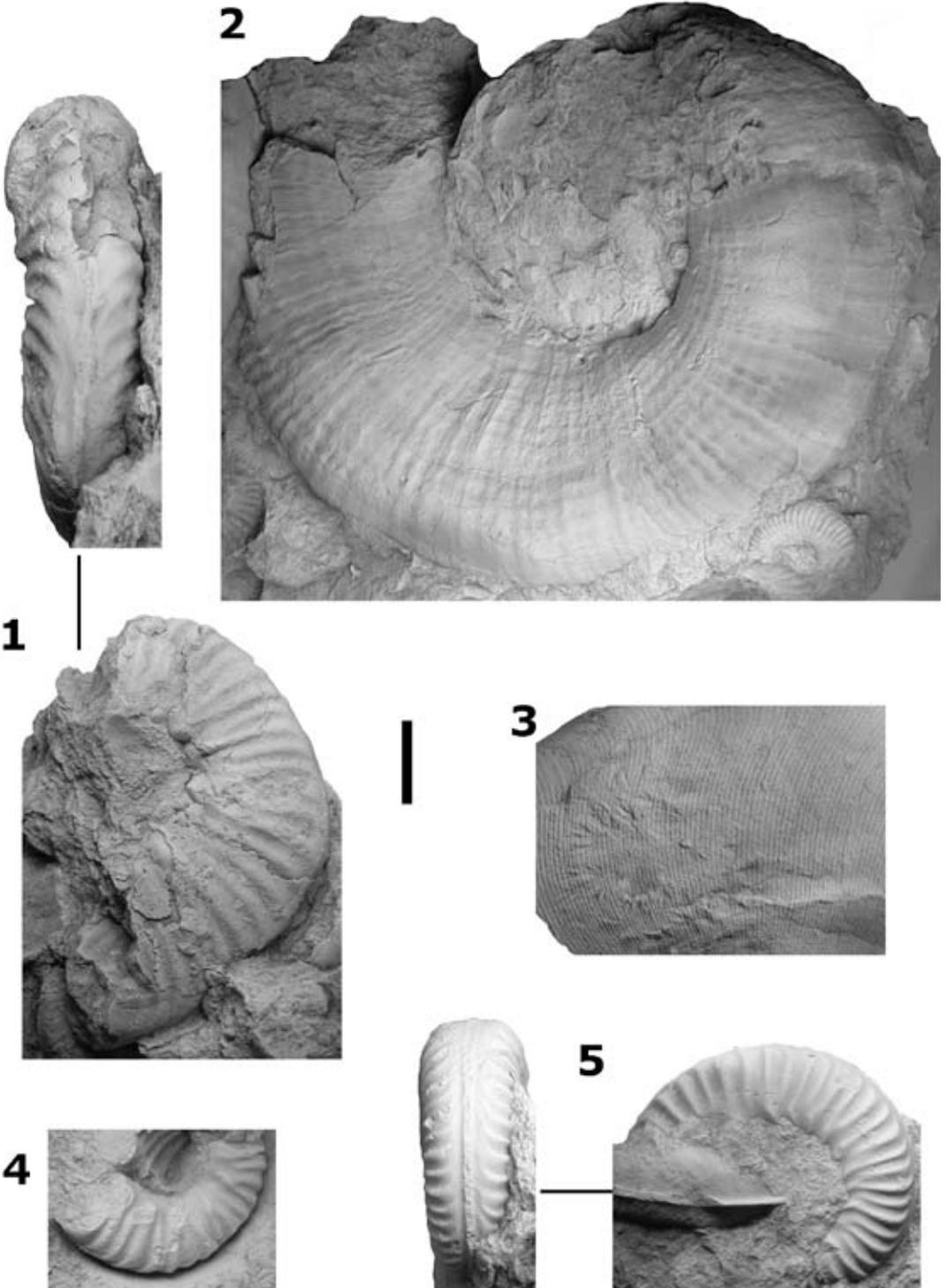
Fig. 3: *Har poceras nitescens* Schlegelmilch, 1976. Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM178.

Fig. 4: *Haugia illustris* (Denckmann, 1887). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM188.

Fig. 5: *Denckmannia malagma* (Dumortier, 1874). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM184.

Fig. 6: *Pseudogrammoceras bingmanni* (Denckman, 1887). Niveau 8, zone à Thouarsense. MnhnL TM201.

Barre: 1 cm



2003). *Annea*, présent dans les Marnes de Bacourt de Lorraine, existe dès la zone à Serpentinum à Feuguerolles. Des *Palaeobrachaelurus* sont présents dès la zone à Bifrons de Normandie.

Le tableau 2 permet d'approcher les contraintes environnementales à l'origine de la distribution des taxons. Les variations de température de l'eau de mer, estimées par mesures isotopiques (delta 18O sur émailloïde de néosélaciens) du Domérien au Toarcien de Lorraine, semblent montrer que le réchauffement a pu favoriser les processus de spéciation au début du Toarcien (en Lorraine pour les actinoptérygiens seuls), spéciation bien marquée aussi en Normandie par la diversité des espèces de néosélaciens, avec un ressaut thermique pour le Toarcien moyen, surtout marqué en Lorraine par la disparition des faciès anoxiques. Après un réchauffement extrême à la base de la zone à Falciferum (induisant donc une explosion de diversité des poissons actinoptérygiens, sans grosse variation parmi les sélaciens), suivie d'un refroidissement relatif pendant le reste de la zone à Falciferum, pour la zone à Bifrons et particulièrement la jonction Bifrons-Variabilis (incluant donc la Couche à Crassum, dont la sédimentation est éventuellement liée à ce réchauffement) montrent un réchauffement net avec des valeurs de 23°-26° pour les poissons necto-pélagiques mais de 6-8° de moins pour les bélemnites et les poissons benthiques (Dera et al. 2008), témoignant d'une tranche d'eau suffisante pour enregistrer un tel différentiel. Ce réchauffement et cette tranche d'eau plus importante sont probablement aussi en partie responsables de l'arrivée en Lorraine de nouvelles faunes de raies et requins, totalement différentes des faunes antérieures à Hybodontiformes, Synéchodontiformes et

Hexanchiformes, et déjà présentes en Normandie dès la zone à Tenuicostatum, moins anoxique qu'en Lorraine

Particularités de faciès

Dans tous les gisements explorés, sauf à Dudelange-Zoufftgen, la Couche à Crassum est d'aspect brun et limonitique à la base, riche en cristaux de gypse parfois créant des croûtes de gypse (Soleuvre, Sanem), témoins donc de la présence de pyrite au départ, donc de fond anoxique. A Dudelange-Zoufftgen, la base de la Couche à Crassum, gris-bleu-noir, est encore très riche en pyrite, déjà dégradée néanmoins vu l'abondance de gypse également. Elle est suivie d'environ 1 mètre de calcaire bleuté, puis des argiles jaunâtres (contenant encore un peu de pyrite) évoquant un fond plus oxygéné; ailleurs, la Couche à Crassum pyriteuse est surmontée de couches toujours nettement pyriteuses.

Le niveau 4 est une marne pyriteuse et très calcaire, le niveau 5 est un calcaire induré, pour lequel nous pouvons conclure à une réduction des apports argileux ou à une augmentation de productivité en carbonates, et donc à une eau plus oxygénée, plus claire, plus chaude (voir Dera et al. 2009) avec des caractéristiques de sédimentation différentes. Ce milieu marin différent voit alors soit arriver par courants ou couloirs une nouvelle faune de céphalopodes et de chondrichthyens qui se mêle à la faune autochtone (*Acrocoelites*, actinoptérygiens, hybodontiformes, synéchodontiformes, crocodiles et ichthyosaures, présents dès la base du Toarcien), soit l'évolution locale de la faune autochtone dans cette eau différente.

Planche 4: Ammonites du Toarcien de Dudelange-Zoufftgen.

Fig. 1: *Haugia jugosa* (Sowerby, 1815). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM200.

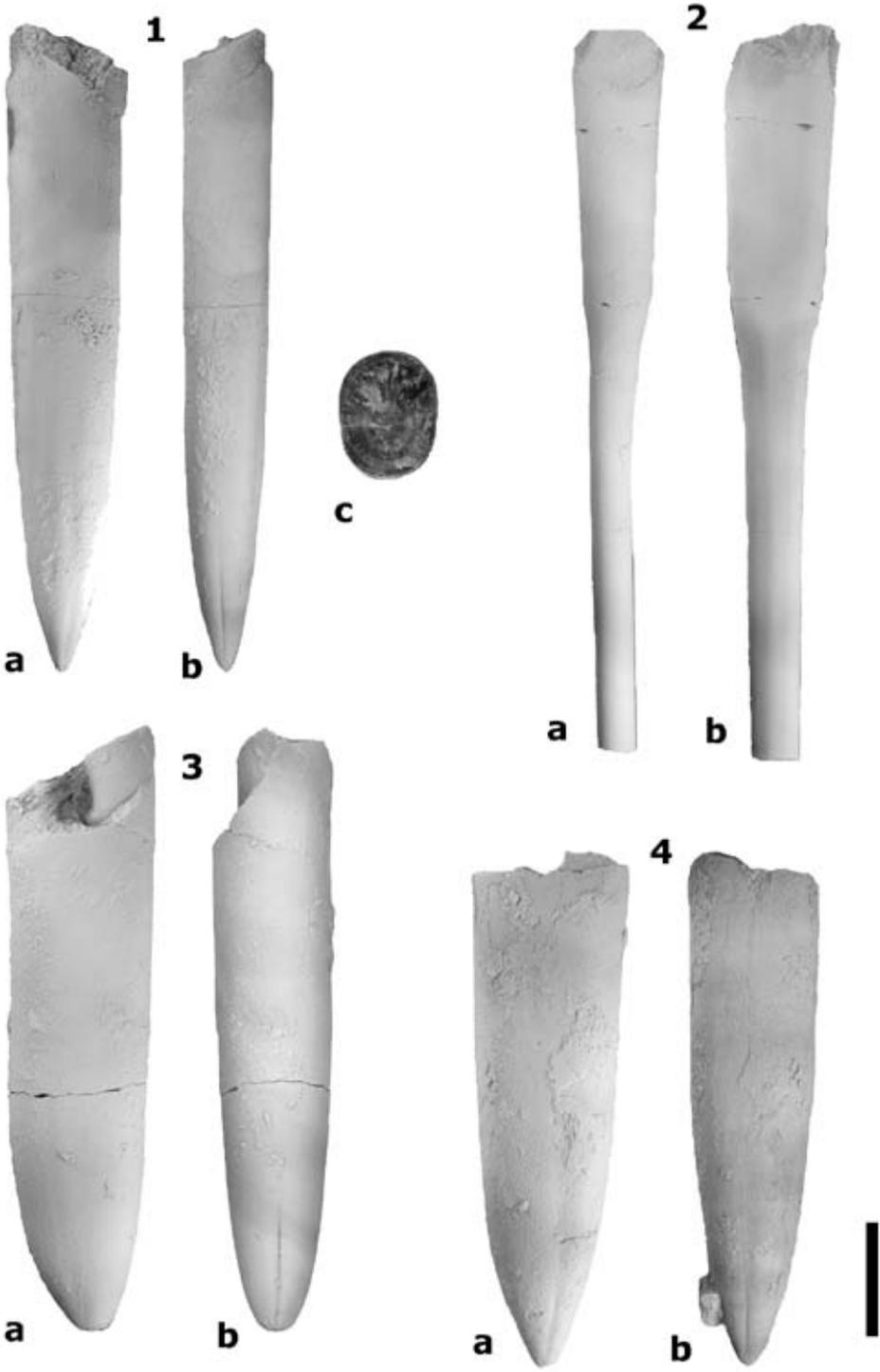
Fig. 2: *Lytoceras cornucopia* (Young & Bird, 1822). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM177.

Fig. 3: *Phylloceras supraliasicum* (Pompeckj, 1893). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM181.

Fig. 4: *Haugia navis* (Dumortier, 1874). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM185.

Fig. 5: *Phymatoceras lilli* (Hauer, 1856). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM216.

Barre: 1 cm

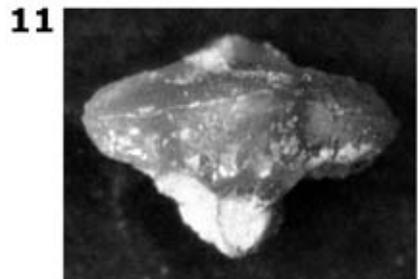
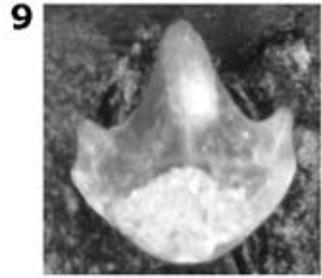
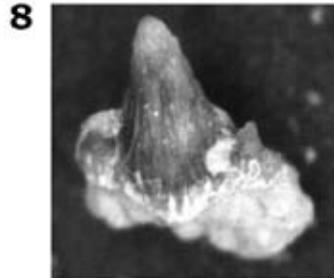
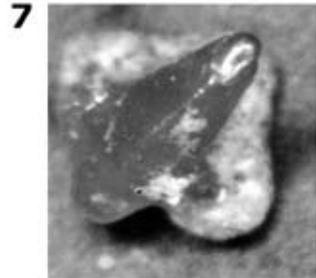
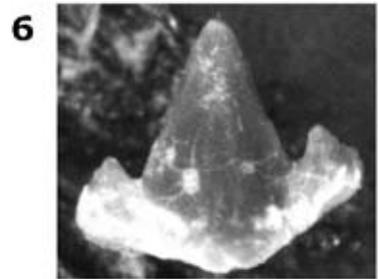
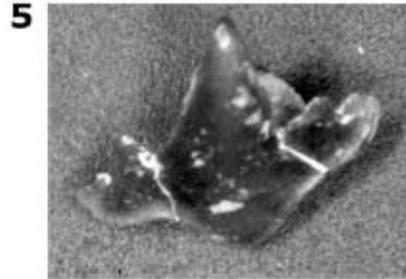
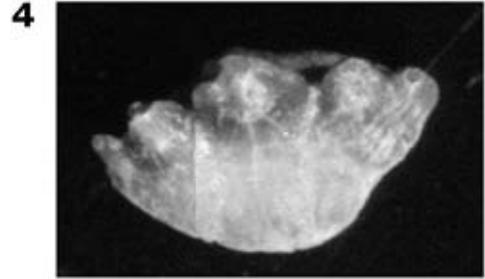
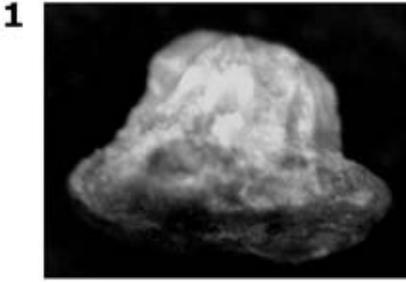


Tabl. 2: Les chondrichthyens dans les diverses zones du Toarcien à l'Est (Lorraine) et à l'Ouest (Normandie) du Bassin de Paris:

Zones	Lorraine	Normandie-Feuguerolles
zone à Aalensis	<i>Rhomphaiodon</i> , <i>Doliobatis</i> , <i>Orectolobiformes</i>	<i>Synechodus</i> , <i>Sphenodus</i> , <i>Paraorthacodus</i> , <i>Microtoxodus</i>
zone à Thouarsense	<i>Synechodus</i> , <i>Protospinax</i> , <i>Orectolobiforme</i> gen et sp nov, " <i>Heterodontus</i> " <i>duffini</i> , <i>Annea maubeugei</i> , <i>Jurobatos</i> , <i>Palaeobrachaelurus aperizostus</i> , <i>P. alisonae</i> , <i>Pseudorhina</i> , <i>Archaeobatidae</i> <i>Cristabatis</i> et <i>Toarcibatis</i>	<i>Hybodus hauffianus</i> , <i>Lissodus</i> , <i>Welcommia</i> , <i>Sphenodus</i> , <i>Synechodus</i> , <i>Protospinax</i> , <i>Paracestracion</i> <i>Archaeobatidae</i> , <i>Ornatoscyllium</i> , <i>Annea</i> , <i>Palaeobrachaelurus</i> , " <i>Heterodontus</i> " <i>duffini</i> , <i>Microtoxodus</i>
zone à Variabilis	<i>Synechodus</i> , <i>Protospinax</i> , <i>Orectolobiforme</i> gen et sp nov, " <i>Heterodontus</i> " <i>duffini</i> , <i>Annea maubeugei</i> , <i>Jurobatos</i> , <i>Palaeobrachaelurus aperizostus</i> , <i>P. alisonae</i> , <i>Archaeobatidae</i> <i>Cristabatis</i> et <i>Toarcibatis</i>	<i>Hybodus hauffianus</i> , <i>Lissodus</i> , <i>Welcommia</i> , <i>Sphenodus</i> , <i>Synechodus</i> , <i>Protospinax</i> , <i>Paracestracion</i> <i>Archaeobatidae</i> , <i>Ornatoscyllium</i> , <i>Annea</i> , <i>Palaeobrachaelurus</i> , <i>Microtoxodus</i>
Passage zone à Bifrons - zone à Variabilis	<i>Synechodus</i> , <i>Sphenodus</i> , <i>Protospinax</i> , <i>Paracestracion sarstedtensis</i> , <i>Annea maubeugei</i> , <i>Jurobatos</i> , " <i>Heterodontus</i> " <i>duffini</i> , <i>Palaeobrachaelurus aperizostus</i> , <i>P. alisonae</i> , <i>Pseudorhina</i> , aff. <i>Corysodon</i> , <i>Phorcynis</i> , <i>Archaeobatidae</i> <i>Cristabatis</i> et <i>Toarcibatis</i>	Mal différenciable en Normandie
zone à Bifrons	<i>Sphenodus</i>	<i>Hybodus hauffianus</i> , <i>Lissodus</i> , <i>Synechodus</i> , <i>Sphenodus</i> , <i>Protospinax</i> , <i>Paracestracion</i> , <i>Ornatoscyllium</i> , <i>Annea</i> , <i>Palaeobrachaelurus</i> , <i>Archaeobatidae</i>
zone à Serpentinum	<i>Hybodus hauffianus</i>	<i>Hybodus hauffianus</i> , <i>Lissodus</i> , <i>Synechodus</i> , <i>Sphenodus</i> , <i>Protospinax</i> , <i>Paracestracion</i> , <i>Annea</i> , <i>Palaeobrachaelurus</i> , <i>Archaeobatidae</i>
zone à Tenuicostatum (sommet)		<i>Synechodus</i> , <i>Protospinax</i> , <i>Archaeobatidae</i> <i>Toarcibatis multicrostata</i>
zone à Tenuicostatum (base)	<i>Hybodus hauffianus</i> , <i>Rhomphaiodon minor</i> , <i>Synechodus</i> , <i>Welcommia terencei</i>	<i>Synechodus</i> , <i>Sphenodus</i> , <i>Paraorthacodus</i>
zones à Margaritatus et à Spinatum	<i>Synechodus</i> , <i>Paraorthacodus</i> , <i>Agaleus</i> , <i>Hexanchiformes</i>	<i>Synechodus</i> , <i>Sphenodus</i> , <i>Paraorthacodus</i>

Planche 5: Bélemnites du Toarcien de Dudelage-Zoufftgen.Fig. 1: *Acrocoelites wrighti* (Oppel, 1856). Niveau 4, zone à Bifrons. MnhnL TM223.Fig. 2: *Dactyloteuthis semistriata* (Münster, 1830). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM221.Fig. 3: *Dactyloteuthis digitalis* (Blainville, 1827). Niveau 6, zone à Variabilis. MnhnL TM222.Fig. 4: *Acrocoelites levidensis* (Simpson, 1855). Niveau 4, zone à Bifrons. MnhnL TM224.

Barre: 1 cm



Conclusions

L'étude de la coupe de Dudelange-Zoufftgen, comparée à d'autres affleurements de la Grande-région, permet de conclure que la Couche à Crassum constitue un banc-repère valable pour séparer les unités lithostratigraphiques actuellement reconnues par la carte géologique du Luxembourg: en effet, ces marnes, qui varient d'un mince banc conglomératique jusqu'à un banc marno-calcaire plus développé, marquent le passage, assez net, des Couches à *Hildoceras bifrons* (lo2) aux Couches à *Astarte voltzi* (lo3). D'un point de vue biostratigraphique, la position de la Couche à Crassum se révèle plus complexe. En effet, dans la majeure partie du Grand-Duché le banc est très condensé et livre une faune d'ammonites remaniées de la zone à Bifrons, *Catacoeloceras crassum* et *Hildoceras semipolitum*, associées à *Denckmannia malagma* et *Pseudolioceras compactile*, ces dernières caractérisant la zone à Variabilis. Dans ce cas, le banc peut donc être daté de la zone à Variabilis. A Dudelange-Zoufftgen par contre, la sédimentation est plus complète et on peut distinguer un horizon inférieur (avec *Catacoeloceras crassum* et *Hildoceras semipolitum*) daté de la zone à Bifrons et un horizon supérieur (avec *Catacoeloceras* ssp., *Haugia navis*, *Haugia variabilis*, *Pseudolioceras*

compactile), daté de la zone à Variabilis. Une première analyse de l'association des bélemnites confirme cette subdivision faunistique de la Couche à Crassum à Dudelange-Zoufftgen: l'horizon inférieur (niveau 4, zone à Bifrons) est fortement caractérisé par de nombreuses espèces de *Acrocoelites* à affinité anglaise, tandis que l'horizon supérieur (niveau 5, zone à Variabilis) est caractérisé par de nombreux *Dactyloteuthis* à affinité méditerranéenne. En première analyse et sur base du volume limité de sédiments traités, l'étude de l'ichthyofaune ne permet pas de différencier les faunes de poissons et requins des niveaux 4 et 5. Au final, l'éloignement des côtes, la profondeur et la nature de la colonne d'eau et donc des sédiments, conditionnent bien l'ichthyofaune et leur premières apparitions stratigraphiques selon les localités (voir Underwood 2004), ceci s'observe particulièrement bien au niveau du Bassin de Paris dans la comparaison des faunes du Toarcien de Luxembourg/Lorraine, avec celles d'Alsace et de Normandie.

L'analyse sédimentologique et faunistique (intégrant les données isotopiques existantes; voir Dera et al. 2009), indique des changements écologiques importants au Toarcien moyen: un réchauffement extrême à la base de la zone à *Falciferum* (induisant une explosion de la

Planche 6: Dents de requins et raies du Toarcien de Dudelange-Zoufftgen.

- Fig. 1: Hybodontidae indet. Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Diamètre 0.5 mm. MnhnL TM225.
- Fig. 2: *Synechodus* cf. *duffini* Underwood & Ward, 2004. Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 3 mm. MnhnL TM226.
- Fig. 3: *Protospinax magnus* Underwood & Ward, 2004. Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 1 mm. MnhnL TM227.
- Fig. 4: *Paracestracion sarstedtensis* (Thies, 1983) Underwood, 2002. Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 1.1 mm. MnhnL TM228.
- Fig. 5: *Palaeobrachaelurus aperizostus* Thies, 1983. Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 1.6 mm. MnhnL TM229.
- Fig. 6: *Palaeobrachaelurus alisonae* Thies, 1983. Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 1.1 mm. MnhnL TM230.
- Fig. 7: *Annea maubeugei* Thies, 1983. Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 0.8 mm. MnhnL TM231.
- Fig. 8: *Ornatoscyllium* sp. Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 1 mm. MnhnL TM232.
- Fig. 9: "*Heterodontus*" *duffini* Thies, 1983 (voir Delsate, ce volume). Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 1.1 mm. MnhnL TM233.
- Fig. 10: *Orectolobiforme* gen. & sp. nov. (voir Delsate, ce volume). Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 1.4 mm. MnhnL TM234.
- Fig. 11: *Toarcibatis elongata* Delsate & Candoni, 2001. Zone à Thouarsense, sous-zone à Thouarsense-Bingmanni. Longueur 1 mm. MnhnL TM235.

diversité des poissons actinoptérygiens, sans grosse variation pour les sélaciens) est suivie d'un refroidissement relatif pendant le reste de la zone à Falciferum: la zone à Bifrons et particulièrement la jonction Bifrons-Variabilis (incluant la Couche à Crassum, dont la présence sédimentologique est éventuellement liée à ce réchauffement) montre un réchauffement net avec des valeurs de 23°-26° pour les poissons necto-pélagiques mais de 6-8° de moins pour les bélemnites et les poissons benthiques, témoignant d'une tranche d'eau suffisante pour enregistrer un tel différentiel. Ce réchauffement et la profondeur d'eau plus importante sont probablement aussi en partie responsables de l'arrivée en abondance de nouvelles faunes de raies et requins, déjà présentes en Normandie dès la zone à Tenuicostatum, plus oxygénée qu'en Lorraine.

Remerciements

Nous tenons à remercier Georges Bechet et Alain Faber (MnhnL) ainsi que Kurt Meiers, Robert Haas, Josef Höfler, Liette et Guy Kronz-Wilmes et Nico Gross (collaborateurs scientifiques du MnhnL) sans lesquels les fouilles sur le site n'auraient pas été possibles. La direction des Chemins de fer luxembourgeois (CFL) a permis l'accès au chantier et en a assuré la sécurité. Un remerciement particulier va à Marc Chesnier pour le partage de l'étude des chondrichthyens de Feuguerolles, et Simone Guérin-Franiatte pour ses conseils et la détermination des ammonites figurées dans le présent travail. Nora Back et Marianne Kayser nous ont assistés dans la réalisation des figures. Nous remercions pour leurs précieux conseils également Robert Colbach (Service géologique, Luxembourg), Michaël Hermoso (Paris/Oxford), Olivier Pierron (Nancy), Jean-Philippe Blouet (Nancy), Ange Mirabet (Lixhausen), Jean-Luc Piron (Euraceta), Eric Santiquian (Biosemois, Arlon), Paul Vanescote (Gammamedic), Térance Delsate (Mons), Alaoui Benzakroum et Hasna Boutzil (Cerphos, Casablanca). Bernard Lathuilière (Nancy) et Alain Faber (MnhnL) ont relu le manuscrit et contribué à son amélioration par leurs commentaires constructifs.

Références bibliographiques

- Benecke E.W. 1898. - Beitrag zur Kenntnis des Jura in Deutsch-Lothringen. Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte Elsass-Lothringens, N.F. 1. Strasbourg.
- Blainville M.H. Ducrotay de 1827. - Mémoire sur les bélemnites, considérées zoologiquement et géologiquement. 136 p. Strasbourg, Levrault.
- Bleicher M. 1892. - Sur le gisement et la structure des nodules phosphatés du Lias de Lorraine. Bulletin de la Société Géologique de France, 3: 237-249.
- Branco W. 1879. - Der untere Dogger Deutsch-Lothringens. Abhandlungen zur Geologischen Spezialkarte von Elsass-Lothringen, 2 (1): 1-160.
- Bruguière J.G., Lamarck J.B. & Deshayes G.P. 1789-1832. - Encyclopédie méthodique ou par ordre des matières. Histoire naturelle des vers, des coquilles et des mollusques. Paris.
- Buckman S.S. 1887-1909. - Monograph of the ammonites of the Inferior Oolite Series. Palaeontographical Society London Monograph, 456 + 262 pp., 103 + 24 pls. London.
- Chapuis F. & Dewalque G. 1854. - Description des fossiles des terrains secondaires de la province de Luxembourg. Mémoires Couronnées et Mémoires Savants Étrangers de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts de Belgique, 25 [1853]: 1-325.
- Corroy G. & Gérard C. 1933. - Le Toarcien de Lorraine et du Bassigny. Bulletin de la Société géologique de France, 3 (5): 193-226. Paris.
- Brun P. de 1932. - Étude géologique et paléontologique des environs de St.-Ambroix (Gard). Troisième partie (Lias supérieur). Bulletin de la Société d'Étude des Sciences naturelles Nîmes, 46-47, 84 pp.
- De Craen M., Swennen R., Keppens E.M., Macaulay C.I. & Kiriakoulakis K. 1999(a). - Bacterially mediated formation of carbonate concretions in the Oligocene Boom Clay of Northern Belgium. Journal of Sedimentary research, 69: 1098-1106.

- De Craen M., Swennen R. & Keppens E. 1999(b). - Petrography and geochemistry of septarian carbonate concretions from the Boom Clay Formation (Oligocène, Belgium). *Geologie and Mijnbouw*, 77: 63-76.
- Delsate D. 1990. - Deux nouveaux horizons à vertébrés (Chondrichthyes-Elasmobranchii et Osteichthyes-Actinopterygii) dans le Toarcien belge et limitrophe (Lorraine). Synthèse stratigraphique et profils nouveaux. Professional Paper 1990-1, n°242, 53 pages. Bruxelles.
- Delsate D. 1992. - Chondrichthyens mésozoïques du Luxembourg. Note préliminaire. Bulletin de la Société des Naturalistes luxembourgeois, 93: 181-193. Luxembourg.
- Delsate D. 1995. - Chondrichthyens mésozoïques du Grand-Duché de Luxembourg. Belgian Geological Survey Professional Paper, 278: Elasmobranchs et Stratigraphie (1994): 11-22. Bruxelles.
- Delsate D. 1997. - Chondrichthyens mésozoïques du Grand-Duché de Luxembourg: Compléments. Travaux scientifiques du Musée national d'Histoire Naturelle de Luxembourg, 27: 53-79. Luxembourg.
- Delsate D. 1999(a). - L'Ichthyofaune du Toarcien luxembourgeois. Cadre général et Catalogue statistique. Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg, 30: 1-101. Luxembourg.
- Delsate D. 1999(b). - Un Pholidophoridae nouveau (Osteichthyes, Actinopterygii) du Toarcien (Jurassique inférieur) luxembourgeois. Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg, 32:141-205. Luxembourg.
- 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. & Candoni L. 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: 131-143.
- Delsate D. & Felten R. 2005. - Les poissons. In Fayard J.-P., Gross N., Lajournade J.-B., Lathuilière B., Vailly G. & Weis R. (coord.), Fossiles et minéraux de la carrière d'Ottange-Rumelange. 152 pp. Association lorraine amateur de géologie, Thionville; Amis de la géologie, minéralogie et paléontologie, Bous.
- Delsate D. & Godefroit P. 1995. - Chondrichthyens du Toarcien inférieur d'Aubange (Lorraine belge). Belgian Geological Survey, Professional Paper, 278: 23-44. Bruxelles.
- Delsate D., Henrotay M. & Godefroit P. 1992. - Présence d'insectes dans le Toarcien inférieur de la Belgique. Bulletin de la Société belge de Géologie, 111 (2): 147-153. Bruxelles.
- Delsate D. & Lepage J.C. 1990. - Découverte d'une faune originale d'Elasmobranches dans les phosphates du Toarcien lorrain (couches à *Coeloceras crassum*). Bulletin de l'Académie Lorraine des Sciences, 29 (3): 153-161. Nancy.
- 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 sciences naturelles, physique, mathématiques, N.S. 43: 55-71.
- Delsate D. & Thies D. 1995. - Teeth of the fossil shark *Annea* Thies 1983 (Elasmobranchii-Neoselachii) from the Toarcian of Belgium. Belgian Geological Survey, Professional Paper, 278: 45-64. Bruxelles.
- Denckmann A. 1887. - Ueber die geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Dörnten nördlich Goslar, mit besonderer Berücksichtigung der Fauna des oberen Lias. Abhandlungen zur geologischen Specialkarte Preussens, 8 (2), 108p.
- Dera G., Martinez M., Delsate D., Neige P., Pucéat E., Pellenard P. & Joachimski M. 2008. - Paleoecology of early Jurassic belemnites: a new contribution by $\delta^{18}O$ analyses of Pliensbachian - Toarcian belemnites from Belgium and comparison with fish tooth data. In: Faber A., Weis R. & Fuchs D. (eds.), Coleoid Cephalopods Through Time - 3rd International Symposium, Luxembourg 08-11.10.2008. Abstract volume, pp. 67-68. Luxembourg, Musée national d'histoire naturelle.

- Dera G., Pucéat E., Pellenard P., Neige P., Delsate D., Joachimski 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. (sous presse)
- Dittrich D. 1993. - Erläuterungen zur geologischen Karte von Luxemburg, 1:25000: Blatt Nr. 11 Grevenmacher und Blatt Nr. 13 Remich. Publications du Service Géologique du Luxembourg, 51 p.
- Doyle P. 1987. - Lower Jurassic-Lower Cretaceous belemnite biogeography and the development of the Mesozoic boreal realm. *Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 61: 237-254.
- Doyle P. 1990. - The British Toarcian (Lower Jurassic) belemnites. Monograph of the Palaeontological Society, Part 1: 1-49.
- Doyle P. 1992. - The British Toarcian (Lower Jurassic) belemnites. Monograph of the Palaeontological Society, Part 2: 50-79.
- Dumortier E. 1864-1874. - Etudes paléontologiques sur les dépôts jurassiques du Bassin du Rhône. Paris, Ed. Savy. (4 tomes)
- Elmi S., Rulleau L., Gabilly J. & Mouterde R. 1997. - Ammonites, Toarcien. 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 des Recherches Elf Exploration-Production, 17: 157-167. Pau.
- Fuchs D. & Weis R. 2008. - Taxonomy, morphology and phylogeny of Lower Jurassic loliasepid coleoids (Cephalopoda). *Neues Jahrbuch für Geologisch-Paläontologische Abhandlungen*, 249/1: 93-112. Stuttgart.
- Godefroit P. 1994. - Les reptiles marins du Toarcien (Jurassique inférieur) belgo-luxembourgeois. Service Géologique de Belgique, mémoire 39: 1-98.
- Guérin-Franiatte S., Maquil R. & Münzberger P. 2010. - Le Toarcien au Grand-Duché de Luxembourg: Biostratigraphie dans la région de Belvaux. Ferrantia, Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. (in press)
- Hanzo M. 1978. - A propos de nodules carbonatés du Toarcien inférieur de la région de Bettembourg (Grand-Duché de Luxembourg). 103^{ème} Congrès national des sociétés savantes, Nancy, fascicule IV, pp. 343-349.
- Hanzo M. 1979. - Milieu de dépôt et évolution diagénétique des argilites toarciennes d'après l'étude de nodules carbonatés des "Schistes carton" de Bettembourg (Grand-Duché de Luxembourg). *Sciences de la Terre Nancy*, 23: 45-59.
- Hanzo M. 1980(a). - Lorraine. Lias supérieur. In Mégnien F. (coord.), Synthèse Géologique du Bassin de Paris. Volume 3. Lexique des noms de formation. Mémoire BRGM 103: 60.
- Hanzo M. 1980(b). - Bacourt (Marnes de). In Mégnien C. & F. Mégnien (coord.), Synthèse Géologique du Bassin de Paris. Volume 1. Stratigraphie et paléogéographie. Mémoire BRGM 101: 95.
- Hauer F. 1856. - Ueber die Cephalopoden aus dem Lias der Nordöstlichen Alpen. *Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, 11: 1-56.
- Hedberg H. 1976. - International stratigraphic guide. A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure. Wiley & Sons.
- Henrotay M., Marques D., Paichelier J.C., Gall J.C. & Nel A. 1998. - Le Toarcien inférieur des régions de Bascharage et de Bettembourg (Grand-Duché de Luxembourg): évidences paléontologiques et sédimentologiques d'environnements restreints proches de l'émersion. *Geodiversitas* 20: 263-284.
- Hermoso M. 2007. - Les perturbations environnementales au cours du Toarcien inférieur. Apport de l'étude sédimentologique et géochimique de séries boréales et ouest-téthysiennes. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.
- Hermoso M., Minoletti F., Le Callonnec L., Jenkyns H. C., Hesselbo S. P., Rickaby R. E., Renard M., de Rafélis M. & Emmanuel L. 2009(a). - Global and local forcing of Early Toarcian seawater chemistry: A comparative study of different paleoceanographic settings (Paris and Lusitanian basins). *Paleoceanography*, 24 PA4208, 15 p.

- Hermoso M., Le Callonnec L., Minoletti F., Renard M., Hesselbo S. P. 2009(b). - Expression of the Early Toarcian negative carbon-isotope excursion in separated carbonate microfactions (Jurassic, Paris Basin). *Earth and Planetary Science Letters*, 277: 194-203.
- Jacobs P., Olivier I. & Swennen R. 2005. - "Big Mac" calcarenite concretions (Lower Oligocene, NW-Belgium): Conceptual growth model derived from Stratigraphy, Petrography and Geochemistry. *Geologica Belgica*, 8 (1-2): 15-32.
- Klüpfel W. 1919. - Über den Lothringer Jura. *Jahrbuch der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt zu Berlin*, 38 (1): 252-346, Berlin.
- Kriwet J. 2003. - Neoselachian remains (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Middle Jurassic of SW Germany and NW Poland. *Acta Palaeontologica Polonica* 48 (4): 583-594.
- Laux N. 1921-1923. - Le Toarcien et l'Aalénien dans le Bassin d'Esch. *Monatsberichte der Gesellschaft Luxemburger Naturfreunde (neue Serie)*, 15 [1921]: 8-29, 16: 43-58 [1923], Luxembourg.
- Lucas J. & Prevot-Lucas L. 1995. - Tethyan phosphates and bioproductites. In Nairn E.M. et al. (eds.), *The ocean basin and margins*, 8: The Tethys Ocean: 367-389. Plenum Press, New York.
- Lucius M. 1945. - Die Luxemburger Minetteformation und die jüngeren Eisenerzbildungen unseres Landes. *Beiträge zur Geologie von Luxemburg (Publications du Service Géologique du Luxembourg)*. Service de la Carte Géologique de Luxembourg, 4: 1-350.
- Lucius M. 1948. - Das Gutland. *Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte Luxemburgs*. Publications du Service Géologique du Luxembourg. Service de la Carte Géologique de Luxembourg, 5: 1-405.
- Lucius M. 1956. - Excursion géologique du 12 mai 1956: Visite de la tranchée creusée à la suite de la suppression du tunnel de Zoufftgen. *Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois*, 61: 257-261.
- Maubeuge P.L. 1955. - Observations géologiques dans l'Est du Bassin de Paris (terrains triasiques moyens-supérieurs et jurassiques inférieurs-moyens). Éd. privée, Nancy, 2 tomes, 1082 pp.
- Maubeuge P.L. 1958. - Quelques observations géologiques sur le profil de la tranchée de l'extunnel de Dudelange (G.-D. de Luxembourg) ouverte dans le Toarcien. *Archives de l'Institut Grand-ducal de Luxembourg, Section sciences naturelles, physique, mathématiques*, N.S. 25: 201-210.
- Münster G. Graf von 1830. - Bemerkungen zur nähern Kenntnis der Belemniten. 18 pp., Bayreuth (Birner).
- Oppel A. 1862. - Über jurassische Cephalopoden. Teil 1. Paläontologische Mitteilungen des Museum des königlichen bayerischen Staats, 3:127-162. Stuttgart.
- Orbigny d'A. 1842-50. - Paléontologie française. Terrains jurassiques. Volume 1. Céphalopodes (1842-49). Masson edit., Paris.
- Phillips J. 1867. - A monograph of British Belemnitidae. Part 3. *Paleontographic Society Monographs*, 20 (1866): 53-88.
- Pompeckj J. F. von 1893. - Beiträge zu einer Revision der Ammoniten des Schwäbischen Jura. *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg*, 49: 151-248.
- Quenstedt F.A. 1856-1857. *Der Jura*. 842 pp. Laupp, Tübingen.
- Schlegelmilch R. 1976. - Die Ammoniten des süddeutschen Lias. 212 p.; Stuttgart & New York (G. Fischer).
- Schlotheim E.F. von 1813. - Beiträge zur Naturgeschichte der Versteinerungen in geognostischer Hinsicht. *Taschenbuch für die Gesamte Mineralogie*, 7: 3-134. Frankfurt/Main.
- Simpson M. 1855. - The fossils of the Yorkshire Lias; described from nature. 149 pp. London and Whitby.
- Sowerby J. 1812-1822. - The mineral conchology of Great Britain; or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or shells, which have been preserved at various times and depths in the earth. Vols 1-4 (part), 383 pls. Meredith; London.
- Stoyanova-Vergilova M. 1982. - On the palaeobiogeographical importance of the Early and Middle Jurassic belemnites, distributed in Bulgaria. *Geologica Balcanica*, 12: 37-50.

- Trappe J. 1998. - Phanerozoic phosphorite depositional systems. A dynamic model for a sedimentary resource system. Springer: Lecture Notes in Earth Sciences. 316 p.
- Underwood C.J. 2004. - Environmental controls on the distribution of neoselachian sharks and rays within the British Bathonian (Middle Jurassic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 203 (1-2): 107-126.
- Weis R. 1999. - Stratigraphie und Belemnitenfauna des oberen Toarciums (Variabilis- bis Aalensis-Zone) von Dudelage (Luxemburg). *Revue technique 1* (Janvier-mars 1999): 19-26. Luxembourg.
- Werveke L. van 1901. - Profile zur Gliederung des reichsländischen Lias u. Doggers und Anleitung zu einigen geologischen Ausflügen in den lothringisch-luxemburgischen Jura. *Mitteilungen der Geologischen Landesanstalt von Elsass-Lothringen*, 5 [1901-1905] (3): 165-246.
- Werveke L. van 1910. - Die lothringisch-luxemburgischen Minetteablagerungen. *Nieder-rheinischer Geologischer Verein*, 1910: 51-108. Bonn.
- Young G.M. & Bird J. 1822. - A geological survey of the Yorkshire coast: describing the strata and fossils occurring between the Humber and the Tees, from the German Ocean to the Plain of York. 336 pp. Whitby.
- Young G. & Bird J. 1828. - A geological survey of the Yorkshire coast. 2nd edition. Whitby.
- Zieten C.H. v. 1830-1833. - Die Versteinerungen Württembergs. Heft 1-12. 102 pp. Expedition des Werkes Unserer Zeit, Stuttgart.

Teudopsis bunelii Eudes-Deslongchamps, 1835 (Cephalopoda: Coleoidea) from Upper Toarcian ironstones of Luxembourg

Dirk Fuchs

Freie Universität Berlin, Institute of Geological Sciences
Branch Palaeontology
Malteserstr. 74-100
D-12249 Berlin
drig@zedat.fu-berlin.de

Robert Weis

Musée national d'histoire naturelle Luxembourg
25, rue Münster
L-2160 Luxembourg
rweis@mnhn.lu

Keywords: Late Toarcian, Minette Ironstone Formation, Luxembourg, Coleoidea, *Teudopsis*, gladius

Abstract

A gladius of a coleoid cephalopod is described from the Minette Ironstone Formation (Late Toarcian, *Pleydellia aalensis*-Zone) of the "Haard" nature reserve near Dudelange (southern Luxembourg). Owing to growth increments, the fragmentary gladius can be attributed to

Teudopsis bunelii Eudes-Deslongchamps, 1835. It is likely the worldwide first record of a cephalopod gladius from the Late Toarcian. The new record extends the stratigraphic distribution of *Teudopsis bunelii* from the Early Toarcian (c. 182 my) to the Late Toarcian (c. 176 my).

Mots clés: Toarcien supérieur, Formation ferrifère, Luxembourg, Coleoidea, *Teudopsis*, gladius

Résumé

Un gladius d'un céphalopode coléoïdé est décrit de la formation ferrifère de la Minette (Toarcien supérieur zone à *Pleydellia aalensis*) de la réserve naturelle "Haard" près de Dudelange (au sud du Grand-Duché de Luxembourg). Grâce aux stries d'accroissement, le gladius fragmentaire peut être attribué à *Teudopsis bunelii*

Eudes-Deslongchamps, 1835. Ce spécimen représente la première présence au niveau mondial d'un gladius de céphalopode à ce niveau stratigraphique. Cette nouvelle découverte étend la répartition stratigraphique de *Teudopsis bunelii* du Toarcien inférieur (environ 182 m.a.) jusqu'au Toarcien supérieur (environ 176 m.a.).

Schlüsselwörter: Oberes Toarcium, Eisenerzformation, Luxembourg, Coleoidea, *Teudopsis*, Gladius

Zusammenfassung

Ein coleoider Cephalopodengladius aus der Minette-Eisenerzformation (Oberes Toarcium, *Pleydellia aalensis*-Zone) des Naturschutzgebietes "Haard" bei Dudelange im Süden Luxemburgs wird beschrieben. Anhand der Anwachslinien wurde das Gladiusfragment der Art *Teudopsis bunelii* Eudes-Deslongchamps, 1835

zugeordnet. Das Stück stellt wahrscheinlich weltweit den ersten Nachweis eines Cephalopodengladius aus dem späten Toarcium dar. Aufgrund dieses Fundes erstreckt sich die stratigraphische Reichweite von *Teudopsis bunelii* nunmehr vom frühen Toarcium (ca. 182 M.J.) bis zum späten Toarcium (ca. 176 M.J.).

Introduction

The gladius is a sturdy, but flexible chitinous structure within the dorsal mantle of many living cephalopods. It represents a remnant of the shell and serves as an important attachment site for various muscles. Without a gladius, the animal e. g. could not maintain a constant mantle length during jet swimming. The earliest gladii are known from the Alpine Rhaetian (Reitner 1978), but become more diverse not before the Sinemurian (Fuchs 2006a; Fuchs & Weis 2008). The highest diversity of gladii is known from the Early Toarcian (Fuchs & Weis 2008; in press), the Kimmeridgian/Tithonian (Fuchs, Keupp & Engeser 2003; Fuchs 2006b; Fuchs, Klinghammer & Keupp 2007), and much later from the Cenomanian (Fuchs 2006c; 2007; Fuchs, Bracchi & Weis 2009; Fuchs & Weis 2009). Records of gladii outside these "evolutionary windows" are unfortunately very rare. Our current knowledge is therefore too scarce to provide reliable phylogenetic reconstructions. In the light of this problem, each record of a gladius is worthwhile to be published.

In 1997, one of us (RW) found a gladius fragment from the Upper Toarcian Minette Ironstone Formation of Luxembourg. Since this specimen probably represents the first gladius reported from the later Toarcian, it is described here in detail.

Geological setting

The informally named Minette or Luxembourg-Lorraine Ironstone Formation is a ferruginous oolite deposit of Late Toarcian to Late Aalenian age. The Minette Formation was deposited in a near-shore shallow marine environment in the north-eastern Paris Basin (Fig. 1), surrounded by the eroded lowlands of the Hercynian Rhenish Massif (Siehl & Thein 1989; Thein 2005). The outcrop in southern Luxembourg forms a 20 km-wide belt, subdivided into a western "Bassin de Differdange", and an eastern "Bassin de Esch-sur-Alzette", where the gladius was discovered.

The iron-bearing facies consists mainly of cross-bedded iron oolites ("couches" in the



Fig. 1: Schematised geological situation of Luxembourg illustrating the Late Toarcian paleogeography. The Minette Ironstone Formation is exposed in the southernmost part between Pétange and Dudelange.

local lithology) and bioarenitic limestones of a high-energy environment. The described gladius originates from the intercalated, bioturbated mud- and siltstone facies ("intercalaire"), a low-energy environment. The alternating facies form a sequence consisting of up to 12 sedimentary cycles. The entire Minette Ironstone Formation reaches a thickness of 15-65 m, due to local facies variation.

Stratigraphically, the Minette Ironstone Formation ranges from the Late Toarcian *Dumortieria levesquei* Zone to the Late Aalenian *Graphoceras concavum* Zone. A major stratigraphic gap at the top of the Early Aalenian is overlain by a conglomeratic bed ("Conglomérat de Katzenberg"), which in turn is capped by sandy marls of the *Ludwigia munchisonae* and *Graphoceras concavum* zones (Weis & Mariotti 2007). Lucius (1945) discussed lithological units and the fossil record, Maubeuge (1955: table E; 1972) gave a biostratigraphic overview of the complete sequence, and Guérin-Franiatte & Weis (this volume) partially redefine the stratigraphy of the upper part of the Minette Ironstone Formation in the basin of Esch-sur-Alzette.

The "Haard" site

The described gladius comes from the "Haard" site (Fig. 2). This nature reserve near Dudelange is one of several abandoned opencast pits where the iron ore was extracted. It forms now a re-naturalised plateau which is subdivided into several artificial extraction levels, corresponding to the different ironstone cycles within the Minette Ironstone Formation. At the northern point of the plateau "Galgenberg", the *Dumortieria levesquei* Zone yielded frequent ammonites of the genera *Dumortieria* and *Pleydellia* (Waterlot et al. 1973: p. 160). At its southern margin, at a location called "Italie" (a district of the city of Dudelange), Maubeuge (1947) described a rich *Pleydellia*-dominated fauna with e.g. *Pleydellia buckmani* from the "Couche Grise".

The gladius originates from the central part of the "Haard" site, from a 30-40 cm thick fossiliferous

bed that forms the base of the "Couche Rouge" Cycle (Fig. 3). Maubeuge (1955: table E) attributes the "Couche Jaune" and the "Couche Rouge" to his "*Canavarina venustula* Zone". According to Elmi et al. (1997), the *Canavarina venustula* horizon corresponds to the *Pleydellia lugdunensis* Subzone of the *Pleydellia aalensis* Zone, which is the terminal zone of the Late Toarcian.

This stratigraphic attribution is proven by two ammonites found in association with the gladius: *Canavarina venustula* Buckman and *Pleydellia buckmani* Maubeuge (Fig. 3C).

Besides the ammonites, particularly belemnites such as *Brevibelus breviformis* (VOLTZ), *Mesoteuthis rhenana* (OPEL) or *Acrocoelites* sp. are abundant in this horizon. The belemnite fauna of the Minette Ironstone Formation has been the subject of recent studies: some 20 belemnite species were recognised for the Upper Toarcian-Upper Aalenian interval (Weis 1999; Weis & Mariotti 2007).



Fig. 2: Detailed map of the Haard nature reserve near Dudelange. The area marked by a dashed line corresponds to the place of finding ©Carte topographique: Adm. Du Cadastre et de la Topographie, Luxembourg).

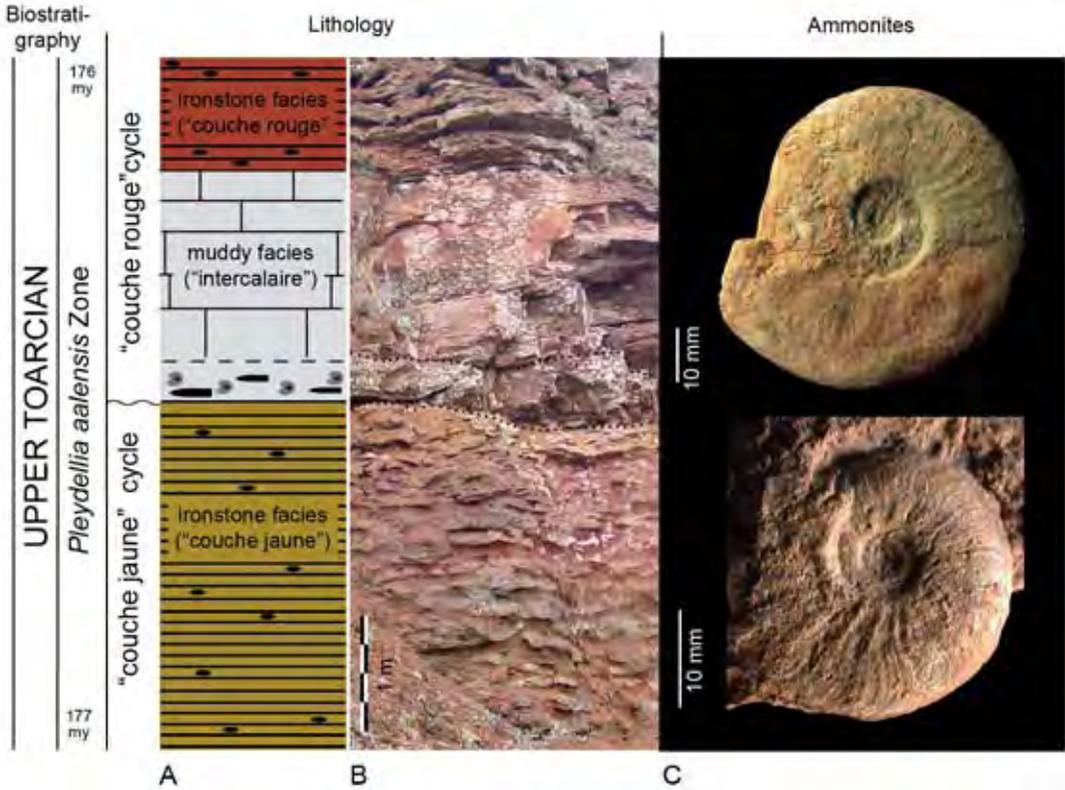


Fig. 3: Stratigraphy of the Haard section. A) Idealized section. B) Photograph of the section (dotted line = base of the "Couche Rouge" Cycle). C) *Canavarina venustula* (specimen Mhnl DOT192; above) and *Pleydellia buckmani* (specimen Mhnl DOT193; below), both from the base of the "Couche Rouge" Cycle.

Systematic Palaeontology

Subclass Coleoidea Bather, 1888

Superorder Vampyropoda Boletzky, 1992

Order Octobrachia Fioroni, 1981

Suborder Teudopseina Starobogatov, 1983

Remarks: Long time, fossil gladii were assigned to the decabrachiate order Teuthida ("fossil teuthids"). This classification has first been challenged by Bandel & Leich (1986), because they recognised that arm crowns preserved in association with gladii never show more than eight arms. Meanwhile, numerous studies on soft part morphologies support their assumption that fossil gladii - and particularly those of the Teudopseina - rather belong to the Octobrachia (Engeser & Keupp 1999; Donovan, Doguzhaeva & Mutvei 2003; Fuchs, Keupp & Engeser 2003; Klug et al. 2005; Fuchs 2006a,b; Fuchs, Engeser & Keupp

2007; Fuchs, Klinghammer & Keupp 2007; Fuchs 2009; Fuchs & Weis 2009; 2010).

Family Teudopsidae van Regteren Altena, 1949

Genus *Teudopsis* Eudes-Deslongchamps, 1835

Type species: *Teudopsis bunelii* Eudes-Deslongchamps, 1835 (subsequently designated by Woodward 1851-56: 69)

Assigned species: *Teudopsis bunelii* Eudes-Deslongchamps, 1835; *Teudopsis bollensis* Voltz, 1836; *Teudopsis subcostata* (Münster, 1843); *Teudopsis cadominensis* Hall & Neumann, 1989; *Teudopsis jeletzkyi* Riccardi, 2005.

***Teudopsis bunelii* Eudes-Deslongchamps, 1835**

Fig. 4A-C

For synonymy lists see Engeser (1988) or Fuchs & Weis (2010)

Material: one specimen (catalogue number DOT189); housed in the Musée national d'histoire

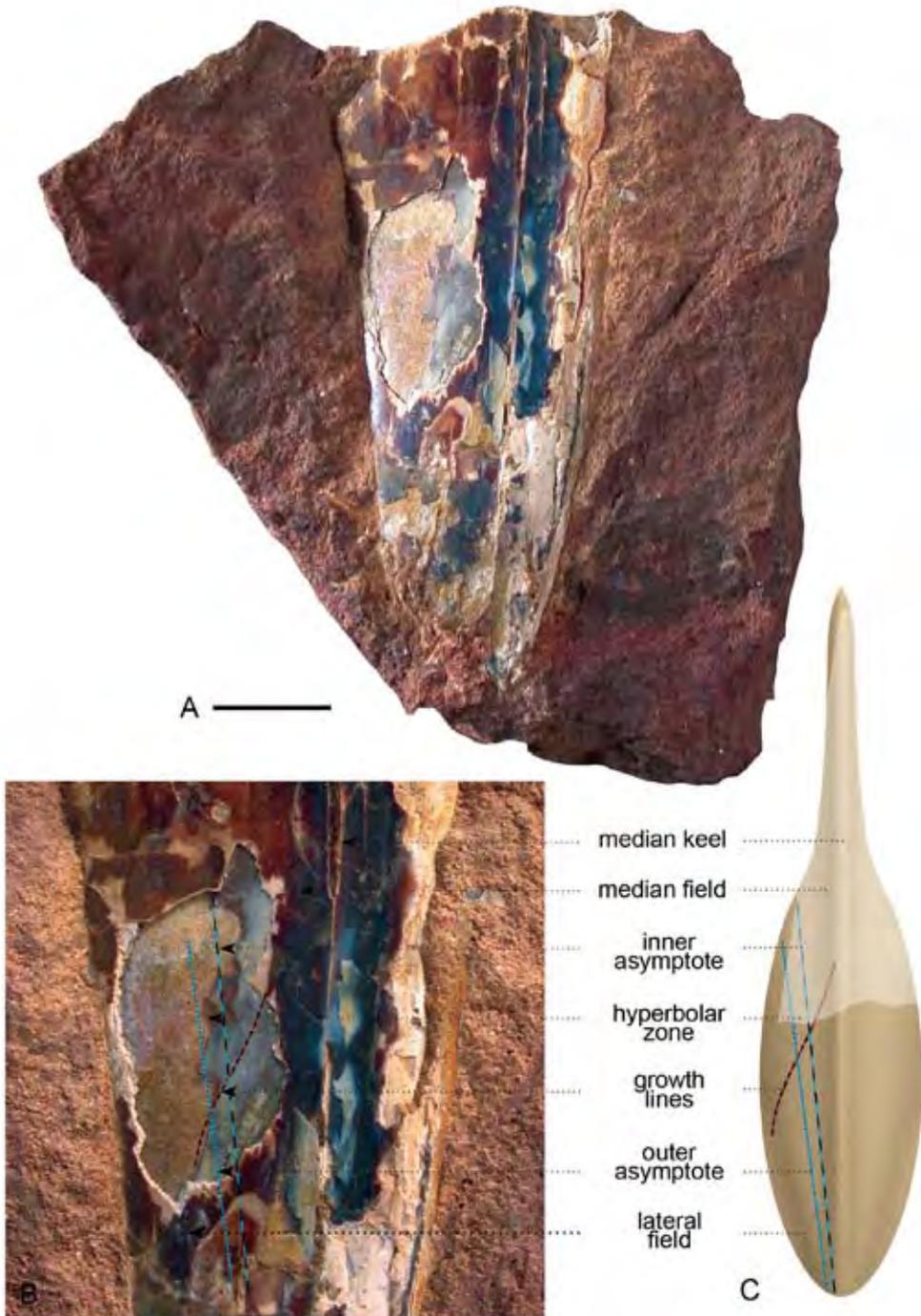


Fig. 4: *Teudopsis bunelii* Eudes-Deslongchamps, 1835. A) Specimen MnhnL DOT189, gladius in dorsal aspect, Haard near Dudelange, Minette Formation, Late Toarcian, *Pleydellia aalensis* Zone; scale bar = 10 mm. B) close-up of A) to show the growth lines visible on the lowermost (ventral) layer. C) 3-D-reconstruction of the gladius.

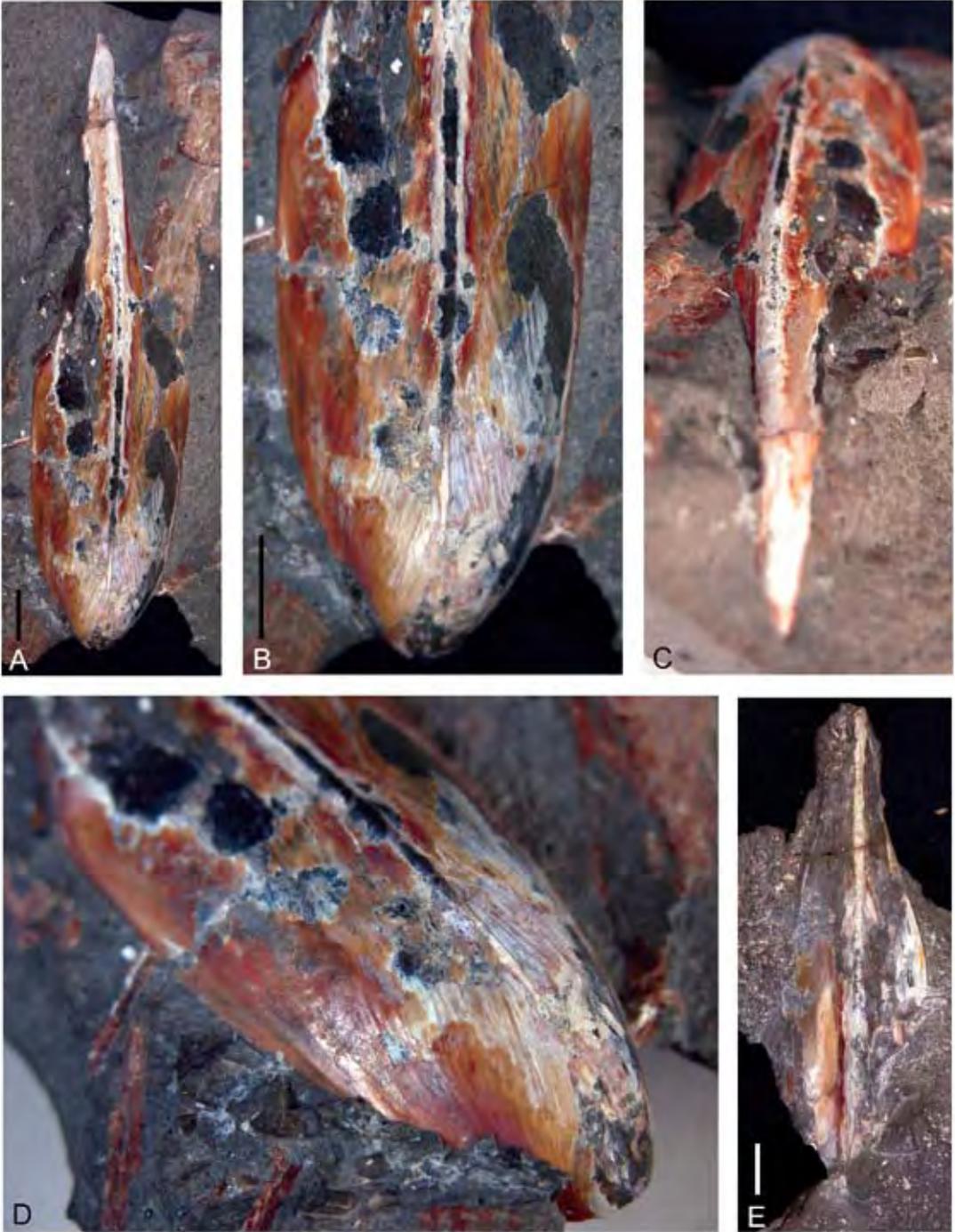


Fig. 5: *Teudopsis bunelii* Eudes-Deslongchamps, 1835. A) Specimen TV234 (MnhnL), three-dimensionally preserved gladius in dorsal aspect, Dudelange, Early Toarcian, *Harpoceras falciferum* Zone; scale bar = 10 mm. B) Close-up of A) to show the course of growth lines. C) Same specimen in frontal aspect. D) Same specimen in posterolateral aspect. E) A gladius from the collection of Etienne Streitz (Itzig), Dudelange, Lower Toarcian, *Harpoceras falciferum* Zone; scale bar = 10 mm.

naturelle Luxembourg (MnhnL); Minette Formation, Late Toarcian (*Pleydellia lugdunensis* Subzone, *Pleydellia aalensis* Zone) of the "Haard" nature reserve near Dudelange (southern Luxembourg).

Description: DOT189 preserves a fragment of a gladius (Fig. 4A). The fragment is 58 mm in length and 25 mm in maximum width. It represents the posterior part of a gladius. The anterior part is missing. A delicate keel present on the median field indicates the dorsal view of the gladius. While the right half has suffered a strong lateral compression, the left half is only slightly flattened in dorsoventral direction. As a gladius is a bilateral construction, the morphology of the strongly distorted right half can be reconstructed along the median axis, i.e. along the delicate keel.

The gladius is multi-layered in cross-section. The uppermost (dorsal) layer exhibits no growth increments, whereas the lowermost (ventral) layer exhibits some faint growth lines (Fig. 4B). These can be observed near the transition median field - hyperbolar zone - lateral field where dorsal layers are missing. According to the growth lines, the hyperbolar zone is weakly curved and the anterior median field meets the median keel with an inward curved arc. Due to the weak curvature both inner and outer asymptotes are indistinct (Fig. 4C).

Comparison: Growth lines unambiguously indicate that the anterior gladius end of specimen DOT189 is clearly pointed, a feature that is considered to be an apomorphy of the Teudopseina by Fuchs & Weis (2010). Both the Loligosepiina and the Prototeuthidina, in contrast, are typified by a triangular median field with a more or less straight anterior end (Fuchs, Klinghammer & Keupp 2007; Fuchs & Weis 2008; 2010). Relationships with Trachyteuthididae are unlikely, because specimen DOT189 lacks the typical granules on the dorsal gladius surface (Fuchs 2006a; Fuchs, Engeser & Keupp 2007; Fuchs & Weis 2009). An inward curved anterior median field, as present in specimen DOT189, refers to a narrow and sharply pointed (rachis-like) anterior median field. This diagnostic feature is similar to Palaeololiginidae and Muensterellidae. Affinities with muensterellids can be excluded because members of this taxon

possess patella- (cap-) like posterior gladii. Palaeololiginids differ from specimen DOT189 in having a pronounced median keel, strongly curved hyperbolar zones and wing-like lateral fields (Engeser & Keupp 1999; Fuchs 2006c; 2009; Fuchs & Weis in press). Specimen DOT189 is most similar to *Teudopsis bunelii* (Fig. 5A-E) from the Lower Toarcian of Europe, which is characterised by a rachis-like anterior gladius shape, a delicate median keel and weakly curved hyperbolar zones. *Teudopsis bollensis*, *T. subcostata*, *T. cadominensis* and *T. jeletzkyi* differ from *Teudopsis bunelii* by a distinctly wider anterior median field, a strongly curved hyperbolar zone and a pronounced dorsal keel.

Stratigraphic and geographic distribution: Early Toarcian (*Harpoceras falciferum* Zone) of Normandy (France), Luxembourg and South Germany - Late Toarcian (*Pleydellia aalensis* Zone) of Luxembourg.

Discussion

Specimen DOT189 is attributed to *Teudopsis bunelii* mainly on the basis of growth increments that indicate a rachis-like anterior median field and a weakly curved hyperbolar zone. The present record demonstrates that a comparatively small spot of visible growth lines are sufficient to reconstruct the diagnostic parts of the gladius and to provide a reliable species identification.

To date, no Late Toarcian gladii are known from the literature. Specimen DOT189 therefore might represent the worldwide first record of a Late Toarcian gladius. The holotype of *Teudopsis bunelii* and all subsequent records of this species come from Early Toarcian (*Harpoceras falciferum* Zone; c. 181 my) strata. Accordingly, specimen DOT189 extends the stratigraphic distribution of *Teudopsis bunelii* to the Late Toarcian (c. 176my).

Specimen DOT189 certainly represents a lucky find among thousands of fossils, on the other hand, it is likely that comparable gladius fragments from similar localities have been collected and erroneously identified as other fossils (e.g. pieces of fossil wood) or simply neglected.

Acknowledgments

We are grateful to an anonymous reviewer for important stratigraphic details and a thorough review of the manuscript. Dr. Günter Schweigert (Stuttgart) kindly determined the ammonites.

References

- Bather F. A. 1888. - Shell-growth in Cephalopoda (Siphonopoda). *Annals and Magazine of Natural History* 6 (1): 421-427.
- Bandel K. & Leich H. 1986. Jurassic Vampyromorpha (dibranchiate cephalopods). - *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte* 1986 (3): 129-148.
- Boletzky S. v. 1992. - Evolutionary aspects of development, life style, and reproduction mode in incirrate octopods (Mollusca, Cephalopoda). *Revue Suisse de Zoologie* 4: 755-770.
- Donovan D. T., Doguzhaeva L. A. & Mutvei H. 2003. - Two pairs of fins in the Late Jurassic Coleoid *Trachyteuthis* from southern Germany. *Berliner Paläobiologische Abhandlungen* 3: 91-99.
- Elmi S., Rulleau L., Gabilly J. & Mouterde R. 1997. - Ammonites. 4. - Toarcien, 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 des Recherches Elf Exploration-Production, Mémoires, 17: 25-36.
- Engeser T. 1988. - Vampyromorpha ("Fossile Teuthiden"), in Westphal F. (ed), *Fossilium Catalogus. I: Animalia*. Amsterdam, Kugler Publications: 1-167.
- Engeser T. & Keupp H. 1999. - Zwei neue vampyromorphe Tintenfische (Coleoidea, Cephalopoda) aus dem oberjurassischen Solnhofener Plattenkalk von Eichstätt. *Archaeopteryx* 17: 21-32.
- Eudes-Deslongchamps E. 1835. - Mémoire sur les Teudopsides, animaux fossiles, voisins des calmars. *Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie* 5: 68-78.
- Fioroni P. 1981. - Die Sonderstellung der Sepioliden, ein Vergleich der Ordnungen der rezenten Cephalopoden. *Zoologische Jahrbücher, Systematik* 108: 178-228.
- Fuchs D. 2006a. - Fossil erhaltungsfähige Merkmalskomplexe der Coleoidea (Cephalopoda) und ihre phylogenetische Bedeutung. *Berliner Paläobiologische Abhandlungen* 8: 1-115.
- Fuchs D. 2006b. - Re-description of *Doryanthes munsterii* (D'Orbigny, 1845), a poorly known coleoid cephalopod from the Upper Jurassic (Tithonian) Solnhofen Plattenkalks. *Archaeopteryx* 24: 79-88.
- Fuchs D. 2006c. - Diversity, Taxonomy and Morphology of vampyropod Coleoids (Cephalopoda) from the Upper Cretaceous of Lebanon. *Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano* 34 (II): 1-28.
- Fuchs D. 2007. - Coleoid cephalopods from the plattenkalks of the Upper Jurassic of Southern Germany and the Upper Cretaceous of Lebanon - a faunal comparison. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 245 (1): 59-69.
- Fuchs D. 2009. - Octobranchia - a diphyletic taxon? *Berliner Paläobiologische Abhandlungen* 10: 181-192.
- Fuchs D., Bracchi G. & Weis R. 2009. - New records of octopods (Cephalopoda: Coleoidea) from the Late Cretaceous (Upper Cenomanian) of Hakel and Hadjoula (Lebanon). *Palaeontology* 52 (1): 56-81.
- Fuchs D., Engeser T., & Keupp H. 2007. - *Gladius* shape variation in coleoid cephalopod *Trachyteuthis* from the Upper Jurassic Nusplingen and Solnhofen Plattenkalks. *Acta Palaeontologica Polonica* 52 (3): 575-589.
- Fuchs D., Keupp H. & Engeser T. 2003. - New records of soft parts of *Muensterella scutellaris* Münster, 1842 (Coleoidea) from the Late Jurassic Plattenkalks of Eichstätt and their significance for octobranchian relationships. *Berliner Paläobiologische Abhandlungen* 3: 101-111.
- Fuchs D., Klinghammer A. & Keupp H. 2007. - Taxonomy, morphology and phylogeny of plesiot euthidid coleoids from the Upper Jurassic (Tithonian) Plattenkalks of Solnhofen. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 245 (2): 239-252.

- Fuchs D. & Weis R. 2008. - Taxonomy, morphology and phylogeny of Lower Jurassic loligosepiid coleoids (Cephalopoda). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 249 (1): 93-112.
- Fuchs D. & Weis R. 2009. - A new Cenomanian (Late Cretaceous) coleoid (Cephalopoda) from Hâdjoula, Lebanon. *Fossil Record* 12 (2): 175-181.
- Fuchs D. & Weis R. 2010. - Taxonomy, morphology and phylogeny of Lower Jurassic teudosepid coleoids (Cephalopoda). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*. Doi: 10.1127/0077-7749/2010/0083
- Guérin-Franiatte S. & Weis R. 2010. - Le passage Aalénien-Bajocien près de Rumelange: la série biostratigraphique dans le Bassin d'Esch-sur-Alzette (Grand-Duché de Luxembourg). *Ferrantia* (this volume).
- Hall R. L. & Neuman A. G. 1989. - *Teudopsis cadominensis*, a new teuthid squid from the Toarcium (Lower Jurassic) of Alberta. *Journal of Paleontology* 63(3): 324-327.
- Klug Ch., Schweigert, G., Dietl, G. & Fuchs, D. 2005. - Coleoid beaks from the Nusplingen Lithographic Limestone (Upper Kimmeridgian, SW Germany). *Lethaia* 38: 173-192.
- Lucius M. 1945. - Die Luxemburger Minetteformation und die jüngeren Eisenerzbildungen unseres Landes. *Publications du Service Géologique du Luxembourg* 4: 1-347.
- Maubeuge P. L. 1947. - Sur quelques ammonites de l'Aalénien ferrugineux du Luxembourg et sur l'échelle stratigraphique de la formation ferrifère franco-belgo-luxembourgeoise. *Archives de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg*, nouvelle série 17: 73-87.
- Maubeuge P. L. 1955. - Observations géologiques dans l'est du Bassin de Paris. Tome 1-2. 1082 pp. Nancy.
- Maubeuge P. L. 1972. - Études stratigraphiques sur la formation ferrifère de Lorraine et ses mortsterrains. Metz, Nancy, 487 p.
- Münster G. G. z. 1843. - Die schalenlosen Cephalopoden im unteren Jura, den Lias-Schiefern von Franken und Schwaben. *Beiträge zur Petrefaktenkunde* 6: 57-77.
- Regteren Altena C. O. v. 1949. - Teyler's Museum systematic catalogue of the palaeontological collection - sixth supplement (Teuthoidea). *Archives du Musée Teyler* 3. Serie (10): 53-62.
- Reitner J. 1978. - Ein Teuthiden-Rest aus dem Obenor (Kössener Schichten) der Lahnewies-Neidernachmulde bei Garmisch-Partenkirchen (Bayern). *Paläontologische Zeitschrift* 52: 205-212.
- Riccardi A. C. 2005. - First teuthid cephalopod from the Lower Jurassic of South America (Neuquén Basin, Argentina). *Geologica Acta* 3 (2): 179-184.
- Siehl A. & Thein J. 1989. - Minette-type ironstones, in Young T. P. & Taylor W. E. G. (eds.), *Phanerozoic ironstones*. *Geological Society Special Publication* 46: 175-193.
- Starobogatov Y. I. 1983. - The System of the Cephalopoda, in Starobogatov, Y. I. & Nesis, K. N. (eds), *Taxonomy and ecology of Cephalopoda: 4-7*, Leningrad (Zoological Institute, USSR Academy of Sciences).
- Thein J. 2005. - The Minette, in Hanzo M. (ed.), *L'Hettangien à Hettange, de la science au patrimoine*, 1-3 avril 2005. *Field excursion guide*. Nancy, Université Henri Poincaré: 1-10.
- Voltz P. L. 1836. - Notice sur les rapports des Bélemnites avec d'autres coquilles internes de Céphalopodes. - *L'Institut, journal général des sociétés et travaux scientifiques de la France*, 1 ère section 147: 148-149.
- Waterlot G., Beugnies A. & Bintz J. 1973. - Ardenne - Luxembourg. *Guides géologiques régionaux*. 206 pp. Masson, Paris.
- Weis R. 1999. - Die Belemniten der Minette-Formation (ob. Toarcium - ob. Aalenium) Luxemburgs, in Delsate D., Duffin C. & Weis R. (eds.), *Les collections paléontologiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg*. *Fossiles du Trias et du Jurassique*. *Travaux Scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg*, 32: 207-246.
- Weis R. & Mariotti N. 2007. - A belemnite fauna from the Aalenian-Bajocian boundary beds of the Grand-Duchy of Luxembourg (NE Paris Basin). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 46 (2-3): 149-174.
- Woodward S. P. 1851. - *Manual of the Mollusca*. 488 pp. Weale, London.

Le passage Aalénien-Bajocien près de Rumelange: la série biostratigraphique dans le Bassin d'Esch-sur-Alzette (Grand-Duché de Luxembourg)

Simone Guérin-Franiatte

33, rue de la Persévérance
F-54500 Vandoeuvre-lès-Nancy

Robert Weis

Musée national d'histoire naturelle, Section Paléontologie
25, rue Münster
L-2160 Luxembourg-Grund
rweis@mnhn.lu

Mots-clés: Aalénien, Bajocien, Biostratigraphie, Ammonites, Bélemnites, Rumelange, Luxembourg

Résumé

Les fouilles organisées en 2002 au Hutberg, près de Rumelange, par le Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg ont permis de réactualiser le cadre lithostratigraphique et biostratigraphique des couches marquant le passage de l'Aalénien au Bajocien dans le bassin ferrifère d'Esch-sur-Alzette. Les formations sédimentaires traversées sont ici stratigraphiquement redéfinies. Les 21 espèces et sous-espèces d'ammonites récoltées *in situ* permettent d'établir le cadre biostratigraphique précis de l'ensemble: *Staufenia*

sehndensis, *Ludwigia munchisonae*, *Brasilia bradfordensis*, *B. falcifera*, *B. deleta*, *B. gigantea*, *B. similis*, *B. similis maubeugei*, *B. similis tutcheri*, *B. rustica*, *Graphoceras concavum*, *G. cornu*, *G. rudis*, *G. decorum*, *G. formosum*, *G. limitatum*, *G. aff. fallax*, *Reynesella piodes*, *R. aspera*, *Hyperlioceras sp.*, *H. desori*. L'inventaire de la faune prend en compte les autres groupes fossiles et plus particulièrement les bélemnites, dont les 4 espèces présentes (*Brevibelus breviformis*, *B. gingensis*, *Homaloteuthis murielae*, *Holcobelus blainvillii*) corroborent les données apportées par les ammonites.

Keywords: Aalenian, Bajocian, Biostratigraphy, Ammonites, Belemnites, Rumelange, Luxembourg

Abstract

Paleontological field work carried out in 2002 at the Hutberg site nearby Rumelange by collaborators of the National Museum for Natural History Luxembourg has permitted to update the lithostratigraphic and biostratigraphic setting of the Aalenian-Bajocian transitional beds in the Esch-sur-Alzette ferrous basin. The sedimentary formations outcropping at the site are stratigraphically redefined. The 21 ammonite species and sub-species recorded *in situ* allow assigning a detailed biostratigraphic position to the lithologic

units: *Staufenia sehndensis*, *Ludwigia munchisonae*, *Brasilia bradfordensis*, *B. falcifera*, *B. deleta*, *B. gigantea*, *B. similis*, *B. similis maubeugei*, *B. similis tutcheri*, *B. rustica*, *Graphoceras concavum*, *G. cornu*, *G. rudis*, *G. decorum*, *G. formosum*, *G. limitatum*, *G. aff. fallax*, *Reynesella piodes*, *R. aspera*, *Hyperlioceras sp.*, *H. desori*. The faunistic inventory takes into consideration also other fossil groups, and especially the 4 belemnite species (*Brevibelus breviformis*, *B. gingensis*, *Homaloteuthis murielae*, *Holcobelus blainvillii*) who confirm the biostratigraphic data given by ammonites.

Schlüsselwörter: Aalenium, Bajocium, Biostratigraphie, Ammoniten, Belemniten, Rümelingen, Luxemburg

Zusammenfassung

Die paläontologische Grabung durch Mitarbeiter des Nationalen Museums für Naturgeschichte Luxemburg am Hutberg bei Rümelingen 2002 erbrachte neue Erkenntnisse zur lithostratigraphischen und biostratigraphischen Einordnung der Aalenium-Bajocium Übergangsschichten im eisenerzführenden Becken von Esch-sur-Alzette. Die anstehenden sedimentologischen Einheiten werden stratigraphisch neu definiert. Die 21 *in situ* geborgenen Ammonitenarten und -unterarten erlauben eine präzise biostratigraphische Einordnung der lithologischen

Einheiten: *Staufenia sehndensis*, *Ludwigia murchisonae*, *Brasilia bradfordensis*, *B. falcifera*, *B. deleta*, *B. gigantea*, *B. similis*, *B. similis maubeugei*, *B. similis tutcheri*, *B. rustica*, *Graphoceras concavum*, *G. cornu*, *G. rudis*, *G. decorum*, *G. formosum*, *G. limitatum*, *G. aff. fallax*, *Reynesella piodes*, *R. aspera*, *Hyperlioceras sp.*, *H. desori*. Das faunistische Inventar erwähnt ebenfalls andere Fossilgruppen, insbesondere die 4 Belemnitenarten (*Brevibelus breviformis*, *B. gingensis*, *Homaloteuthis murielae*, *Holcobelus blainvillii*), welche die stratigraphischen Befunde der Ammoniten bestätigen.

L'affleurement et son cadre géologique

Le site du Hutberg / Holleschberg est situé au Nord-Ouest de la ville de Rumelange (Fig. 1). Il correspond à un complexe d'anciennes carrières à ciel ouvert où on exploitait le minerai de fer oolithique, la "Minette" luxembourgeoise. Abandonné depuis les années 1970, la végétation commence à envahir le site, mais actuellement les observations géologiques restent encore possibles (Fig. 2).



Fig 1: Carte géologique du Bassin d'Esch-sur-Alzette, avec localisation du site du Hutberg, près de Rumelange.

La coupe exposée débute avec la couche grise de la formation ferrifère (Toarcien supérieur, zone à Aalensis) et se poursuit dans l'Aalénien avec les séquences typiques du Bassin d'Esch-sur-Alzette (Lucius 1945: 93; Thein 1975) jusqu'à la couche rouge sableuse (Fig. 3, niveau I). La formation ferrifère se termine par le conglomérat du Katzenberg (=Dachsandstein de Lucius) (niveaux II et III) sur lequel repose une surface d'émergence avec cailloux plats, typiquement taraudés, recouverts de serpules et d'huîtres (niveau IV).

Ce cailloutis a été analysé par Cayeux (dans Lucius 1945: 93) qui a pu montrer que la structure des oolithes ferrugineuses contenues dans les cailloux plats était différente de celle des oolithes de la Minette sous-jacente. Il en conclut qu'il s'agit de restes provenant de couches intermédiaires érodées. On a donc, là, une importante lacune qui affecte une partie de l'Aalénien inférieur et moyen. L'ampleur de cette lacune reste l'objet de nombreux points d'interrogation (Maubeuge 1953: tabl. E).

Le conglomérat du Katzenberg est recouvert par la couche rouge marno-sableuse (niveaux IV, V), témoin d'une transgression marine et qui contient deux niveaux à nodules. Elle renferme une riche faune d'ammonites et a été communément appelée "couche à Concavus". Cette couche est aisément repérable sur les versants sud et nord du Holleschberg où elle forme un plateau artificiel, les marnes micacées grises sus-jacentes (Bajocien inférieur) ayant été partiellement évacuées pour éviter des glissements de terrain.

Au-dessus des marnes micacées, les premiers bancs calcaires indiquent les couches à *Sonninia*.



Fig. 2: Aspect actuel du site; à gauche, vue d'ensemble de l'affleurement; à droite, détail de la base de la coupe.

Plus haut la coupe se termine avec les calcaires compacts de Haut-Pont (Bajocien inférieur) qui forment le sommet du Holleschberg.

Le site est depuis plus de 30 ans un point d'attraction pour les collectionneurs de la région. Pendant l'été 2002, le Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg et ses collaborateurs scientifiques ont effectué une série de fouilles minutieuses afin de réactualiser les connaissances sur les couches marquant le passage de l'Aalénien au Bajocien. Le site a fourni d'importantes données nouvelles concernant la série lithostratigraphique et la séquence biostratigraphique. Ces premiers résultats seront exposés ici. L'étude de la faune associée aux ammonites et aux bélemnites (gastéropodes, échinodermes, bivalves...) n'est pas encore terminée et fera l'objet de publications ultérieures. Une étude systématique complète de la faune de bélemnites du site du Hutberg, avec description d'une espèce nouvelle, *Homaloteuthis murielae* n. sp., est fournie par Weis & Mariotti (2007).

Notons en outre qu'une étude récente sur les oursins du Bajocien de la région de Rumelange (Thuy 2003) ne concerne pas la zone de passage Aalénien-Bajocien. Il s'agit d'une faune provenant des calcaires et marnes d'Audun-le-Tiche, niveaux situés au-dessus des calcaires de Haut-Pont, c'est-à-dire plus haut dans le Bajocien inférieur, dans la zone à Humphriesianum. La zone à Humphrie-

sianum de la région de Rumelange a livré également de nombreuses bélemnites, étudiées par Weis (2006).

Les couches à Concavum-Murchisonae au Luxembourg - Historique rapide

La littérature ancienne n'est pas très claire sur la délimitation des couches dites à Concavum au Grand-Duché. Très généralement, les ammonites du genre *Ludwigia* (incluant les *Brasilia* de la nomenclature actuelle) ont été citées avec les *Graphoceras*. Il semblerait donc qu'au Luxembourg, il ne soit pas possible de distinguer, dans l'Aalénien supérieur, une zone à Concavum au-dessus de la zone à Murchisonae (Aalénien moyen).

On retiendra que Klüpfel (1918), dont le travail sur le Jurassique lorrain intéresse également le Luxembourg, reste le seul auteur à avoir clairement séparé les formes de la zone à Concavum de celles de la zone à Murchisonae. Ainsi, pour la région nord de la Lorraine (incluant les gisements luxembourgeois) il sépare les couches à Murchisonae (couche rouge sableuse), le conglomérat de Katzenberg (=le grès faitier, équivalent du Dachsandstein de Lucius) et les marnes arénacées à Bradfordense

(= couche rouge marno-sableuse de Laux). Ces dernières contiennent, selon les déterminations de Klüpfel, exclusivement des "*Ludwigia*" (= *Brasilia*) dont *L. bradfordense*. Les *Graphoceras* semblent y faire défaut.

Pourtant, *Lioceras* (= *Graphoceras*) *concovum* a été cité ultérieurement au Luxembourg par Laux (1922) dans la couche rouge marno-sableuse du bassin d'Esch-sur-Alzette. Mais un examen de quelques ammonites fragmentaires provenant du matériel original de Laux conservé au MnhnL a montré que ces déterminations sont discutables.

Pour Klüpfel, *Graphoceras concovum* existe en Lorraine centrale, dans un niveau conglomératique à Marbache. Ce dernier est d'extension régionale limitée et se trouve remplacé en d'autres endroits, en Lorraine, par les marnes de Ternel, peu puissantes avec "*Ludwigia* sp." (= *Ludwigella* ? = *Graphoceras*). Il donne une coupe près d'Esch-sur-Alzette, donc proche de Rumelange, avec la séquence suivante: Conglomérat du Katzenberg - Marnes à Bradfordense - Marnes de Ternel - Marnes micacées.

Le conglomérat du Katzenberg et les marnes à Bradfordense appartiennent, selon la biostratigraphie actuelle, à la zone à Murchisonae, les marnes de Ternel à la zone à Concavum et les marnes micacées à la zone à Discites (Bajocien inférieur). C'est à peu près la zonation qui a pu être mise en évidence dernièrement au Hutberg.

Dans son gros travail sur la Minette luxembourgeoise, Lucius (1945: 85) reprend les conclusions de Laux, et insiste sur le fait que les *Ludwigia murchisonae* se trouvent associées à *Lioceras* (= *Graphoceras*) *concovum*. Il décrit un profil situé au bord de la route Esch-Rumelange (*ibid.*: 91), mettant à nu le conglomérat de Katzenberg et les "couches à Concavum" (= couche rouge marno-sableuse) avec deux niveaux de nodules livrant *Ludwigia bradfordense* et *Lioceras concovum*. Un niveau correspondant aux marnes de Ternel n'y est pas mentionné.

La description d'une coupe dans le bassin de Differdange (*ibid.*: 92, ciel-ouvert Providence) livre les mêmes conclusions paléontologiques. Le conglomérat du Katzenberg y prend toutefois un aspect régional différent: c'est le conglomérat du Titelberg.

Maubeuge, en 1947, regroupe les zones à *Ludwigella concava* et *Ludwigia murchisonae*, puis dans son volumineux travail sur les terrains secondaires de Lorraine il donne la séquence suivante pour le bassin de Briey et Esch (1955, p. 674, tableau E): Couche rouge sableuse - Conglomérat ferrugineux - Couche rouge marno-sableuse à *Ludwigella* - Marnes à nodules phosphatés à *Ludwigella* - Marnes micacées à *Hyperlioceras discites*.

En s'appuyant sur la faune recueillie, il attribue la couche rouge marno-sableuse à la zone à Concavum / Murchisonae et les marnes micacées à la zone à Discites.

Dans un ouvrage plus récent sur la Formation ferrifère et ses morts-terrains il considère que "Le toit de l'Aalénien aussi bien que la base du Bajocien restent impossible à préciser dès qu'on quitte la lithostratigraphie. Les faunes de la zone à Concavum montent dans la zone à Discites" (1972: 473).

Il est évident que les variations des observations locales rendent difficiles une synchronisation des couches. Mais au Hutberg on bénéficie d'une série assez puissante et on a pu y distinguer plusieurs zones et sous-zones d'ammonites. Les formes de la zone à Concavum et celles de la zone à Murchisonae se trouvent, là, manifestement dans des niveaux bien séparés.

Le profil lithostratigraphique relevé au Hutberg - Inventaire de la faune

Deux coupes combinées, d'une hauteur totale d'environ 15 m, distantes de 100m et situées respectivement aux points suivants, a) Est: 69464, Nord: 59210; b) Est: 69464, Nord 59159 donnent, de haut en bas, la série litho-biostratigraphique suivante (Fig. 3):

X.

> 5m: Marne micacée identique à celle du niveau VIII, avec faune occasionnelle.

IX. (échantillonnage 10)

0,10 m: Niveau conglomératique lenticulaire à petites concrétions phosphoritiques (parfois criblées de fossiles: brachiopodes minuscules,

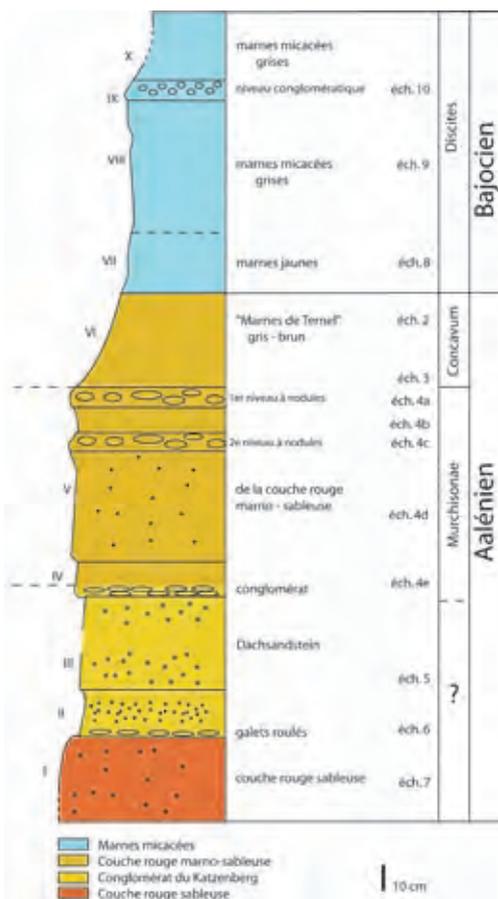


Fig. 3: Le profil lithostratigraphique relevé au Hutberg, au passage Aalénien-Bajocien. Unités lithologiques selon la carte géologique du Luxembourg, avec les niveaux repères utilisés ici. Échantillonnages paléontologiques.

fragments de bivalves et serpules). Bélemnites roulées, encroûtées de serpules. Faunule au tamisage.

Gastéropodes: cf. *Bathrotomaria*, *Pleurotomaria*, *Eucyclus*, *Amphitrochus*, *Ueckerconulus*.

Crinoïdes: *Cyclocrinus*, *Chariocrinus*.

Dents: de reptiles marins et de requins comme *Asteracanthus*

Eponges, coraux minuscules, brachiopodes divers, bryozoaires.

Bivalves: *Chlamys*, *Palaeonucula*, *Modiolus*, *Myophorella*, *Tancredia*, *Oxytoma*.

Plaques marginales d'astérides (*Astropectinidae*). Radioles et plaques d'oursins: *Nenoticidaris zschokkiei* (Cotteau), cf. *Dickesidaris ehmanni* Thuy, cf. *Heterocidaris trigeri* (Cotteau), *Caenocidaris* sp.

Nuclei et fragments roulés d'ammonites: *Graphoceras* aff. *fallax* (Buckman), *Graphoceras* sp., *Reynesella* sp. Récoltés par M. Haas: *G. limitatum* (Buckman), *R. aspera* (Buckman), *Hyperlioceras desori* (Moesch), *Toxolioceras* sp.

Zone: Base de la zone à Discites, sous-zone à Walkeri.

VIII. (échantillonnage 9)

0,85 m: Marne grise, micacée, à petits nodules phosphoritiques, légèrement fossilifère.

Bivalves: *Mytiloceramus polyplucus* (Roemer), *Myophorella*, *Modiolus*, *Oxytoma*, *Astarte*, *Parvamussium pumilum* (Lamarck), *Pinna*, *Pholadomya*.

Gastéropodes, très rares bélemnites indét.

Petites ammonites parfois pyritisées: *Reynesella piodes* Buckman, *Reynesella* sp. A, *Reynesella* sp. B.

Zone: Base de la zone à Discites, sous-zone à Walkeri.

VII. (échantillonnage 8)

0,40 m environ, passage continu à VIII: Marne jaune à grisâtre.

Bryozoaires, huitres, brachiopodes.

Bivalves: *Inoperna*, *Liostrea*, *Gryphaea*.

Bélemnite (un exemplaire): *Brevibelus gingensis* (Oppel).

Zone: Base de la zone à Discites, datée par la bélemnite.

VI. (échantillonnages 2 et 3)

0,60 m: Marne grise-brunâtre, par endroits jaunâtre, avec oolithes.

Bivalves fousseurs très nombreux: *Pholadomya*, *Gresslya*, *Pleuromya*, *Goniomya*, *Pinna*, *Inoperna*, *Plagiostoma*, *Oxytoma*, *Parvamussium pumilum* (Lamarck), *Entolium*, *Liostrea*, *Myophorella*, *Trigonia*, cf. *Protocardia*, *Grammatodon*.

Rares concrétions contenant: des ossements d'ichthyosaure, des vertèbres de crocodilien, une dent de poisson: *Asteracanthus magnus* (Agassiz), de rares bryozoaires, des brachiopodes minuscules.

Présence de vers (Serpules): *Sarcinella plexa* (Sowerby), d'ichnofaune: *Zoophycos scoparius* (Thiollière).

Bélemnites très nombreuses: *Homaloteuthis murielae* Weis & Mariotti, *Brevibelus breviformis* (Voltz), *Brevibelus* aff. *breviformis* (Voltz), *Holcobelus blainvillii* (Voltz).

Ammonites: *Graphoceras formosum* (Buckman), *Graphoceras concavum* (Sowerby), *Graphoceras rudis* (Buckman), *Graphoceras cornu* (Buckman), *Graphoceras decorum* Buckman, *Graphoceras* sp.

Zone: Zone à Concavum, sous-zones à Formosum et Concavum.

V. (échantillonnage 4 a-d)

1,10 m: Couche rouge marno-sableuse, oolithique, rouge-brun avec à la base des bancs marneux plus durs et deux niveaux plus calcaires, se débitant en nodules irréguliers, fossilifères. La faune recueillie provient surtout du niveau supérieur à nodules.

Bivalves nombreux: *Pholadomya*, *Gresslya*, *Pleuromya*, *Ceratomya*, cf. *Protocardia*, *Grammotodon*. Brachiopodes, fragments de crustacés, vertèbres de reptiles marins, bois fossile.

Vers: *Sarcinella plexa* (Sowerby).

Nautilés: *Cenoceras* sp.

Bélemnites: *Homaloteuthis* sp., *Brevibelus breviformis* (VOLTZ), *Brevibelus* aff. *breviformis* (VOLTZ), *Holcobelus blainvillii* (VOLTZ).

Les ammonites, nombreuses, bien conservées, souvent encore munies de leur test, ont été extraites de 4 niveaux précis.

- éch. 4a: niveau supérieur à nodules (0,10 m); *Brasilia gigantea* (Buckman), *Brasilia similis* (Buckman) avec les morphotypes *tutcheri* (Buckman) et *maubeugei* Contini, *Brasilia rustica* (Buckman).

Zone à Murchisonae, sous-zone à Gigantea.

- éch. 4b: intermédiaire marno-calcaire (0,20 m); *Brasilia bradfordensis* (Buckman),
- éch. 4c: deuxième niveau à nodules (0,10 m); *Brasilia bradfordensis* (Buckman), *Brasilia falcifera* (Althoff), *Brasilia deleta* (Buckman).

Zone à Murchisonae, sous-zone à Bradfordensis.

- éch. 4d: marno-calcaire rouge-brun foncé avec, à la base, des bancs plus durs et quelques nodules (0,70 m); *Ludwigia murchisonae* (Sowerby).

Zone à Murchisonae, sous-zone à Murchisonae.

IV. (échantillonnage 4e)

0,20 m: Base de la couche rouge marno-sableuse oolithique, rouge-brun avec reflets violets, se cassant en blocs. A la base, niveau conglomératique avec petits galets de quartz et par endroits surface d'émersion incrustée de serpules et d'huitres. Il

s'agit de la partie supérieure du "conglomérat du Katzenberg" de Lucius.

Bivalves aux tests brisés: *Plagiostoma*, *Myophorella*, *Trigonia*.

Radioles et plaques d'oursins.

Bélemnite (1 exemplaire): *Mesoteuthis* cf. *beneckeii* (Schwegler).

Ammonites rares: *Staufenia sehndensis* (Hoffmann), *Staufenia* sp.

Zone à Murchisonae, sous-zone à Murchisonae.

III. (échantillonnage 5)

4,50 m: Grès beige-brun compact, avec oolithes ("Dachsandstein" de Lucius). Fossiles rares.

II. (échantillonnage 6)

0,30 m: Couche rouge-violette contrastant fortement avec les niveaux I et III; galets roulés à la base, pas de fossiles. Correspond à la partie inférieure du "Conglomérat du Katzenberg" de Lucius.

I. (échantillonnage 7)

> 2 m: Minette, couche rouge sableuse avec oolithes. Bancs coquilliers.

Bivalves: nombreux *Entolium*, *Camptonectes*, "*Lima leesbergi* Branco".

Bélemnites: *Brevibelus breviformis* (VOLTZ), *Mesoteuthis rhenana* (Oppel).

Rares moules internes d'ammonites, roulés et fragmentaires.

Remarques

Dans ce profil, la partie fossilifère particulièrement riche en ammonites et bélemnites concerne les niveaux IV à IX inclus. Elle intéresse surtout la couche rouge marno-sableuse (IV et V) dont l'épaisseur, au Hutberg est de 1,30 m (Aalénien moyen, zone à Murchisonae).

Les marnes gris-brun sus-jacentes (VI, épaisseur 0,60 m) peuvent être considérées comme l'équivalent des marnes de Ternel (Aalénien supérieur, zone à Concavum).

Le Bajocien débute avec les marnes micacées grisâtres des niveaux VII et VIII.

On observe, ici, un passage lithologique et paléontologique qui paraît continu, de l'Aalénien supérieur au Bajocien inférieur. La transgression bajocienne érode la formation ferrugineuse un peu plus à l'Ouest, dans le bassin de Differdange (Bintz et al. 1973). Mais elle ne paraît guère entamer les assises supérieures de l'Aalénien, à l'Est de la faille d'Audun-le-Tiche, dans le bassin d'Esch-Rumelange.

Symboles utilisés

Mensurations de l'ammonite:

D: diamètre de la coquille (en mm).

O: diamètre de l'ombilic (en mm).

H: hauteur du tour au diamètre D (en mm).

E: épaisseur du tour au diamètre D (en mm).

N/2: nombre de côtes par demi-tour de spire au diamètre D, comptées sur le bord interne du tour. (N/4, par quart de tour).

n/2: nombre de côtes par demi-tour de spire au diamètre D, comptées sur le bord externe du tour. (n/4, par quart de tour).

Rapports:

o: indice d'évolution de la coquille, ou diamètre relatif de l'ombilic, = 100 O/D.

h: hauteur relative du tour par rapport au diamètre, = 100 H/D

e: épaisseur relative du tour par rapport au diamètre, = 100 E/D.

l: indice d'épaisseur (ou de largeur) du tour, = 100 E/H.

°: exemplaire figuré dans ce travail.

1. Les *Staufenia* (éch. 4e)

Ce sont les premières ammonites reconnues au sommet du conglomérat de Katzenberg, dans les assises basales de la couche rouge marno-sableuse (niveau IV). Elles appartiennent à la sous-famille des **Leioceratinae**.

***Staufenia sehdensis* (Hoffmann 1913)**

(Contini 1969, p. 32, pl. 12, fig. 4-5; pl. 13, fig. 1-5)

Pl. 1, fig. 1

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>
HU 369 °	60	17,5	25	14,5	29	42	25	58

- Cet exemplaire (don de J. Simon) est un moule interne usé présentant une costulation atténuée et un bord ventral avec une carène érodée, peu tranchante. Les côtes, serrées sur les tours jeunes, vont en s'espacant en fin de spire. Elles comprennent des côtes primaires (ombili-

cales) qui se divisent à mi-flanc en 2 ou 3 côtes secondaires falciformes, fortement arquées. Ce spécimen possède un ombilic s'élargissant un peu plus rapidement que chez les formes du Jura franc-comtois figurées par Contini. Sur ce point, il rappelle une espèce plus précoce, *S. sinon* (Bayle 1878), qui avait été citée par Klüpfel (1918) dans les mêmes niveaux.

- Le n° HU 190 est un fragment appartenant à une ammonite d'environ 45 mm, moins érodé que le précédent. Il montre la partie externe d'un demi-tour avec une section étroite, tranchante et une costulation bien marquée, falciforme, fine et serrée. Il appartient vraisemblablement à la même espèce.

Les *Staufenia* apparaissent, à l'Aalénien moyen, dans la zone à Murchisonae. *S. sehdensis* caractérise un niveau très précis au sein de la sous-zone à Murchisonae. L'espèce arrive en effet avant *Ludwigia murchisonae* dans le Jura (Contini) et également en Allemagne du Nord et en Hongrie. Les récoltes faites au Hutberg, dans le niveau IV, semblent confirmer cette observation.

Toutes les autres ammonites recueillies en place au cours de ce travail sont des **Graphoceratinae**, moins involutes que les **Leioceratinae**, et avec une carène moins prononcée.

2. Les *Ludwigia* s.s. (éch. 4d)

Ce sont de grandes forme épaisses, évolutives, avec un bord ventral large, caréné et une costulation forte sur les tours internes. Une espèce reconnue ici, dans le niveau V.

***Ludwigia murchisonae* (Sowerby 1827)**

(Contini 1969, p. 39, pl. 15, fig. 5)

Pl. 1, fig. 2

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>
HU 371 °	105,5	32	47	26,5	30	45	25	56
HU 237	165	50,5	66	-	30	40		

Les tours internes portent des côtes fermes, proverses laissant plus ou moins poindre un léger tubercule au niveau de leur recouvrement par le tour suivant. Ce tubercule marque le point où les



Planche 1

Aalénien moyen, zone à Murchisonae ; Hutberg. x 1.

Fig. 1: *Staufenia sehdensis* (Hoffmann). HU 369, niv. IV, s.-z. à Murchisonae.

Fig. 2: *Ludwigia murchisonae* (Sowerby). HU 371, niv. V, s.-z. à Murchisonae.

Fig. 3, 4: *Brasilia falcifera* (Althoff). HU 365 et HU 363, niv. V, s.-z. à Bradfordensis.

côtes se divisent en 2 ou 3 côtes secondaires qui prennent alors un tracé falciforme, projeté vers l'arrière. Vers la taille de 100 mm, la costulation s'estompe rapidement et le dernier demi-tour du grand exemplaire est complètement lisse. Par contre, le bord ventral conserve sa carène émoussée jusqu'à la taille de 165 mm. Contrairement au type de Sowerby, ces 2 spécimens du niveau V sont comprimés. L'individu HU 237 est manifestement écrasé en fin de spire. Mais le n° HU 371, avec $l = 56$ est, sur ce point, comparable à la sous-espèce *gradata*, forme plus finement costulée. Il pourrait représenter une forme de transition vers *gradata*. Un tel morphotype à tour étroit a également été signalé par Contini, dans le Jura franc-comtois.

L. murchisonae est, à l'Aalénien moyen, l'espèce indice de la zone et de la sous-zone du même nom. Elle est connue depuis longtemps au Grand-Duché et en Lorraine, mais n'a pas été répertoriée par Maubeuge (1955), qui cite *L. haugi* Douvillé, espèce à costulation plus vigoureuse.

3. Les *Brasilia* (éch. 4c, 4b, 4a)

Parfois considéré comme sous-genre de *Ludwigia* (Contini 1969), le genre groupe des formes plus comprimées, plus involutes et à costulation plus fine que les *Ludwigia* s.s. Les *Brasilia* sont particulièrement bien représentés à la partie supérieure de la *couche rouge marno-sableuse*, dans les 2 niveaux à nodules et les assises intermédiaires. 6 espèces ont été identifiées. Elles se répartissent en deux groupes définissant chacun une assise précise, à la partie supérieure du niveau V:

le groupe de *B. bradfordensis*, éch. 4c et 4b;

le groupe de *B. similis-gigantea*, éch. 4a.

Brasilia bradfordensis (Buckman 1881)

(Contini 1969, p. 45, pl. 17, fig. 3-4)

Pl. 2, fig. 1

	D	O	H	<i>o</i>	<i>h</i>
HU 370 °	80	22	39	28	49

4 exemplaires: un beau spécimen et un fragment de tour provenant de éch. 4c, un exemplaire cassé et étiré et un petit fragment de éch. 4b.

L'espèce se caractérise par une costulation dense et bien marquée. Au tiers inférieur du flanc, les côtes ombilicales proverses se divisent en 2 ou 3 côtes fortement falciformes. Le tour, comprimé, porte une carène tranchante donnant une section plus effilée que chez les *Ludwigia* s.s. *B. bradfordensis* a été signalé au Grand-Duché par Klüpfel (1918), puis a été cité avec *Graphoceras concavum* par Lucius (1945) et Maubeuge (1955).

L'espèce est utilisée comme indice de sous-zone au sein de la grande zone à Murchisonae (Aalénien moyen). Certains auteurs l'ont élevée au rang d'indice zonal pour désigner le sommet de la zone à Murchisonae s.l. (Contini et al. 1997).

Brasilia falcifera (Althoff 1940)

(Contini 1969, p. 46, pl. 17, fig. 5, 6)

Pl. 1, fig. 3, 4

	D	O	H	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>	N/2	n/2
HU 363 °	47	18	21	12	38	45	26	57	19
HU 364	42	15	19	12	36	45	29	63	
HU 365 °	28	10	13	8	36	46	29	62	18

3 exemplaires (éch. 4c) relativement évolutés pour le genre ($o = 36-38$), avec une section ogivale. L'espèce est bien caractérisée par sa forte costulation. Les côtes internes sont particulièrement épaisses et rétroverses. Elles se divisent au tiers du flanc en deux côtes falciformes rétroverses, également épaisses et surtout moins serrées que chez les espèces voisines. *B. falcifera* peut atteindre une taille de 130 mm avec, au delà d'un diamètre de 90 mm, une costulation qui disparaît et un bord ventral qui s'élargit.

B. falcifera a été récolté au Hutberg avec *B. bradfordensis*.

Brasilia deleta (Buckman 1898)

(Contini 1969, p. 47, pl. 19, fig. 2)

Pl. 2, fig. 2

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>
HU 366 °	67,5	20	30	15	30	44	22	50
HU 367	54	17	22,5	13	31	42	24	57
HU 368	30	10	13	7	33	43	23	54

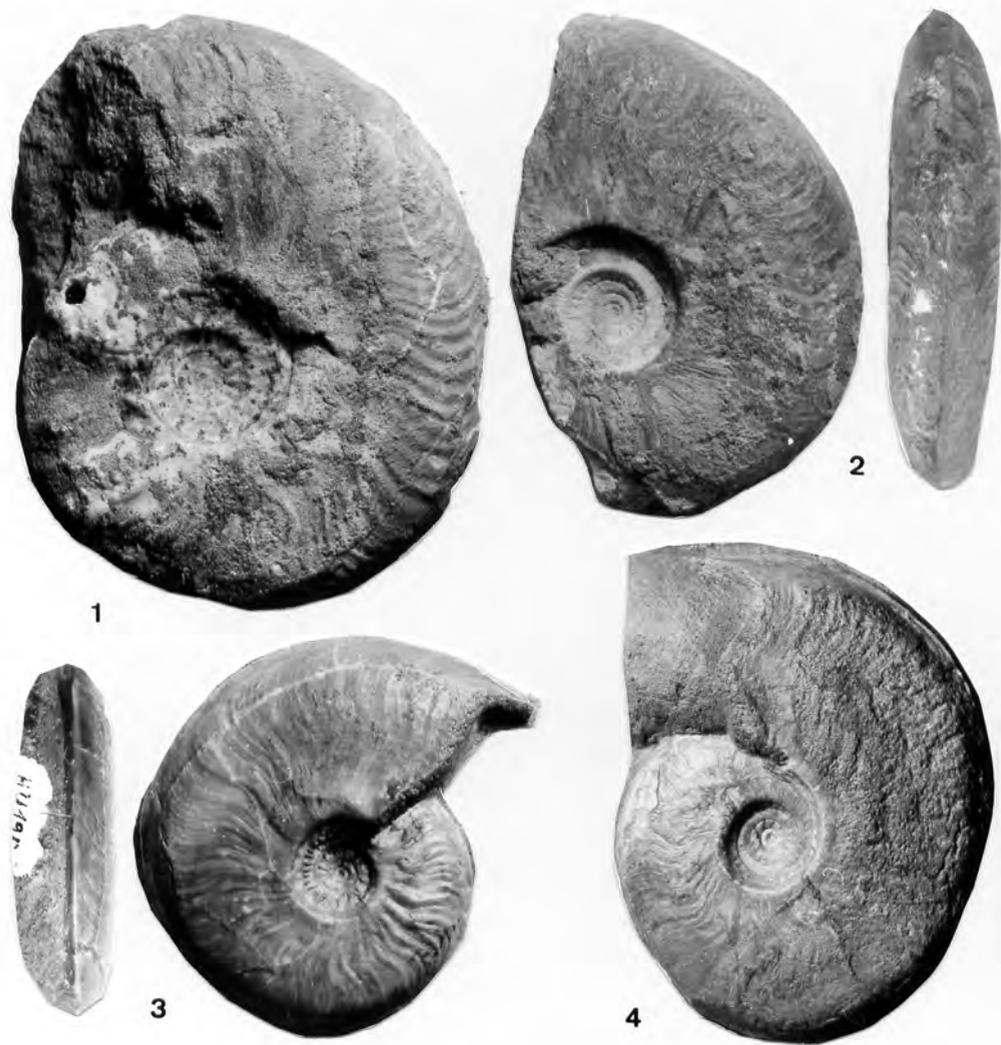


Planche 2

Aalénien moyen, zone à Murchisonae ; Hutberg. x 1.

Fig. 1: *Brasilia bradfordensis* (Buckman). HU 370, niv. V, s.-z. à Bradfordensis.

Fig. 2: *Brasilia deleta* (Buckman). HU 366, niv. V, s.-z. à Bradfordensis.

Fig. 3, 4: *Brasilia gigantea* (Buckman). HU 195.2 et HU 198, niv. V, s.-z. à Gigantea.

3 exemplaires (éch. 4c) à évolution moyenne pour le genre ($o = 30-33$) avec tour assez étroit ($l = 50-57$) à section ogivale. L'espèce se caractérise par une costulation fine et serrée. Le plus jeune exemplaire montre un léger tubercule au point où les côtes ombilicales bien accentuées se divisent en fines côtes falciformes. Aux plus grandes tailles, celui-ci disparaît tandis que les côtes primaires s'atténuent. L'ornementation devient alors homogène puis disparaît rapidement du moule interne. Seul le test reste strié. L'exemplaire figuré montre l'ombilic cratériforme des deux derniers tours, avec un mur ombilical abrupt. Les tout premiers tours sont très évolutés.

Les exemplaires luxembourgeois paraissent un peu plus évolutés que ceux décrits par Contini dans le Jura. "*Pseudographoceras*" aff. *deletum* a été signalé par Maubeuge (1955) dans la tranchée de la route d'Esch à Rumelange. L'espèce reste de taille modeste. Elle appartient à la sous-zone à Bradfordensis.

Brasilia gigantea (Buckman 1888) s.s.

et morphotype *eschensis* (Maubeuge 1950)

(Contini 1969, p. 51, pl. 18, fig. 7; pl. 20, fig. 1-6)

Pl. 2, fig. 3, 4 ; pl. 3, fig. 1

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>
HU 202 °	71	21	33	16,5	30	46	23	50
HU 198 °	69	16,5	31	-	24	45	-	-
HU 195.1	68	21	30	18	31	44	26	60
HU 195.2 °	48	12	24,5	-	25	51	-	-

4 exemplaires (éch. 4a), caractérisés par une ornementation très atténuée, rappelant celle de *B. deleta* des couches sous-jacentes. Si les spécimens sont plus ou moins usés, la distinction entre l'une et l'autre espèce s'avère délicate. On retiendra ici que chez *B. gigantea* les tout premiers tours de spire sont un peu plus involutes, avec des côtes ombilicales moins serrées et un peu plus épaisses, ce que mettent bien en évidence les exemplaires figurés. Les côtes externes falciformes sont également plus accusées et demeurent plus longtemps imprimées sur le moule interne (HU 195.2). Quand elles s'effacent, seul le test reste strié. La carène est tranchante, mieux détachée du bord ventral que chez *B. deleta*. *B. gigantea* peut atteindre une grande taille, jusqu'à 150-200 mm. Ces grands spécimens sont toutefois assez rares.

L'ombilic a toujours un aspect cratériforme, avec paroi ombilicale abrupte et concave. Chez nos spécimens d'environ 70 mm, il apparaît resserré ($o = 24-25$) ou légèrement ouvert ($o = 30-31$). Maubeuge (1950) a décrit sous le nom de "*Ludwigia eschense*" un spécimen de la couche rouge marnosableuse de la région d'Esch (coll. Leesberg, MnhnL DOU178). Cette forme, finement costulée sur le moule interne, présente un ombilic assez large ($o = 29$). Elle a été mise en synonymie avec *B. gigantea* par Contini (1969). Nos individus les plus évolutés, HU 202 et HU 195.1, peuvent être rapportés à ce morphotype *eschensis*.

L'espèce *gigantea* a été répertoriée par Maubeuge (1955) dans le genre *Wiltshireia* (= *Brasilia* dans la nomenclature actuelle). Elle est abondante et connaît une bonne répartition géographique dans le Nord-Ouest européen: Bassin parisien, Jura, Allemagne du Nord et du Sud, Angleterre. Elle a été choisie comme indice de sous-zone au sommet de la zone à Murchisonae s.l.

Brasilia similis (Buckman 1889)

(Contini 1969, p. 48, pl. 18, fig. 3, 4, 6)

Pl. 3, fig. 2

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>	N/2	n/2
HU 196 °	81	22	38,5	22	27	48	27	57	13	26
HU 200	61,5	16,5	26	16	27	42	26	62		
HU 201	44,5	13	21	10,5	29	47	24	50		
HU 199	43,5	13	20	12	30	46	28	60		

4 exemplaires (éch. 4a) de taille moyenne, correspondant à la forme type de l'espèce, c'est-à-dire au morphotype *similis* de Contini. Ils ont moins de 100 mm et sont relativement involutes ($o = 27-30$). Le mur ombilical, abrupt, croît en hauteur avec la taille ainsi que le montre l'exemplaire figuré ici. Contrairement aux deux espèces précédentes, *B. similis* est bien costulée jusqu'à la taille d'environ 60 mm. Puis les côtes vont en s'estompant et en s'épaissant. Les côtes simples ombilicales commencent à prendre l'aspect de bourrelets ou épaisses côtes mousses, tandis que s'esquisse, sur les flancs, une légère dépression périombilicale.

L'espèce a été répertoriée par Maubeuge (1955). La costulation et l'ouverture de l'ombilic montrent une assez grande variabilité, et trois morphotypes ont été distingués par Contini. On les a retrouvés dans la faune recueillie au Hutberg, la forme



Planche 3

Aalénien moyen, zone à Murchisonae ; Hutberg. x 1.

Fig. 1: *Brasilia gigantea eschensis* (Maubeuge). HU 202, niv. V, s.-z. à Gigantea.

Fig. 2: *Brasilia similis* (Buckman). HU 196, niv. V, s.-z. à Gigantea.

Fig. 3: *Brasilia similis tutcheri* (Buckman). HU 194.1, niv. V, s.-z. à Gigantea.

ci-dessus, la plus courante, correspondant au morphotype *similis*.

Brasilia similis* morphotype *maubeugei

Contini 1969

(Contini 1969, p. 50, pl. 18, fig. 2)

Maubeuge 1967, p. 79

Pl. 4, fig. 1

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>	N/4	n/4
HU 193 °	84	27	39,5	21	32	47	25	53	12	18

Cet exemplaire est plus évolutive (*o* = 32) que le morphotype *similis* précédent et présente une costulation quelque peu différente. Les côtes, très régulières, sont un peu plus denses sur la spire et commencent à s'estomper plus tardivement, vers la taille de 80 mm, en demeurant pratiquement aussi serrées. La paroi ombilicale, haute et abrupte, devient concave en fin de spire.

L'exemplaire du Hutberg est tout à fait semblable à celui figuré par Maubeuge (1967) sous le nom de *B. helvetica* (= holotype de *maubeugei* Contini). Ce dernier présente, en effet, comme notre exemplaire, une costulation un peu plus serrée que l'exemplaire du Jura franc-comtois figuré par Contini.

Brasilia similis* morphotype *tutcheri

Buckman 1893

(Contini 1969, p. 50, pl. 18, fig. 5)

Pl. 3, fig. 3

	D	O	H	<i>o</i>	<i>l</i>	N/2	n/2
HU 194.1 °	76	19	16	25	21	16	36

Ce spécimen (éch. 4a), plus involute que le précédent (*o* = 25), présente une ouverture ombilicale davantage proche de celle du morphotype *similis*. La paroi ombilicale haute et abrupte est concave dès les premiers tours jeunes. Une légère dépression périombilicale apparaît sur le flanc. Cette forme se caractérise surtout par une costulation fine et plus serrée que chez les deux formes précédentes. Celle-ci, comme chez *maubeugei*, demeure présente plus longtemps que chez *similis* s.s. Les côtes internes s'estompent les premières mais sans s'épaissir comme c'est le cas chez *similis*.

Au Luxembourg, comme dans le Jura, les morphotypes rapportés à *maubeugei* et *tutcheri* ont une taille inférieure à 100 mm.

***Brasilia rustica* (Buckman 1899)**

(Contini 1969, p. 42, pl. 16, fig. 4, 5; pl. 18, fig. 1)

Pl. 4, fig. 2, 3

	D	O	H	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>	N/2	n/2
HU 197 °	54	19	21,5	13	35	40	24	60	
HU 194.2 °	26	13	11,5	8	50	44	31	70	12 18

L'exemplaire HU 194.2° est conservé dans le même bloc que l'exemplaire précédent (éch. 4a). Les 2 spécimens du Hutberg se distinguent de tous les autres *Brasilia* par leur forte costulation. Les tours jeunes portent des côtes internes particulièrement épaisses. Un léger tubercule apparaît même, au point où les côtes se divisent (HU 197). A une plus grande taille, on voit les côtes ombilicales rester particulièrement proéminentes. La costulation est peu serrée et offre un aspect quelque peu irrégulier. Elle rappelle celle de *B. falcifera* des couches sous-jacentes (4c). Mais chez *B. rustica*, les côtes internes sont plus fortes que les côtes externes, l'ombilic est plus ouvert dès les tours jeunes. L'ammonite est plus épaisse que *B. falcifera*, surtout dans le jeune âge (*l* = 70).

B. rustica, trouvé associé à *B. similis* morphotype *tutcheri*, se situe à la partie supérieure de la zone à Murchisonae, dans la sous-zone à Gigantea.

- Cette série d'espèces appartenant au genre *Brasilia*, récoltées en place au Hutberg, dans la couche rouge marno-sableuse, permet donc de distinguer dans la partie supérieure de la zone à Murchisonae, une sous-zone à Bradfordensis (4c et 4b) surmontée d'une sous-zone à Gigantea (4a). Ces données biostratigraphiques fines sont pour la première fois mises en évidence dans l' Aalénien moyen, au Grand-Duché de Luxembourg.

4. Les *Graphoceras* (éch. 3, 2, 10)

Le genre groupe des formes plus minces et plus involutes que les *Brasilia*. La costulation est du même type que chez *Brasilia*, mais moins serrée et elle disparaît plus ou moins au-delà d'un diamètre de 70 mm.

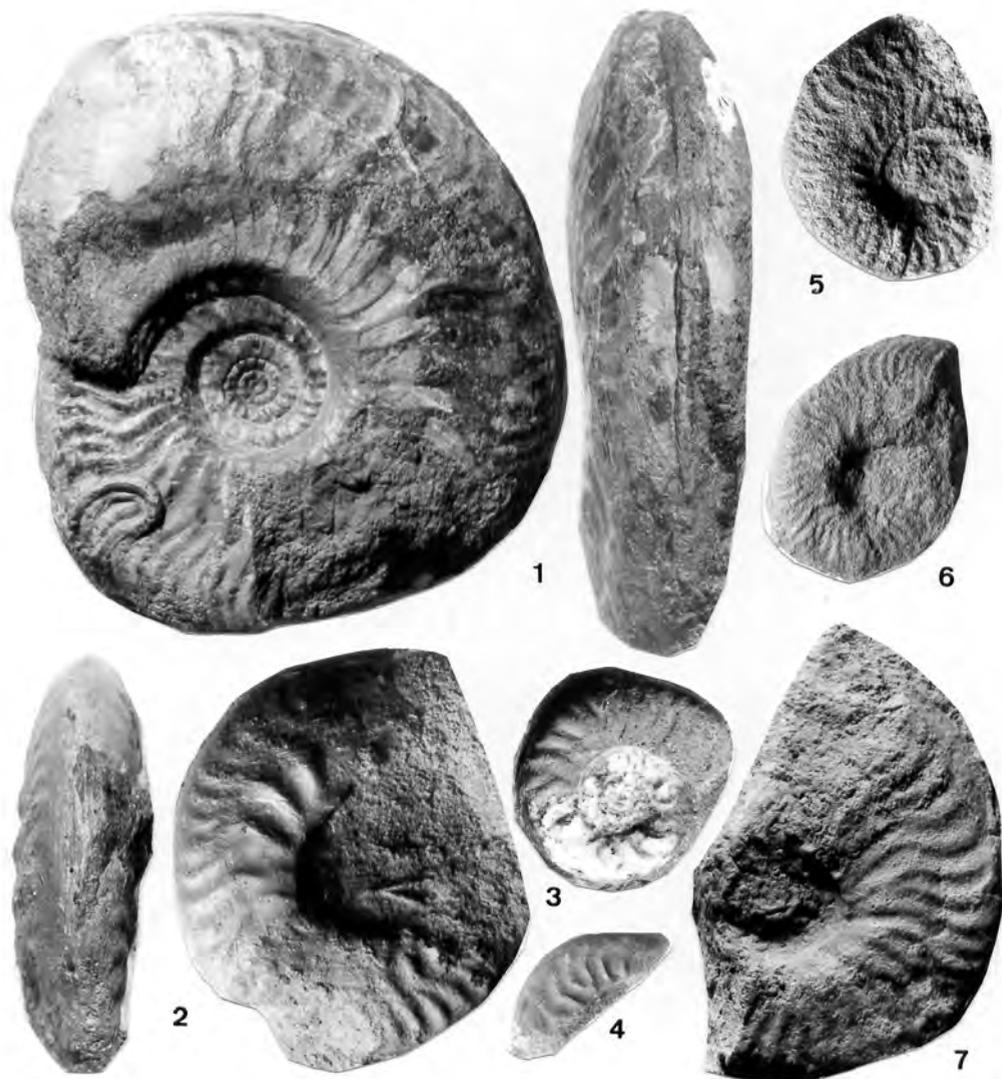


Planche 4

Aalénien moyen et supérieur, zones à Murchisonae et Concavum ; Hutberg. x 1.

Fig. 1: *Brasilia similis maubeugei* (Contini). HU 193, niv. V, s.-z. à Gigantea.

Fig. 2, 3: *Brasilia rustica* (Buckman). HU 197 et HU 194.2, niv. V, s.-z. à Gigantea.

Fig. 4: *Graphoceras* cf. *rudis* (Buckman). HU 231.2, niv. VI, s.-z. à Concavum.

Fig. 5: *Graphoceras cornu* (Buckman). HU 234, niv. VI, s.-z. à Concavum.

Fig. 6: *Graphoceras decorum* (Buckman). HU236, niv. VI, s.-z. à Concavum.

Fig. 7: *Graphoceras concavum* (Sowerby). HU 224, niv. VI, s.-z. à Concavum.

Dans le niveau VI, un premier *Graphoceras* a été trouvé en éch. 3, mais la collecte principale provient de éch. 2. Le niveau IX (éch. 10) a encore livré quelques individus. En tout, 15 exemplaires recueillis, se répartissant entre 7 espèces, ce qui témoigne de la grande diversité de la faune à l'Aalénien supérieur.

Graphoceras concavum (Sowerby 1815)

(Contini 1969, p. 61, pl. 21, fig. 5-9; pl. 22, fig. 1-3)

Pl. 4, fig. 7; pl. 5, fig. 2

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>	N/2	n/2
HU 238.1	94	21	45	15	22	48	16	33		
HU 238.2	45	11	23	-	24	51	-	-		
HU 224 °	58	14	28,5	-	24	49	-	-	12	22
HU 231.1	50	12,5	28,5	14,5	25	57	29	38		

L'exemplaire HU 224 provient de éch. 3. Les autres ont été récoltés un peu plus haut, dans éch. 2. Les trois premiers spécimens notés ci-dessus sont écrasés dans la gangue et érodés. HU 231.1 est incomplet, mais sa costulation est bien conservée. Les côtes internes proverses se renflent vers le milieu du flanc où elles se divisent en 2 côtes falciformes rétroverses qui ne passent pas sur le bord ventral. Le mur ombilical est bien marqué et concave. Sur notre plus grand spécimen, la costulation disparaît vers 70 mm. Les individus du Hutberg sont de taille modeste, l'espèce pouvant atteindre 140 mm. "*Ludwigia* aff. *concava*" a été signalé par Maubeuge (1955) sur la route Esch-Rumelange.

G. concavum est connu depuis longtemps au Luxembourg, mais jusqu'alors il n'avait pas été rigoureusement situé par rapport à *B. bradfordensis*. C'est l'espèce indice de la zone à *Concavum* au sommet de l'Aalénien et de la sous-zone du même nom, à la base de cette zone. Biostratigraphiquement les assises éch. 3 et éch. 2 (niveau VI) se situent donc dans la sous-zone à *Concavum*.

Graphoceras cornu (Buckman 1887)

(Contini 1969, p. 93, pl. 21, fig. 13-15, 17)

Pl. 4, fig. 5

	D	O	H	<i>o</i>	<i>h</i>	N/2	n/2
HU 233	39,5	10	19,5	25	49		
HU 234 °	34	9,5	15	28	44	12	25

Ces 2 exemplaires (éch. 2) sont écrasés mais se différencient de l'espèce précédente par une costulation plus fine et plus serrée, mais bien accentuée. *G. cornu* a été signalé par Maubeuge (1955).

L'espèce en tant que microconque a été considérée comme espèce-type du sous-genre *Ludwigella* (Contini 1969). Zone à *Concavum*, sous-zone à *Concavum*.

Graphoceras cf. *rudis* (Buckman 1889)

(Contini 1969, p. 71, pl. 22, fig. 6-12)

Pl. 4, fig. 4

	D	H	E	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>
HU 231.2 °	25	9,5	7	38	28	74

Un fragment de tour d'une petite ammonite portant une costulation très caractéristique (éch. 2). Les côtes sont aiguës, peu serrées et fortement arquées vers l'arrière. Leur point de bifurcation se situe très près du bord ombilical. Elles ne passent pas sur le bord ventral. La section du tour est ogivale. L'espèce se distingue aisément de toutes les autres espèces du même niveau. Elle rappelle *B. rustica* des couches sous-jacentes (4a), mais chez *G. rudis*, la costulation est encore plus accentuée, nettement moins serrée, et l'ombilic plus fermé. Espèce répertoriée par Maubeuge (1955).

Aalénien supérieur, zone à *Concavum*, sous-zone à *Concavum*.

Graphoceras decorum (Buckman 1888)

(Contini 1969, p. 67, pl. 22, fig. 4-5)

Pl. 4, fig. 6

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>	N/2	n/2
HU 236 °	33	7,5	16	8	23	48	24	50	9	26

Ce petit exemplaire, recueilli en éch. 2, est bien caractérisé par sa costulation particulièrement fine, serrée et assez effacée. Les côtes internes se détachent bien car elles se divisent assez haut, vers le milieu du flanc. Le tour est étroit ($l = 50$), à section ogivale. *G. decorum* a une costulation plus serrée et moins marquée que *G. cornu*. Par la densité de sa costulation, *G. decorum* rappelle *B. similis* morphotype *tutcheri* des couches sous-jacentes (4a), mais chez *G. decorum* les côtes sont moins accusées et moins régulières. Il reste de

petite taille (microconque rattaché au sous-genre *Ludwigella*), avec un ombilic plus étroit. Espèce signalée par Maubeuge (1947).

Zone et sous-zone à Concavum.

***Graphoceras formosum* (Buckman 1888)**

(Contini 1969, p. 70, pl. 23, fig. 4)

Pl. 5, fig. 1

	D	O	H	<i>o</i>	<i>h</i>
HU 235 °	49	15,5	19	32	39

Ce fragment de spire de éch. 2, aplati latéralement, présente une ornementation particulière. A ce diamètre, les côtes internes ont disparu, laissant place à une dépression périombilicale quasiment lisse. Au tiers inférieur du flanc apparaissent les côtes externes, bien marquées, fortement arquées vers l'arrière et assez serrées. Ce spécimen luxembourgeois est plus évoluée que les individus du Jura dont Contini donne les mensurations.

G. formosum est l'espèce indice de la sous-zone à Formosum, au sommet de la zone à Concavum. Au Hutberg, la zone à Concavum a été bien reconnue et cernée sur le terrain (niveau VI, éch. 3 et 2). Avec cet exemplaire nouvellement identifié, elle peut être considérée comme paléontologiquement complète. La sous-zone à Concavum correspond aux assises éch. 3 et 2 p.p.; la sous-zone à Formosum correspond à éch. 2 p.p., mais la limite entre les deux sous-zones reste imprécisée.

***Graphoceras limitatum* (Buckman 1888)**

(Contini, 1969, pl. 23, fig. 2-3)

Pl. 5, fig. 3

	D	O	H	<i>o</i>	<i>h</i>	n/2
MH 1 °	69	15	35	22	51	28
MH 2		22	7	10	32	45 20

Ces deux *Graphoceras* (coll. Marcelline Haas) ont été récoltés dans le banc conglomératique IX. Le plus grand est particulièrement bien conservé avec des tours assez plats, légèrement déprimés autour de l'ombilic. L'espèce présente une costulation dense. Les côtes, d'abord proverses et peu marquées dans leur partie ombilicale, deviennent fortement rétroverses et bien accentuées à mi-flanc quand elles se divisent. Ces côtes secon-

dares se caractérisent par un tracé rectiligne (et non falciforme). Elles commencent à s'espacer et à s'estomper en fin de spire. Cet individu MH 1 est entièrement cloisonné. Les lignes cloisonnaires ont une première selle latérale large et bipartite, une seconde selle latérale large et trapue et une série ombilicale de cinq petites selles bien formées. Le lobe latéral est plus profond que le lobe externe.

Au verso de l'échantillon, se trouve un petit *Hyperlioceras* de 20 mm indiquant la zone à Discites.

***Graphoceras aff. fallax* (Buckman 1888)**

(Contini 1969, p. 69, pl. 23, fig. 1)

Pl. 5, fig. 4

Un petit fragment HU 339° ne montrant que la partie externe d'un tour. Celui-ci est épais avec une carène basse. Il est caractérisé par ses côtes externes épaisses, rétroverses, très espacées qui permettent de le rapprocher de *G. fallax* malgré son état très incomplet. Il a été recueilli dans le niveau IX (éch. 10), à environ 2 m au-dessus des autres *Graphoceras*. Il correspond donc, avec *G. limitatum*, aux derniers représentants du genre. Ces *Graphoceras* du banc IX sont associés à des *Reynesella* et des *Hyperlioceras* qui caractérisent la base de la zone à Discites (Bajocien inférieur).

En résumé, les ammonites recueillies en place au cours de ce travail montrent qu'au Hutberg la faune à *Graphoceras* (éch. 2 et 3) est bien distincte des faunes à *Brasilia* et à *Ludwigia* sous-jacentes (éch. 4a, b, c et d). Pour la première fois au Grand-Duché, la zone à Concavum (Aalénien supérieur) peut être clairement séparée des assises de l'Aalénien moyen.

5. Les *Reynesella* (éch. 9, 10)

Le genre réunit des formes microconques d'environ 35 mm de diamètre. *Reynesella* est considéré par certains auteurs comme sous-genre d'*Hyperlioceras* forme macroconque. Il est plus évoluée qu'*Hyperlioceras* et costulé jusque sur la chambre d'habitation.

***Reynesella piodes* Buckman 1902, et spp.**

(Moore 1957, p. L 264, fig.1)

Pl. 5, fig. 5

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>
HU 342 °	20	5,5	9	4,5	28	45	23	50
HU 344	20	7	7,5	-	35	38	-	-
HU 340	15	5	7	3	33	47	20	43
HU 341	12	4	5,5	3,5	33	46	29	64
MH 3		18	5	8	4,5	27	44	25 56
MH 4		16	5	7	4	31	43	25 57
MH 5		18	5	8,5	-	27	45	- -

- Du niveau VIII (éch. 9), on a extrait une dizaine de petits spécimens quelque peu différents les uns des autres. Le n° HU 342 (2 individus) et un fragment (HU 345) sont ici rapportés à *R. piodes*. Ils présentent la costulation habituelle des Graphoceratidae avec des côtes proverses près de l'ombilic qui se divisent en côtes externes falciformes. Les côtes sont minces, mais bien marquées. Le tour est peu épais, avec un rebord ombilical net.
- 2 autres petits exemplaires HU 344 et HU 340 ont une costulation plus serrée. On les a distingués comme *Reynesella* sp. A.
- Enfin les 3 exemplaires HU 341 (2 individus) et HU 343 ont une costulation très atténuée. Les côtes deviennent quasiment des stries. Ils sont, à cette taille, un peu plus épais que les précédents (*l* = 64). On les a séparés comme *Reynesella* sp. B.

Le genre se prolonge dans le niveau conglomératique IX (éch. 10), qui a livré 2 petits nuclei pyriteux. Trois autres spécimens provenant de ce même banc ont été examinés (coll. Marcelline Haas). Le n° MH 9, quelque peu érodé, correspond à *R. piodes*. Les n° MH 4, avec une apophyse jugale conservée et le n° MH 5, très érodé, sont à rattacher à *Reynesella* sp. A.

Biostratigraphiquement, le genre se situe à la base du Bajocien, dans la zone à Discites et la sous-zone à Walkeri.

Reynesella aspera (Buckman 1904)

(Buckman 1904, p. 99, pl. 17, fig. 13-15)

Pl. 5, fig. 6, 7

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>
MH 6°	26	8,5	11	-	34	44	-	-
MH 7°	19	6,5	8	6	34	42	31	75
MH 8	14	5	5	5	36	36	36	100
MH 9	13	5	5	4,5	38	38	35	90

Ces 4 petits exemplaires (coll. Marcelline Haas) proviennent du banc conglomératique IX. L'espèce est bien caractérisée par son large ombilic et sa forte costulation. Les côtes sont épaisses et espacées. Sur les tout premiers tours, elles sont simples et radiales, puis vers la taille de 10 mm, elles se divisent près de l'ombilic en devenant alors franchement rétroverses. On observe une certaine irrégularité dans cette division. Des côtes simples, intercalaires, se courbent simplement vers l'arrière au tiers inférieur du flanc. Le tour devient plus haut vers la taille de 20 mm. Le rebord ombilical est plus arrondi que chez *R. piodes*.

Espèce citée dans la zone à Discites, associée à *Hyperlioceras*.

6. Les *Hyperlioceras* (éch. 10)

Formes involutes, pouvant atteindre une grande taille, comprimées, bien carénées, avec une costulation falciforme seulement sur les tours jeunes, car les côtes s'estompent rapidement. L'ombilic est étroit avec paroi verticale abrupte. On peut réunir, dans le sous-genre *Toxolioceras*, les espèces à ombilic plus ouvert, moins creux, avec paroi ombilicale descendant en oblique.

Hyperlioceras desori (Moesch 1867)

(Contini 1969, p. 79, pl. 23, fig. 6-7)

Pl. 5, fig. 9

	D	O	H	<i>o</i>	<i>h</i>
MH 10 °	20,5	4	10	19	49

Un petit exemplaire (coll. Marcelline Haas) extrait d'un nodule du banc conglomératique IX. Son ombilic, très petit et profond, avec bord ombilical vertical, permet de le rattacher au genre *Hyperlioceras*. Sur le bord externe, la carène est bien détachée. Les flancs, très plats, portent une costulation peu marquée. De fines côtes, peu visibles, très proverses, bordent l'ombilic. A mi-flanc, elles s'épaississent et deviennent falciformes. Elles sont alors bien distinctes. Ce jeune individu est comparable à celui de la fig. 7 de Contini. Les spécimens signalés dans le Jura ont une taille de 70-80 mm, avec effacement de la costulation vers 50 mm.

Zone à Discites.

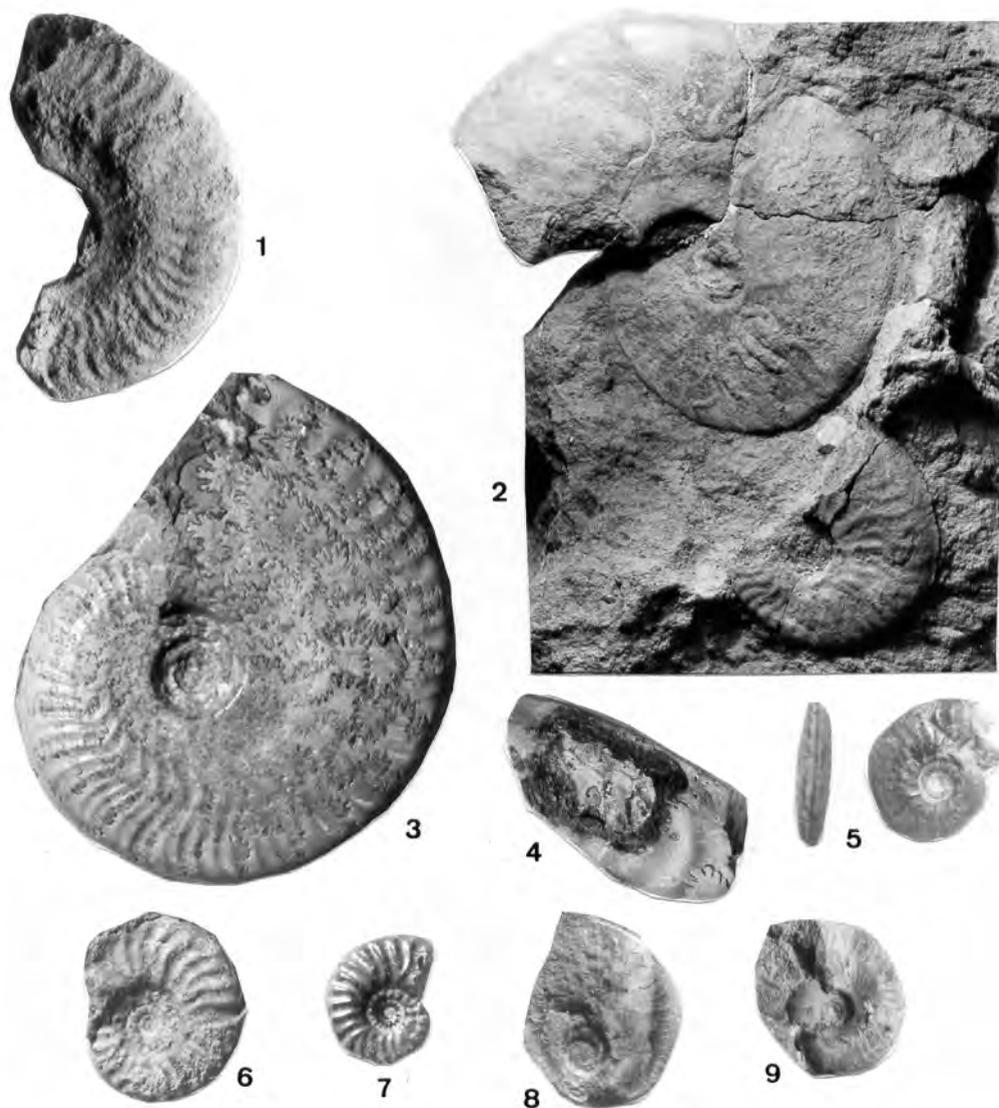


Planche 5

Aalénien sup. et Bajocien inf., z. à Concavum et Discites ; Hutberg. x 1, sauf fig. 2.

Fig. 1: *Graphoceras formosum* (Buckman). HU 235, niv. VI, s.-z. à Formosum.

Fig. 2: *Graphoceras concavum* (Sowerby). HU 238, niv. VI, s.-z. à Concavum. x 0,75.

Fig. 3: *Graphoceras limitatum* (Buckman). MH 1, niv. IX, s.-z. à Walkeri.

Fig. 4: *Graphoceras* aff. *fallax* (Buckman). HU 339, niv. IX, s.-z. à Walkeri.

Fig. 5: *Reynesella piodes* (Buckman). HU 342, niv. VIII, s.-z. à Walkeri.

Fig. 6,7: *Reynesella aspera* (Buckman). MH 6 et 7, niv. IX, s.-z. à Walkeri.

Fig. 8: *Hyperlioceras* (*Toxolioceras*) sp. MH 11, niv. IX, s.-z. à Walkeri.

Fig. 9: *Hyperlioceras desori* (Moesch). MH 10, niv. IX, s.-z. à Walkeri.

Hyperlioceras (Toxolioceras) sp.

Pl. 5, fig. 8

	D	O	H	E	<i>o</i>	<i>h</i>	<i>e</i>	<i>l</i>
MH 11 °	23,5	6	14	6	25	59	25	43

Un nodule du banc conglomératique IX a fourni, en s'ouvrant, ce petit spécimen et une belle empreinte externe (coll. Marcelline Haas). L'ammonite est très plate et involute. L'ombilic est toutefois un peu plus large que chez l'espèce précédente et moins creux, ce qui autorise un rattachement au sous-genre *Toxolioceras*. Les tours internes, jusqu'à un diamètre d'environ 15 mm, portent de fines côtes falciformes qui prennent ensuite l'aspect de stries très denses.

Le sous-genre *Toxolioceras* caractérise la sous-zone à Walkeri.

Vue d'ensemble sur la faune d'ammonites

Cet échantillonnage paléontologique dans la coupe du Hutberg concerne les couches surmontant le conglomérat de Katzenberg (Dachsandstein de Lucius). Les assises éch. 4 a, b, c, d et e (niveau V et VI; Fig. 4) forment ce qu'on a couramment appelé la couche rouge marno-sableuse, au sommet de l'Aalénien. C'est toute une faune de Graphoceratidae qui se succède au cours du temps et qui permet d'attribuer l'ensemble des niveaux IV et V (éch. 4) à la zone à Murchisonae s.l. (Aalénien moyen), le niveau VI (éch. 3 et 2) à la zone à Concavum, c'est-à-dire à l'Aalénien supérieur. Les niveaux VIII et IX (éch. 9, et 10) appartiennent à la zone à Discites, base du Bajocien.

Les deux genres les plus abondamment représentés sont les *Brasilia* dans la zone à Murchisonae, et les *Graphoceras* dans la zone à Concavum. La succession des espèces a permis de diviser ces deux zones en sous-zones selon le cadre établi pour le Nord-Ouest européen par Contini et al. 1997.

L'établissement de cette **biostratigraphie** fine est nouvelle pour le Grand-Duché. Elle réactualise les connaissances anciennes souvent basées sur du matériel qui n'était pas rigoureusement prélevé en place. Il faut aussi souligner qu'on a bénéficié, au Hutberg, d'assises assez épaisses au passage de l'Aalénien au Bajocien. C'est pourquoi cette coupe pourra servir de référence pour le Bassin d'Esch-

sur-Alzette et par extension pour le Grand-Duché et le Nord de la Lorraine.

Sur le **plan paléontologique**, au sein du groupe des *Brasilia*, on observe une évolution des formes, allant vers une légère fermeture de l'ombilic au cours des sous-zones à Bradfordensis et Gigantea. La fermeture de l'ombilic se poursuit avec le genre *Graphoceras*, dans la zone à Concavum. La faune est abondante surtout vers le sommet de la zone à Murchisonae. L'espèce indice est présente à la base de la zone mais peu abondante. Pour la première fois au Luxembourg, des formes microconques ont été reconnues à la base du Bajocien.

Les Bélemnites - Données biostratigraphiques

Parmi les bélemnites récoltées en place au Hutberg, deux espèces présentent une assez grande extension verticale. Ce sont:

- *Holcobelus blainvillii* (Voltz): éch. 2, 3, 4. L'espèce est commune en Allemagne du Sud. On la connaît également en Angleterre, en Alsace-Lorraine, dans la vallée du Rhône, au Luxembourg et en Normandie. Selon Riegraf (1980: 170) et Weis & Mariotti (2007: 168), on la trouve à partir de la zone à Murchisonae et jusqu'à la zone à Discites.
- *Brevibelus breviformis* (Voltz): éch. 2, 3, 4. Espèce très répandue en Europe où on la rencontre un peu partout à partir du Toarcien supérieur et jusqu'au Bajocien inférieur. Elle est bien connue dans la formation ferrifère luxembourgeoise (Weis, 1999).

Deux autres espèces apportent, par contre, une bonne précision stratigraphique. Ce sont:

- *Homaloteuthis murielae* Weis & Mariotti: éch. 2, 3, 4. Le genre *Homaloteuthis* Stolley est caractéristique de l'Aalénien supérieur. Combémoré (1997) instaure une zone à *Homaloteuthis spinata* qui correspond aux zones à Murchisonae et Concavum.

La forme trouvée au Hutberg appartient au genre *Homaloteuthis*, d'après les critères "absence de sillons", "apex effilé" et "compression latérale". L'unique espèce préalablement connue dans ce genre, *Homaloteuthis spinata* (Quenstedt), en diffère



Fig. 5-8: Bélemnites du passage Aalénien-Bajocien à Rumelange. x 1.

Fig. 5: *Holcobelus blainvillii* (Voltz), juvénile. HU 227, niv. VI, z. à Concaum.

Fig. 6: *Brevibelus gingensis* (Oppel). BU 212, niv. VII, z. à Discites.

Fig. 7: *Brevibelus breviformis* (Voltz). HU 213, niv. V, s.-z. à Gigantea.

Fig. 8: *Homaloteuthis murielae* Weis & Mariotti. HU 363, niv. VI, z. à Concaum. Holotype.

au point que Weis & Mariotti (2007) ont établi une nouvelle espèce, *Homaloteuthis murielae*. Les récoltes en place permettent d'énoncer la position phylogénétique de *Homaloteuthis murielae*: elle relie *Mesoteuthis beneckeii* (Schwegler) de l'Aalénien supérieur au genre *Eocylindroteuthis* Riegraf du Bajocien inférieur, dont elle possède déjà toutes les caractéristiques à l'exception du sillon ventral, caractère déterminant.

- *Brevibelus gingensis* (Oppel): l'espèce caractérise le Bajocien inférieur.

Ces deux dernières espèces corroborent donc la zonation établie avec les ammonites, sans apporter plus de précisions. Pour plus de détails concernant les faunes de bélemnites, on pourra se référer au travail de Weis & Mariotti (2007).

Conclusions - Principaux résultats

1. La coupe relevée au Hutberg, près de Rumelange, donne une **série lithostratigraphique de référence** pour le Bassin d'Esch-sur-Alzette et celui de Briey, à la limite des étages Aalénien et Bajocien. Elle traverse, sur une hauteur de 15 m, les dernières assises ferrifères: minette, conglomérat de Katzenberg, couche rouge marno-sableuse (=zone à Murchisonae), "marnes de Ternel" selon Klüpfel (=couches à Concavum) et entame les marnes micacées du Bajocien. La série lithologique, relevée ici à l'échelle centimétrique, met en évidence les viscissitudes d'une sédimentation en bordure littorale (Bubenicek 1970). Elle précise l'extension verticale de formations qui ont été classiquement citées par les auteurs mais restaient jusqu'alors mal délimitées sur le terrain.
2. Les ammonites recueillies en place ont permis d'établir, en ce point, une **série biostratigraphique** fine. Il est clairement démontré que la zone à Murchisonae traversée sur une épaisseur de 1,30 m (niveaux IV et V) est surmontée par une zone à Concavum à faune bien distincte, épaisse ici de 0,60 m (niveau VI).

Au sein de la zone à Murchisonae, les faunes à *Ludwigia* et à *Brasilia* ont permis de distinguer:

- une sous-zone à Murchisonae (éch. 4c et 4b) et
- une sous-zone à Gigantea (éch. 4a).

Tout cet ensemble IV-V était jusqu'alors communément considéré comme "couches à Concavum". Il apparaît donc que paléontologiquement, ici, les couches à Concavum s.s. se situent en réalité dans les niveaux sus-jacents (VI, éch. 3 et 2). En effet, les faunes à *Graphoceras* arrivent au-dessus de celles à *Brasilia*, et ne sont pas mélangées à ces dernières. Les *Graphoceras* indiquent même l'existence, au Hutberg, d'une sous-zone à Concavum (éch. 3 et 2 p.p. et au-dessus d'une sous-zone à Formosum (éch. 2 p.p.) qui n'ont pas été individualisées.

C'est la première fois qu'une telle précision biostratigraphique est apportée dans ces niveaux au Grand-Duché. Ce schéma zonal correspond à celui reconnu dans le Jura français et d'une façon plus générale dans le Nord-Ouest européen

(Contini et al. 1997). Dans la région de Rumelange, l'Aalénien supérieur nous paraît donc paléontologiquement complet.

3. Dans l'**inventaire paléontologique** des ammonites dressé ici, les espèces appartenant aux genres *Brasilia* et *Graphoceras* représentent la presque totalité de la faune (13 espèces sur 19 reconnues). Le genre *Staufenia* reste rare. Le genre microconque du Bajocien, *Reynesella*, présente l'intérêt d'être signalé pour la première fois au Grand-Duché.

Cet échantillonnage banc par banc dans la coupe du Hutberg, et plus particulièrement dans la *couche rouge marno-sableuse* permet de situer rigoureusement les faunes dans la série biostratigraphique. De nombreuses autres ammonites recueillies autrefois en vrac sur ce site pourront, à leur tour, être calées dans la série biostratigraphique par le biais de cet échantillonnage. De même le cadre zonal établi pourra être utilisé pour situer dans le temps les autres groupes fossiles, parmi lesquels notamment les bélemnites qui peuvent fournir des marqueurs stratigraphiques complémentaires aux ammonites.

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement Robert Haas, qui par son énergie à toute épreuve a rendu possible le travail de terrain. Ont également participé aux fouilles: Ben Thuy, Mara Valentini, Guy Heinen, Claude Altman, Philippe Berscheidt, Dominique Delsate. Et c'est un merci particulier que nous devons à la commune de Kayl pour son généreux soutien logistique. Nous avons aussi bénéficié de précieuses observations de terrain fournies par Jo Simon qui, en outre, a assuré la préparation minutieuse d'une grande partie des ammonites. Dominique Delsate et Alain Faber (MnhnL) ont donné de judicieux conseils lors des levés de terrain. Marcelline Haas a prêté pour étude ses échantillons collectés au Hutberg. Chantal Moreau (ENSG de Nancy) et Laura Bianchi ont réalisé les photos, Stéphanie Weis et Térance Delsate le traitement informatique des schémas. Nino Mariotti (Univ. La Sapienza, Rome) a contribué de façon déterminante à l'identification des bélemnites. Wolfgang Riegraf (Münster) a fourni des photocopies de publications rares et

permis l'accès à sa collection de bélemnites de l'Aalénien allemand. Les oursins ont été déterminés par Ben Thuy (Tübingen), les gastéropodes par Maria Alessandra Conti et Stefano Monari (Rome). Günter Schweigert (Stuttgart) a relu le manuscrit et fourni des commentaires constructifs. A eux tous, nos remerciements les plus chaleureux.

Références

- Bintz J., Hary A. & Muller A. 1973. - Luxembourg. In: Ardenne-Luxembourg. Guides géologiques régionaux. Masson éd., Paris: 135-192.
- Buckman S.S. 1904. - A monograph of the Ammonites of the "Inferior Oolite Series". Paleontographical Society, London, suppl.: 65-168, pl. 15-19.
- Bubenicek L. 1970. - Géologie du gisement de fer de Lorraine. Bulletin Centre des recherches Pau-S.N.P.A., 5 (2): 223-320.
- Combémoré R. 1997. - Bélemnites. In: Groupe Français d'Etude du Jurassique, Cariou E. & Hantzpergue P. (coord.), Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen. Bulletin Centre des Recherches Elf Exploration-Production, Pau, Mém. 17: 157-167, 2 pl.
- Contini D. 1969. - Les Graphoceratidae du Jura franc-comtois. Annales scientifiques Univ. Besançon, 3^e sér. Géologie 7: 1-95, 24 pl.
- Contini D., Elmi S. Mouterde R. & Rioult M. 1997. - Aalénien. In: Groupe Français d'Etude du Jurassique, Cariou E. & Hantzpergue P. (coord.), Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen. Bulletin Centre des Recherches Elf Exploration-Production, Pau, Mém. 17: 37-40, 2 pl.
- Doyle P. & Bennett M.R. 1995. - Belemnites in Biostratigraphy. Palaeontology, London, 38: 815-829.
- Klüpfel W. 1918. - Sur le Jurassique lorrain. Jahrbuch der Königlich-Preussischen Geologischen Landesanstalt, 38 (1917), 2: 252-264.
- Laux N. 1922. - Le Toarcien et l'Aalénien dans le Bassin d'Esch. L'Aalénien supérieur. Bulletin Société Histoire Naturelle, Luxembourg: 15-58.
- Lucius M. 1945. - Die Luxemburger Minetteformation und die jüngeren Eisenerzbildungen unseres Landes. Beiträge zur Geologie von Luxemburg. Service Carte géologique de Luxembourg, 4, 347 p.
- Lucius M. 1948. - Das Gutland. Erläuterungen zu der geologischen Spezialkarte Luxemburgs. Publications du Service géologique du Luxembourg, 5, 405 p.
- Maubeuge P.L. 1947. - Sur quelques ammonites de l'Aalénien ferrugineux du Luxembourg et sur l'échelle stratigraphique de la formation ferrifère franco-belgo-luxembourgeoise. Archives Institut Grand-Ducal Luxembourg, Sect. Sc. nat., phys, math. N.S. 17: 73-87.
- Maubeuge P.L. 1950. - Nouvelles recherches stratigraphiques et paléontologiques sur l'Aalénien luxembourgeois. Archives Institut Grand-Ducal Luxembourg, Sect. Sc. nat., phys., math., N.S. 15: 365-397, 16 pl.
- Maubeuge P.L. 1955. - Observations géologiques dans l'Est du Bassin de Paris (terrains triasiques moyens-supérieurs et jurassiques inférieurs-moyens. Ed. privée, Nancy, 2 vol., 1082 p.
- Maubeuge P.L. 1967. - Catalogue des Ammonites du Jurassique inférieur et moyen (Hettangien à Bathonien) du Musée de Bâle-Campagne, 2^e partie. Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland, 25: 43-130.
- Maubeuge P.L. 1972. - Etudes stratigraphiques sur la formation ferrifère de Lorraine et ses mortsterrains. Ed. privée, Metz, 487 p.
- Riegraf W. 1980. - Revision der Belemniten des Schwäbischen Jura. Teil 7. Palaeontographica, Stuttgart, Abt. A, 169: 128-206, 4 taf.
- Thein J. 1975. - Sedimentologisch-Stratigraphische Untersuchungen in der Minette des Differdinger Beckens (Luxembourg). Publications du Service géologique du Luxembourg, 25: 54 p.
- Thuy B. 2003. - Les échinides du Bajocien de Rumelange (Grand-Duché de Luxembourg). Ferrantia, Luxembourg, 36: 79-123, 7 pl.
- Weis R. 1999. - Die Belemniten der Minette-Formation (ob. Toarcium- ob. Aalenium) Luxemburgs. Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg, 32: 207-246.

Weis R. 2006. - Bélemnites (Cephalopoda, Coleoidea) du Bajocien de Rumelange (Luxembourg). Bulletin de la Société des Naturalistes luxembourgeois, 106: 151-165, 12 figs.

Weis R. & Mariotti N. 2007. - A belemnite fauna from the Aalenian-Bajocian boundary beds of the Grand Duchy of Luxembourg (NE Paris Basin). Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 46 (2-3): 149-174. Modena.

An early Bajocian echinoid fauna from Differdange and Pétange (Luxembourg), including a new Rhabdocidaroid species

Ben Thuy

Institute of Geosciences, University of Tübingen
Sigwartstrasse 10
D-72076 Tübingen
nebyuht@yahoo.com

Keywords: Bajocian, Echinoids, Luxembourg, Differdange, Pétange, Taxonomy

Abstract

An echinoid assemblage from the early Bajocian (*Discites-* to *Laeviuscula*-Zones) of Differdange and Pétange is described based on 13 tests and test fragments of regular echinoids, 69 spines and spine fragments and 27 tests of irregular echinoids. A total of nine species were found, one of which is described as new; these include four cidaroid species (*Rhabdocidaris ehmanni* n. sp., *Polycidaris horrida*, *Paracidaris* cf. *zschokkei*, *Caeno-*

cidaris sp.), one pedinoid species (*Caenopedina ferryi*), one phymosomatoid species (*Polydiadema depressa*), one stomechinoid species (*Stomechinus bigranularis*) and two irregular echinoid species (*Galeropygus sublaevis* and *Aulacopygus?* sp.). The new rhabdocidarid species seems to occupy an intermediate position between the slightly older *Rhabdocidaris fowleri* and the more advanced Jurassic rhabdocidarids.

Mots clés: Bajocien, oursins, Luxembourg, Differdange, Pétange, taxonomie

Résumé

Une faune d'oursins du Bajocien inférieur (zones à *Discites* et *Laeviuscula*) de Differdange et Pétange est décrite sur base de 13 tests et fragments de test d'oursins réguliers ainsi que 69 radioles et fragments de radioles, et 27 tests d'oursins irréguliers. Au total, neuf espèces, dont une nouvelle, sont identifiées : quatre espèces de cidaroïdes (*Rhabdocidaris ehmanni* n. sp., *Polycidaris horrida*, *Paracidaris* cf. *zschokkei*, *Caeno-*

cidaris sp.), une espèce de pédinoïde (*Caenopedina ferryi*), une espèce de phymosomatoïde (*Polydiadema depressa*), une espèce de stoméchinoïde (*Stomechinus bigranularis*) et deux espèces d'oursins irréguliers (*Galeropygus sublaevis* et *Aulacopygus ?* sp.). La nouvelle espèce de rhabdocidaroiïde semble occuper une position intermédiaire entre *Rhabdocidaris fowleri*, légèrement plus ancien, et les rhabdocidaïres jurassiques plus évolués.

Schlüsselwörter: Bajocium, Seeigel, Differdange, Luxembourg, Pétange, Taxonomie

Zusammenfassung

Eine Seeigelfauna aus dem frühen Bajocium (*Discites-Laeviscula* Zone) von Differdange und Pétange wird anhand von 13 Gehäusen und Gehäusefragmenten von regulären Seeigeln, 69 Stacheln und Stachelfragmenten sowie von 27 Gehäusen von irregulären Seeigeln beschrieben. Insgesamt konnten neun Arten, darunter eine neue, bestimmt werden: vier Cidaroiden-Arten (*Rhabdocidaris ehmanni* n. sp., *Polycidaris horrida*, *Paracidaris*

cf. *zschokkei*, *Caenocidarid* sp.), eine Pedinoidea-Art (*Caenopedina ferryi*), eine Phymosomatoidea-Art (*Polydiadema depressa*), eine Stomechinoidea-Art (*Stomechinus bigranularis*) und zwei Arten irregulärer Seeigel (*Galeropygus sublaevis* und *Aulacopygus?* sp.). Die neu aufgestellte *Rhabdocidarid*-Art scheint ein Bindeglied zwischen der etwas älteren *Rhabdocidarid fowleri* und weiterentwickelten jurassischen Formen darzustellen.

Introduction

The thin and highly fossiliferous conglomeratic limestone beds at the top of the Micaceous Marls overlying the well-known iron oolithe ("Minette") formation exposed in the region of Differdange and Pétange (Fig. 1) have attracted the attention of local fossil collectors since many years. The beautifully preserved gastropods and bivalves originating from this area can be found in most private fossil collection in and around Luxembourg. Despite their high content in exceptionally well preserved invertebrate remains and the availability of a large amount of material in the collection of the Natural History Museum in Luxembourg and in well accessible private collections, the limestone beds in question have not been the focus of any palaeontological study so far. The description of the echinoid faunule is one of the first attempts to taxonomically assess the rich invertebrate material of the pebbly limestone with the belemnites briefly described in Weis & Mariotti (2007) and the gastropods being the focus of a work in progress by Maria Alessandra Conti (Università 'La Sapienza' Roma) & Stefano Monari (Università degli Studi di Padova). It deserves a description for being one of the rare well preserved echinoid faunas from the early Bajocian of the eastern Paris Basin, all the more since it includes

a previously undescribed species. The taxonomic assessment of the invertebrate material will eventually contribute to a better understanding of the palaeoecology of the pebbly limestone not yet addressed in this study.

Geological and palaeontological setting

The echinoid fauna described in the present study originates from a thin lithostratigraphical unit, which, pending a revision according to international standards, is here informally termed "Sonninienkonglomerat" or "Couches à Sonninia" as introduced by Lucius (1948). Usually, it consists of one or two closely spaced continuous beds of dark grey to yellow, marly limestone rarely exceeding a total thickness of 0.4 m. These beds occur throughout most of the north-eastern Paris Basin at the top of the Micaceous Marls, a succession of grossly homogeneous, silty to sandy, grey argillites overlying the renowned iron oolites of the north-eastern Paris Basin (Lucius 1948). The limestone contains numerous well-rounded, clayey to marly pebbles mostly coated by a glossy blanket of iron oxide, bored and encrusted by serpulids, bivalves and bryozoans. Locally iron ooids are the dominant components

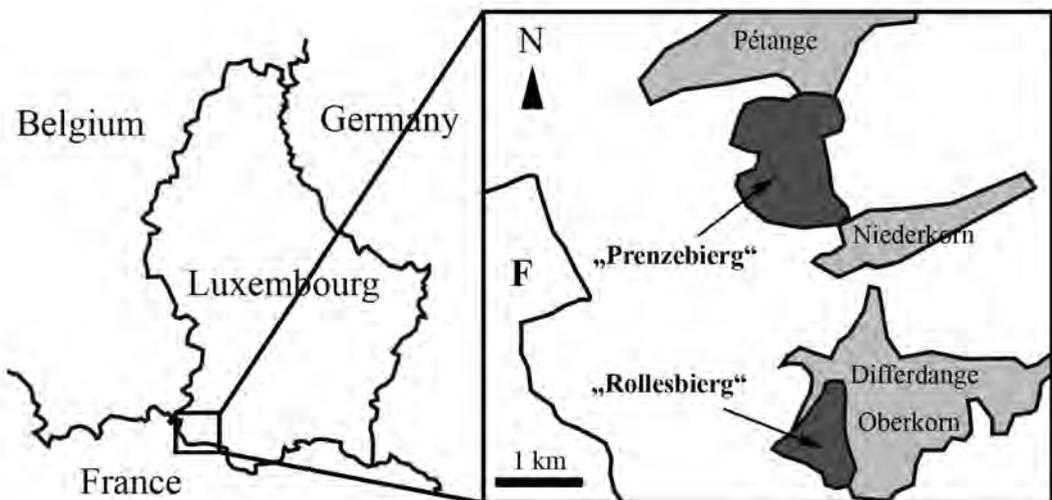


Fig. 1: Location of the abandoned quarry systems of "Prenzeberg" and "Rollesberg" areas near Differdange and Pétange (L).

of the limestone. Maubeuge (1994) describes *Hyperlioceras* cf. *discites* from the Micaceous Marls of the Differdange region and *Sonninia* sp. from the overlying pebbly limestone of the same region. Weis and Mariotti (2007) mention the two limestone beds on top of the Micaceous Marls as attributable to the *Laeviuscula*- and *Propinquans*-Zones. Ammonites from the two conglomeratic limestone beds of Pétange and Differdange in the Natural History Museum in Luxembourg and a private collection (Daniel Watrinelle, Differdange) indicate the *Discites*- and *Laeviuscula*-Zones (pers. obs., and Guérin-Franiatte, pers. comm. 2003). The limestones have therefore to be considered as strongly condensed beds. This conclusion is consistent with the occurrence of bored and encrusted intraclasts indicative of very low sedimentation rates, and the observation by Lucius (1948) that no sign of emersion could be found at the base of the pebbly limestone.

The pebbly limestones are locally highly fossiliferous. Bivalves, brachiopods, gastropods, serpulids, bryozoans and solitary corals (mostly *Montlivaltia* sp.) occur in great numbers with most specimens being very well preserved. Sponges and small coral colonies (mostly thin, plate-like colonies of *Thamnasteria* sp.) are also common. Cephalopods and vertebrate remains are rare. Echinoderm remains are also a rather rare component of the macrofossil record but occur in great abundance in the form of disarticulated ossicles.

The studied echinoid remains all originate from two large abandoned iron ore quarry systems, "Prenzebiërg" area between Pétange and Niederkorn and "Rollesbiërg" area south-west of Differdange.

Material and Methods

The material examined in the present study originates from the collection of the Musée national d'histoire naturelle in Luxembourg (MnhnL) and from three private collections (Daniel Watrinelle, Differdange; Marceline Haas, Steinsel; Werner Maidorn, Bridel). A total of 13 tests and test fragments of regular echinoids, 69 cidaroid spines and 27 tests of irregular echinoids were studied. In the descriptions the use of morphological

terms follows Smith (2005). Morphometric measurements were taken on the specimens using a calliper and a micrometer mounted on one of the oculars of a dissecting microscope.

Additional morphometric values were taken from the dataset used in Thuy (2003) or were kindly provided by A. Vadet. The raw morphometric data are appended to the present study (appendix 1). Abbreviations of the morphometric parameters are as follows: width of areole: wAr; height of areole: hAr; diameter of mamelon: dMam; diameter of mamelon of scrobicular tubercle (dScrTu).

Systematic palaeontology

Subclass Cidaroidea Smith 1984

Order Cidaroida Claus 1880

Family Rhabdocidaridae Lambert 1900

Genus *Rhabdocidaris* Desor 1855

Type species: *Cidaris orbignyana* Agassiz, in Agassiz & Desor 1846, p. 28, by subsequent designation of Lambert and Thiéry 1910, p. 136.

Rhabdocidaris ehmanni n. sp.

Plate 1; plate 2, figs a, e-f

Derivation of name: Name formed in honour of Annemie and Henri Ehmann (Schifflange, Luxembourg) for their hospitality and indefatigable support in my field trips amongst others in the area of discovery of the new species.

Types: Holotype is the largest and best exposed test fragment on MnhnL (Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg) RB027, paratypes are MnhnL ZS538 (isolated interambulacral plate), MnhnL ZS549, MnhnL ZS550 and MnhnL ZS551 (spines)

Other material: MnhnL ZS552 to ZS565 (14 spines); MnhnL RB326; MnhnL ZS323; MnhnL DOT087; three isolated interambulacral plates from the Haas M. collection; 14 spines from the Haas M. collection; six spines from the Maidorn W. collection.

Type locality: "Rollesbiërg" area near Differdange (Luxembourg);

Type horizon: conglomeratic, ferruginous limestone at the top of the Micaceous Marls,

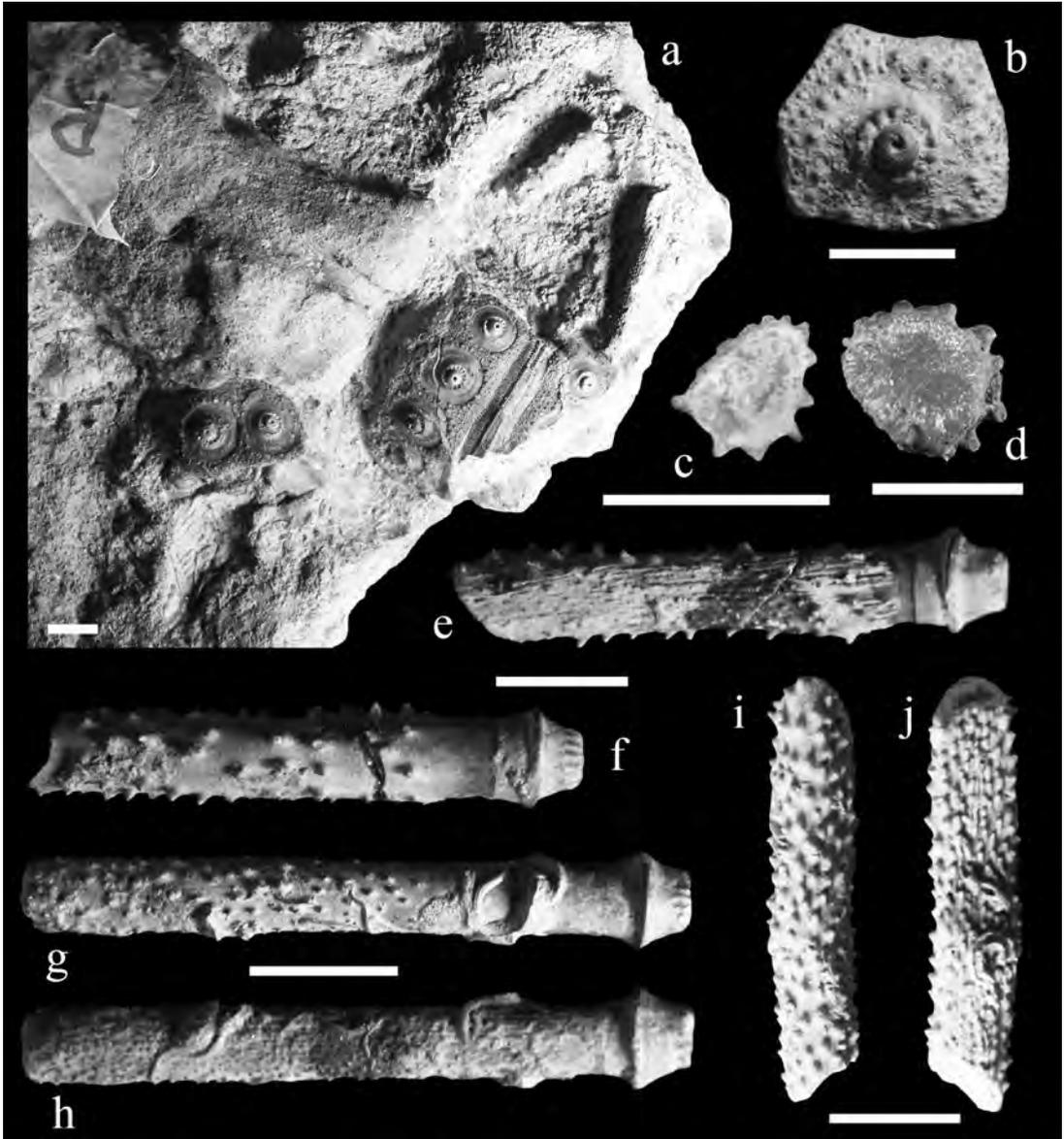


Plate 1: *Rhabdocidaris ehmanni* n. sp.

a; MnhnL RB027, holotype, fragmentary test with two associated spines, from the early Bajocian of the "Rollesbiereg" area near Differdange (L). b; MnhnL ZS538, isolated interambulacral plate, from the early Bajocian of the "Prenzebiereg" area near Pétange (L). c; MnhnL ZS549, spine fragment, horizontal section close to apical end, from the early Bajocian of the "Prenzebiereg" area near Pétange (L). d-f; MnhnL ZS550, paratype, spine, horizontal section close to apical end (d), and in two different lateral views (e and f), from the early Bajocian of the "Prenzebiereg" area near Pétange (L). g-h; MnhnL ZS551, paratype, spine in two different lateral views, from the early Bajocian of the "Prenzebiereg" area near Pétange (L). i-j; MnhnL ZS549, spine in two different lateral views (same specimen as in Fig. c). All scale bars equal 1 cm.

Discites- to *Propinquans*-Zones, early Bajocian, Jurassic.

Diagnosis: Large Rhabdocidarid with slender, cylindrical spines of circular to rounded triangular cross section; numerous irregularly disposed thorns on shaft, not arranged in ribs; shaft faceted with one side beset with smaller thorns and sometimes shallow furrows; relatively small scrobicular tubercles; marginal ambulacral tubercles not incised.

Description of holotype: MnhnL RB027 (Pl. 1, fig. a; Pl. 2, fig. a) is an aggregation of at least three test fragments and two spines which, due to similar size and preservation and the arrangement of the fragments on the slab, most probably belong to a single individual. Only the most complete and best exposed test fragment is chosen as holotype. The other fragments are excluded in order to avoid nomenclatural complications should the fragments be found to belong to more than one individual. The chosen fragment comprises parts of two hemi-interambulacra and one ambulacrum in ambital region. Test diameter can be estimated to at least 75 mm. Height of test as well as shape and diameter of peristome and apical disc are unknown. Four primary tubercles discernible on largest interambulacral fragment. Areole of ambital tubercle nearly circular (width of areole (w_{Ar})=13.1 mm; height of areole (h_{Ar})=12.3 mm); parapet strongly crenulate, crenulation appears to be strongest on adapical side of the tubercles, Mamelon relatively small (diameter of mamelon (d_{Mam})=3.4 mm), perforate. Areoles of tubercles in one hemi-interambulacrum separate. Scrobicular circle at ambitus composed of 16 well differentiated tubercles; mamelon of scrobicular tubercles small (diameter of mamelon of scrobicular tubercle (d_{ScrTu})=0.4mm). Extrascrobicular zones with relatively dense heterogeneous tuberculation, mostly limited to adradial and interradian zones.

Ambulacrum almost straight. Pore-pairs conjugate with widely separate pores. Interporiferous zone with a marginal series of uniform, contiguous tubercles with differentiated mamelon, and a broad inner zone with four to five much smaller tubercles per ambulacral plate (Fig. 2). Marginal tubercles not incised. Adoral ambulacral tuberculation not preserved.

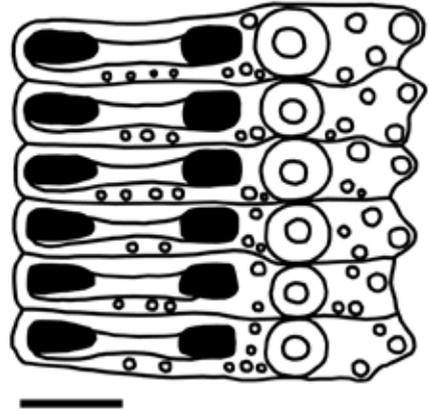


Fig. 2: Drawing of a set of ambital ambulacral plates of *Rhabdocidaris ehmanni* n. sp., MnhnL RB027 (holotype) from the early Bajocian of the "Rollesberg" area near Differdange. Scale bar equals 1 mm.

Paratype supplements and variation:

MnhnL ZS550 (Pl. 1, figs d-f) is a nearly complete, stout spine. The apex is broken. Base and collar short. Acetabulum strongly crenulate. Shaft slender, cylindrical, very vaguely triangular in cross section, not becoming flattened or spatuliform. Shaft clearly faceted; ornamentation consists of sparse thorns irregularly scattered on two thirds of the shaft. The other third of the shaft, which, based on the development of the crenulation, most likely represents the adoral side of the spine, is densely beset with much smaller thorns and shallow longitudinal furrows.

MnhnL ZS551 (Pl. 1, figs g-h) is another almost complete spine. As in MnhnL ZS550, the apex is missing, but MnhnL ZS551 has a larger portion of the shaft preserved. It fits the description of MnhnL ZS550 very well but has a slightly slenderer shaft and is circular in cross section. Thorns on shaft smaller and more numerous. As in MnhnL ZS550 thorns are not arranged in rows or ribs. Shaft distinctively faceted.

MnhnL ZS549 (Pl. 1, figs c and i-j) is a spine fragment lacking the base. The shaft is slender and rounded triangular in cross section. Thorns are very dense but as in the other paratype spines they are irregularly scattered on the shaft and show no tendency to merge into longitudinal ribs or rows. One third of the shaft densely beset with smaller thorns.

Discussion: The studied test fragments are assignable to the Rhabdocidaridae as defined by Smith (2005), a group of extinct echinoids characterised by single, perforate and strongly crenulate primary tubercles, shallow areoles, heterogeneous extrascrobicular tuberculation and strongly conjugate pore-pairs. Within this family, the Jurassic forms share a broadly similar test morphology. Nevertheless, Vadet (1991) used characters such as the relative size of the scrobicular tubercles and of the mamelon of the primary interambulacral tubercle as well as the presence or absence of an incision in the marginal ambulacral tubercles to erect several new genera. Smith (2005) and in part Radwanska (2003) considered these differences to be insufficient for generic subdivision and synonymised most Jurassic genera with *Rhabdocidaris*. Only *Laurenticidaris* Vadet 1991, is maintained on the basis of differences in spine morphology: the spines are fusiform and beset with a coarse pustulation while those of *Rhabdocidaris* are cylindrical to spatuliform and bear thorns.

The material studied herein does not include a test with spines in place, but the spines and test fragments considered to belong together are of compatible size and have similarly strongly crenulate parapets and acetabula respectively. Furthermore, the aggregation of test fragments described as holotype is associated with two spine fragments of compatible size. If this aggregation represents a single individual collapsed at the spot of burial, the spines are very likely to belong to that same individual. It thus seems reasonably well supported that the spines and test fragments considered here to belong together are indeed assignable to the same species.

The spine morphology clearly excludes an attribution to *Laurenticidaris*. Within *Rhabdocidaris*, the absence of an incision in the marginal ambulacral tubercles places the test fragments closest to *R. fowleri* (Wright 1851) from the Aalenian of Great Britain, *R. copeoides* Agassiz & Desor 1847, from the Bajocian to Oxfordian of France and *R. maxima* (Münster in Goldfuss 1826) from the Oxfordian to Kimmeridgian of

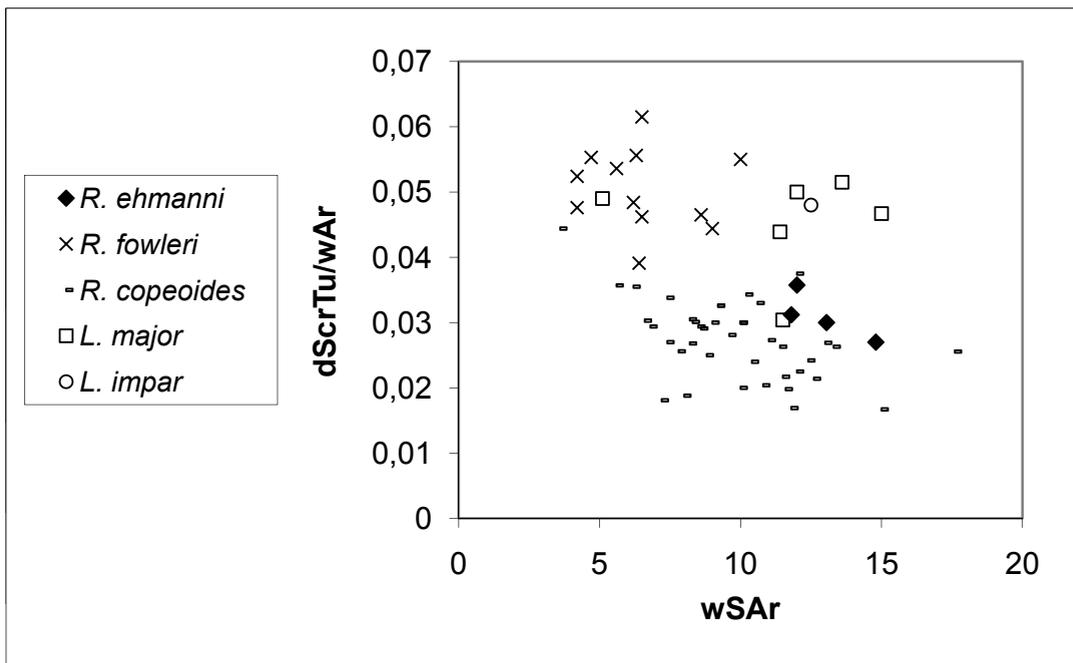


Fig. 3: Morphometric comparison of the ratio "diameter of the scrobicular tubercle/width of areole" (dScrTu/wAr) of *Rhabdocidaris ehmanni* n. sp. and *Rhabdocidaris fowleri* (Aalenian of Crickley Hill, Great Britain), *R. copeoides* (late Bajocian, Bathionian, Callovian and Oxfordian of France), *Laurenticidaris impar* (Aalenian of the Ardèche, France), and *L. major* (Aalenian and Bajocian of France).

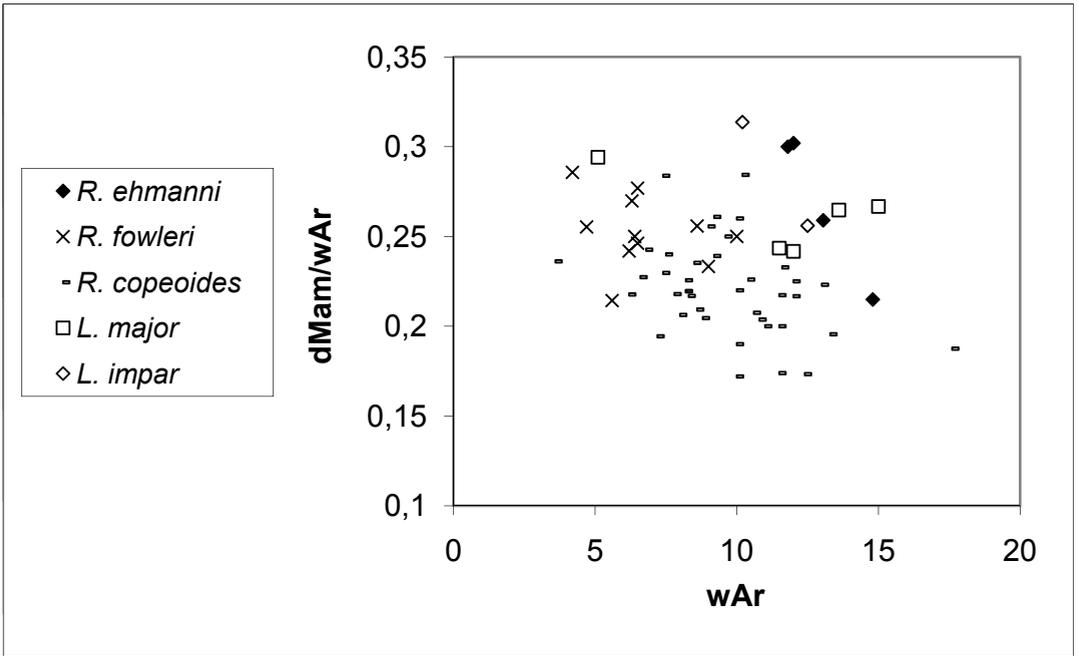


Fig. 4: Morphometric comparison of the ratio "diameter of primary interambulacral mamelon/width of scrobicular circle" (dMam/wScr) of *Rhabdocidaris ehmanni* n. sp. and *Rhabdocidaris fowleri* (Aalenian of Crickley Hill, Great Britain), *R. copeoides* (late Bajocian, Bathionian, Callovian and Oxfordian of France), *Laurenticidaris impar* (Aalenian of the Ardèche, France), and *L. major* (Aalenian and Bajocian of France).

Europe. Thanks to raw data kindly provided by A. Vadet (personal communication), it was possible to morphometrically compare the test fragments described herein with *R. fowleri* from the Aalenian of Crickley Hill, Great Britain, *R. copeoides* from the late Bajocian, Bathionian, Callovian and Oxfordian of France, *Laurenticidaris impar* (Dumortier 1875) from the Aalenian of the Ardèche, France, and *L. major* (Cotteau 1878) from the Aalenian and Bajocian of France. The results show that the Luxembourgian test fragments are clearly distinguished from *R. fowleri*, *L. impar* and *L. major* and closest to *R. copeoides* as far as the relative size of the scrobicular tubercle (dScrTub) is concerned (Fig. 3). One specimen of *L. major* seems to be aberrantly grouping with *R. copeoides* and the Luxembourgian specimens. Although it was used as a main distinguishing character by Vadet (1991), the size of the mamelon (dMam) of the primary interambulacral tubercle shows no convincing separation of the examined taxa (fig. 4). The test fragments from Differdange and Pétange differ from *R. maxima* in having better differentiated scrobicular tubercles.

Among the 43 spines and spine fragments attributed to the test fragments described herein not a single one is spatuliform or shows any tendency to become flattened distally. Their slender shape together with the irregularly scattered thorns on the shaft place the spines closest to *R. fowleri* and clearly separate them from all other known species of *Rhabdocidaris* as they have spatuliform spines and/or thorns arranged in longitudinal ribs or coarse rows (Radwanska 2003; Smith 2005). In contrast to the spines found in *R. fowleri*, the spines described herein are faceted and show a tendency to become triangular in cross-section, characters which they share with the other species of *Rhabdocidaris*. The conclusion of these observations is a set of test fragments that are indistinguishable from *R. copeoides* and clearly separated from *R. fowleri*, and associated with spines that are closest to those of *R. fowleri* but sharing slight affinities with the more slender spines of the other species of *Rhabdocidaris*. In the presence of well preserved test fragments that can be meaningfully combined with numerous spines it seems justified to erect a new species. This new

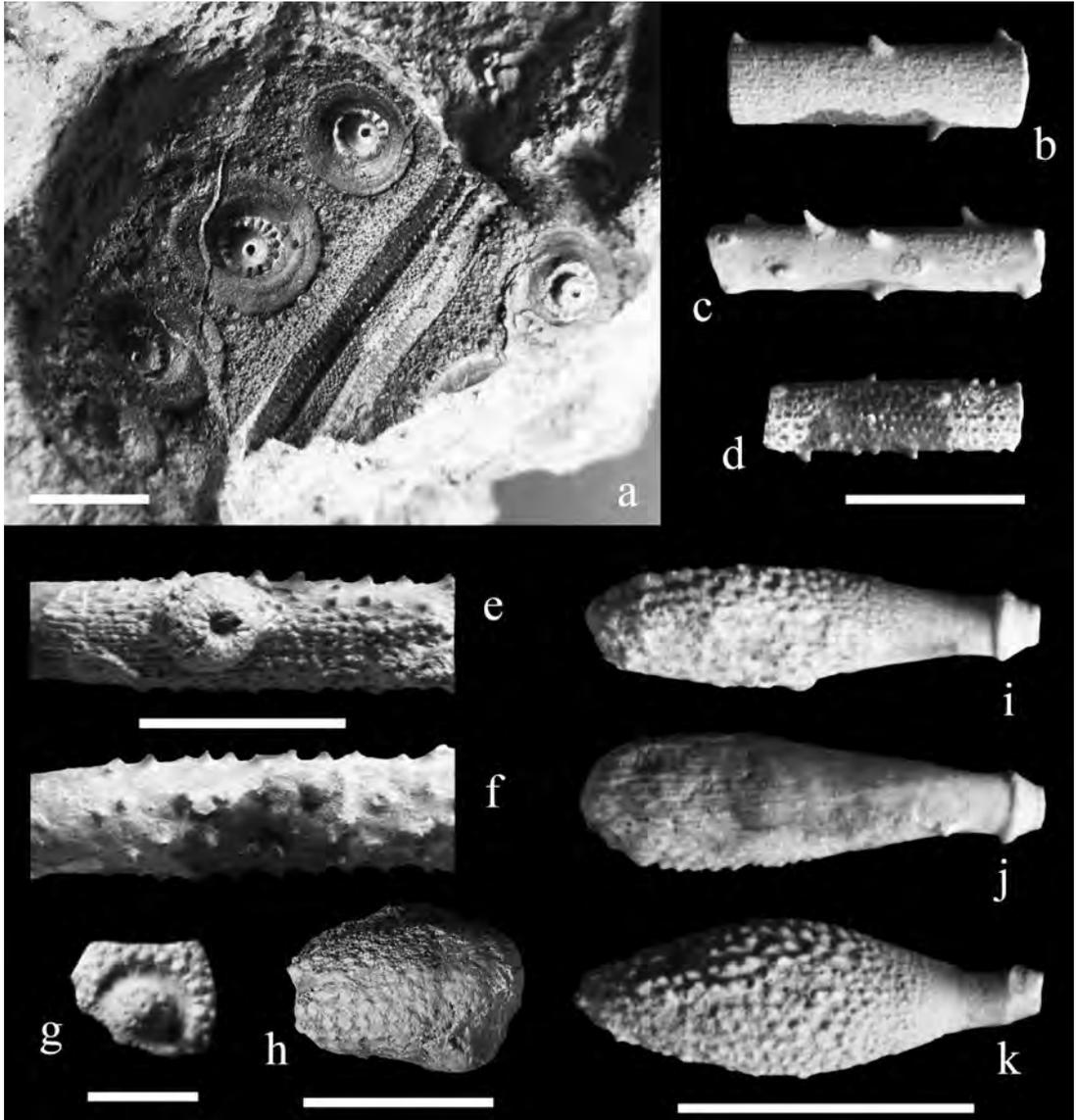


Plate 2:

Rhabdocidaris ehmanni n. sp.: a; MnhnL RB027, holotype, detail of test fragment, from the early Bajocian of the "Rollesberg" area near Differdange. e-f; MnhnL ZS552, shaft of a spine in two different lateral views, from the early Bajocian of the "Prenzeberg" area near Pétange (L); note the sponge growing on the spine shaft.

Polycidaris horrida: b; MnhnL ZS539, spine fragment in lateral view. c; MnhnL ZS540, spine fragment in lateral view. d; MnhnL ZS541, spine fragment in lateral view. All three specimens from the early Bajocian of the "Prenzeberg" area near Pétange (L).

Paracidaris zschokkei: g; MnhnL ZS537, isolated interambulacral plate, early Bajocian of the "Prenzeberg" area near Pétange (L).

Caenocidaris cucumifera: h; MnhnL DOT089, spine fragment, early Bajocian of the "Rollesberg" area near Differdange.

Spines of uncertain affinity: i; MnhnL ZS566, spine in lateral view. j; MnhnL ZS567, spine in lateral view. k; MnhnL ZS568, spine in lateral view. All three specimens from the early Bajocian of the "Prenzeberg" area near Pétange.

Scale bars equal 1 cm in Figs a-f and h-k, and 0.5 cm in Fig. g. Note that figs b-d and i-k share a common scale bar.

taxon occupies an intermediate position, both in terms of stratigraphic occurrence and spine morphology, between the early *Rhabdocidarid* *R. fowleri* and the other somewhat more advanced Jurassic forms. Considering the nearly identical test morphologies, the slender but already faceted spines of *Rhabdocidarid ehmanni* n. sp. are likely to have developed into the large spatuliform spines of *R. copeoides* possibly in relation with changes in habitat and/or lifestyle.

The taxonomic position of the aberrant specimen treated as *Laurenticidarid major* in the raw data of Vadet needs reappraisal, especially since it groups with the complex *R. copeoides* and *R. ehmanni*, two species whose tests must now be considered to be indistinguishable.

From a palaeoecological point of view it is noteworthy that many of the examined spines are densely encrusted with serpulids, bryozoans and even small sponges (Pl. 2, figs e-f). Ante-mortem encrustation of spines is known from recent cidaroids (Hopkins et al. 2004). In some of the examined fossil spines, however, epibionts are found on the base of the spine, which implies that at least part of the encrusting organisms must have colonised the spines post-mortem. Encrustation is very rarely found in the spines described from the early Bajocian of nearby Rumelange (Thuy 2003), which, in the case of ante-mortem encrustation, might simply reflect a restriction of the epibionts to certain species. In the case of post-mortem encrustation, a much higher sedimentation rate and thus shorter exposure of dead spines for the Rumelange assemblage seems likely. For the material described herein, the encrusting organisms are mostly found on one side of the spine only or, in the case of serpulids, have the opening of their tubes on one side only (Pl.1, figs g-h). This either implies a preference of the epibionts for one side of the spines on the living animals, conceivably the side offering the best position for filter feeding, or, in the case of post-mortem encrustation, reflects the fact that the spines were lying undisturbed and exposed long enough for the encrusting organisms to colonize them.

Family Polycidaridae Vadet 1988

Genus *Polycidarid* Quenstedt 1858

Polycidarid horrida (Merian in Agassiz 1840)

Plate 2, figs b-d

1991. *Polycidarid horrida* (Merian in Agassiz 1840); Vadet, p. 127, pl. 6, figs 3-6.

2003. *Polycidarid horrida* (Merian in Agassiz 1840); Thuy, p. 87, pl. 1, figs 1-6.

Material studied: MnhnL ZS539 to ZS548 (10 spines)

Description: Spines very slender and cylindrical; shaft not faceted, sparsely beset with large thorns arranged without particular order mostly accompanied by a dense carpet of much smaller thorns or pustules.

Discussion: This species is only represented by spine fragments in the studied echinoid faunule. They are easily distinguished from the spines of *R. ehmanni* n. sp. because of their unfaceted shaft beset with much scarcer thorns. Known from numerous spine fragments and test fragments from the slightly younger Audun-le-Tiche marls of nearby Rumelange (Thuy 2003).

Genus *Paracidarid* Pomel 1883

Paracidarid cf. zschokkei (Cotteau 1875)

Pl. 2, fig. g

1991. *Nenoticidarid zschokkei* (Cotteau 1875); Vadet, p. 102, pl. 3, figs 1-4.

2003. *Nenoticidarid zschokkei* (Cotteau 1875); Thuy, p. 90, text-fig. 1, pl. 1, figs 7-17.

Material studied : MnhnL ZS537 (isolated interambulacral plate); MnhnL DOT087 (spine fragment); four spine fragments from the Haas M. collection.

Description: Interambulacral plate dominated by single primary tubercle, perforate and weakly crenulate, with small mamelon. Areole slightly wider than high, incised, separated at least adapically from neighbouring areole. Scrobicular tubercles differentiated, rather large. Extrascrobicular tuberculation reduced.

Spines very slender and cylindrical. Ornamentation consists of regular rows of thorns pointing towards the apex.

Discussion: The rare specimens from Differdange and Pétange are very similar to the slightly younger material abundantly encountered in Rumelange (Thuy 2003). The examined plate

can not be an adapical plate of one of the other cidaroid species present as its mamelon is far too small for *Caenocidaris* sp., the adradial edge is not wedge-like, which excludes *Polycidaris*

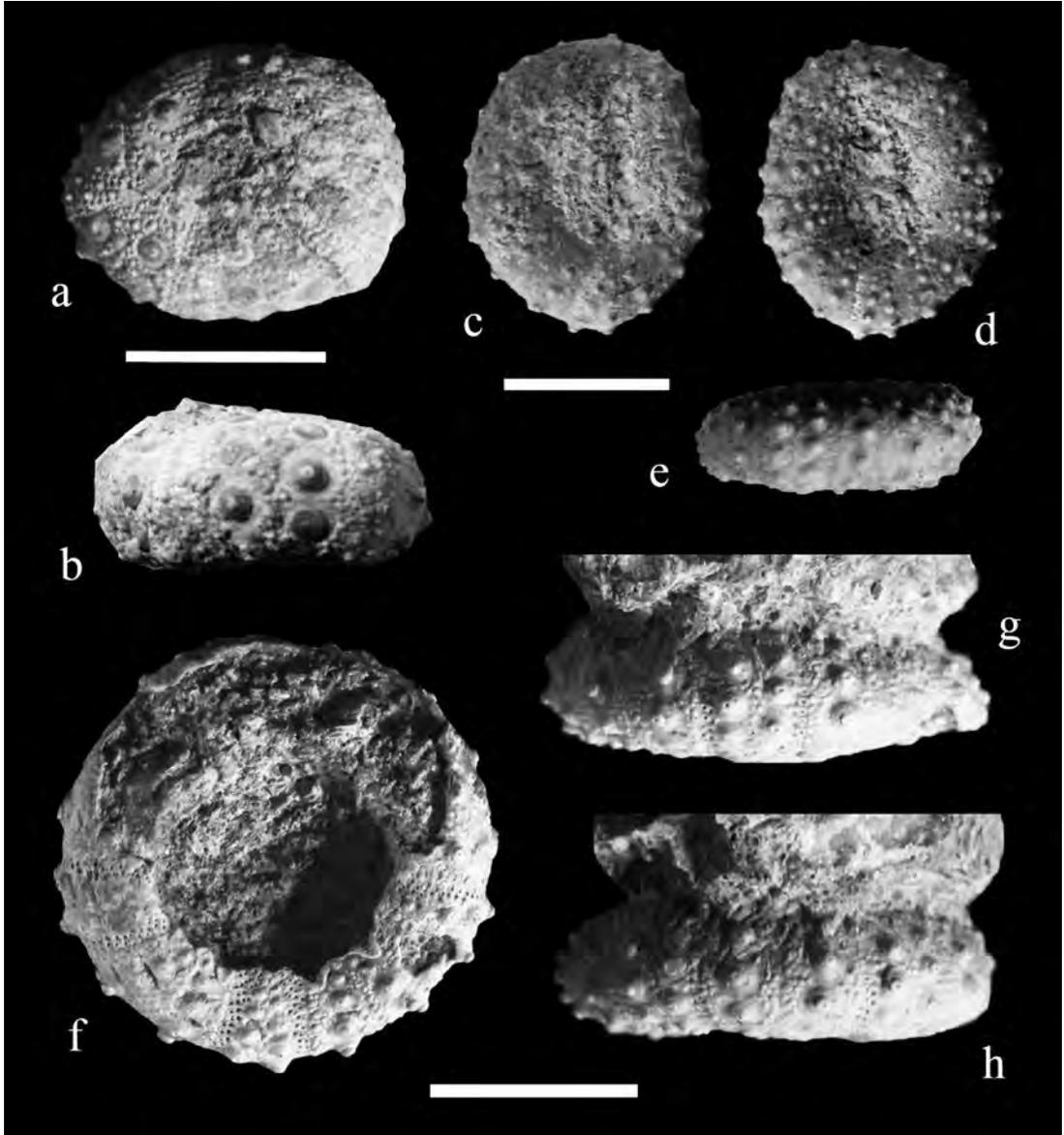


Plate 3:

Hemipedinia ferryi: a-b; MnhnL ZS577, test in apical (a) and lateral (b) view.

Polydiadema depressa: c-e; MnhnL ZS578, distorted test in apical (c), oral (d) and lateral view (e); f-h; MnhnL ZS579, test in oral (f) and lateral view showing ambulacrum (g) and interambulacrum (h).

All specimens from the early Bajocian of the "Prenzeberg" area near Pétange (L).

All scale bars equal 1 cm.

horrida, and the scrobicular tubercles are too large for *Rhabdocidaris ehmanni*. Nevertheless, considering the highly fragmentary nature of the remains, their attribution to *P. zschokkei* should be considered as provisional pending the discovery of more complete material.

Family Psychocidaridae Ikeda 1936

Genus *Caenocidaris* Thiéry 1928

Caenocidaris sp.

Pl. 2, fig. h

Material studied: MnhnL DOT089

Description: The only known specimen is a stout, poorly preserved fragmentary spine lacking its base. It has the typically fusiform shape of *Caenocidaris*-spines and an ornamentation consisting of beaded ribs.

Discussion: The specimen herein is referred to *Caenocidaris* due to its shape and ornamentation. It is easily distinguished from the other small, fusiform spines from Differdange and Pétange by its unfaceted shaft and the coarse pustules arranged in beaded ribs.

Spines incertae sedis

Pl. 2, figs i-k

Material studied: MnhnL ZS566 to ZS575 (10 spines)

Description: Small, short, fusiform spines, with pointed or rounded obtuse apex. Base relatively tall, oblique to axis of spine in many specimens. Acetabulum small, clearly crenulate in most specimens. Collar high. Ornamentation consists of numerous small thorns loosely arranged in rows or irregularly scattered. Shaft faceted in most specimens, with one side beset with smaller thorns.

Discussion: In spite of their fusiform shape, these spines are incompatible with any known species of the Jurassic Psychocidarid genera *Caenocidaris*, *Roseicidaris* Vadet 1991, and *Balanocidaris* Lambert 1910, due to their high collar and the small, clearly crenulate acetabulum. The spines might belong to a species that has not produced any test remains in the Differdange and Pétange areas yet. Alternatively, the spines might be interpreted as small spines, most probably adoral spines, of *Rhabdocidaris ehmanni* n. sp.. The crenulate base

and the faceted shaft densely beset with thorns corroborate an attribution to *R. ehmanni*. However, until the discovery of a test with the described type of spines attached or until a detailed comparison with adoral spines of other Rhabdocidarids, the spines in question are treated as of uncertain affinity.

Subclass Euechinoidea Bronn 1860

Order Pedinoida Mortensen 1939

Family Pedinidae Pomel 1883

Genus *Caenopedina* Agassiz 1869

Caenopedina ferryi (Cotteau 1860)

Pl. 3, figs a-b

1993. *Hemipedina chalmasi* (Cotteau 1882); Vadet, p. 21, pl. 2 fig. 3.

2001. *Hemipedina ferryi* Cotteau 1860; Vadet & Slowik, p. 26, pl. 5.

2003. *Hemipedina ferryi* Cotteau 1860; Thuy, p. 101, text-figs. 4-5, pl. 4, figs. 1-6.

Material studied: MnhnL ZS577; one test from Haas M. collection.

Description: Test small and rather depressed. Peristome about half the diameter of the test; apical disc slightly smaller, disc plating not preserved. Interambulacra with relatively tall plates dominated by single, large, perforate and non-crenulate primary tubercle. Areoles very large, nearly circular, mostly confluent at ambitus. Very small, secondary interambulacral tubercles discernible in interradial zone. Primary tubercles rapidly decreasing in size towards apical disc. Extrascrobicular tubercles limited to adradial and interradial zones.

Ambulacra straight, rather narrow; pore-pairs uniserial, crowded adorally to form weakly developed phylloides. Ambulacral plating compound in groups of three plates all extending to the periradial suture. Large perforate tubercle on every compound plate. Ambulacral tubercles much smaller than interambulacral ones.

Discussion: The two studied specimens are very similar to the slightly younger material described from Rumelange (Thuy 2003) and from Liocourt in France (Vadet & Slowik 2001) which was assigned to *Hemipedina ferryi*. They clearly differ from coeval *Hemipedina woodwardii*

in having higher interambulacral plates, larger interambulacral primary tubercles and much smaller interambulacral secondary tubercles. The genera *Hemipedina* Wright 1855, and *Caenopedina* as defined by Smith (2005) are morphologically very similar, differing essentially in the larger interambulacral primary tubercles with confluent ambital areoles in *Caenopedina*. From this point of view, the specimens mentioned above described as *Hemipedina ferryi* and the material described herein must be re-assigned to *Caenopedina*. The Bajocian to Bathonian *Caenopedina chalmasi* (Cotteau 1882) was synonymised with *Hemipedina ferryi* by Vadet & Slowik (2001), a species that should therefore be transferred to the genus *Caenopedina* as well. Pending a revision of the Jurassic species of *Hemipedina* and *Caenopedina* it seems best to assign the material to *Caenopedina ferryi*.

Superorder Stirodonta Jackson 1912

Order Phymosomatoida Mortensen 1904

Family Emiratiidae Ali 1990

Genus *Polydiadema* Lambert 1888

Polydiadema depressa (Agassiz, in Agassiz & Desor 1846)

Pl. 3, figs c-h

1993. *Girardema depressum* (Agassiz, in Agassiz & Desor 1846); Vadet, p. 89, text-fig. 73, pl. 10 fig. 1.

2001. *Girardema depressum* (Agassiz, in Agassiz & Desor 1846); Vadet & Slowik, p. 39, pl. 7.

2003. *Trochotiara depressa* (Agassiz, in Agassiz & Desor 1846); Thuy, p. 104, text-fig. 7, pl. 5, figs 1-11, pl. 6, figs 1-2.

Material studied: MnhnL ZS247; MnhnL ZS578 and ZS579.

Description: Test small, strongly flattened, concave on oral side, slightly convex on apical side. Peristome large, incised by ten distinctive buccal notches with lip. Outline of apical disc not discernible in the studied material, apical plating not preserved.

Interambulacral plates wider than high at ambitus, dominated by single perforate and crenulate primary tubercles with large, confluent areoles. Tubercles diminishing in size adapically and adorally. Small and hardly differentiated secondary tubercles in adradial and interradian zones. Naked median corridor in adapical interradian zone.

Ambulacra relatively wide. Ambulacral plating trigeminate throughout with all plates reaching periradial suture. Single perforate and crenulate ambulacral tubercle to every compound plate, almost as large as interambulacral primary tubercles. Pore-pairs uniserial throughout, crowded adorally to form weak phyllodes.

Discussion: Very common species in the late early Bajocian of nearby Rumelange extensively studied in Thuy (2003). Vadet (1993) assigned the species in question to his new genus *Girardema* for specimens of the late Bajocian of Normandy. *Girardema* was found to be a subjective junior synonym of *Trochotiara* (see Thuy 2003). *Trochotiara* Lambert 1901, in turn is considered to be indistinguishable from *Polydiadema* (Smith 2005). *Polydiadema depressa* differs from middle Jurassic species of *Diplopodia* McCoy 1848, in having trigeminate ambulacral plating. Well developed biserially offset adapical pore-pairs are known to occur in *Polydiadema depressa* (see Thuy 2003) and thus are no reliable distinctive character.

Order Stomechinoida Vadet 1999

Family Stomechinidae Pomel 1883

Genus *Stomechinus* Desor 1856

Stomechinus bigranularis (Lamarck 1816)

Pl. 3, figs n-o

?1993. *Stomechinus bigranularis* (Lamarck 1816); Vadet, p. 93, text-fig. 76, pl. 10 fig. 5.

?1993. *Psephechinus germinans* (Philipps 1829); Vadet, p. 95, text-fig. 77, pl. 10 fig. 6.

?2001. *Psephechinus germinans* (Philipps 1829); Vadet & Slowik, p. 41, pl. 8.

2003. *Psephechinus germinans* (Philipps 1829); Thuy, p. 109, text-fig. 8, pl. 6 figs 3-8.

Material studied: MnhnL ZS580; one specimen from the Haas M. collection.

Description: Small echinoid with flat to concave oral side, domed apical side and low ambitus. Peristome large. Apical disc small, hemicyclic. Interambulacral plate much wider than high, bearing one imperforate and non-crenulate primary tubercle and numerous granules and secondary tubercles. The latter are largest subambitally, especially in adradial zone, where they can attain the size of the primary tubercles.

Secondary tubercles rapidly decrease in size above ambitus.

Ambulacral plating trigeminate with every plate extending to perradial suture. Pore-pairs arranged in triads forming a broad poriferous zone. One primary ambulacral tubercle on every compound plate at least in subambital regions, slightly smaller than primary interambulacral tubercles. Perradial zone between primary ambulacral tubercles with numerous much smaller secondary tubercles and granules.

Discussion: The two small specimens from Pétange are very similar to the material described in Thuy (2003) as *Psephechinus germinans*. The genus *Psephechinus* is considered to be a subjective junior synonym of *Polycyphus* Agassiz 1847 (Smith 2005). *Polycyphus* is distinguished from *Stomechinus* in having multiple subequal tubercles on interambulacral plates throughout. As far as this character is concerned, the specimens described as *Psephechinus germinans* in Thuy (2003) and in Vadet (1993) and Vadet & Slowik (2001) are closer to *Stomechinus*. Awaiting a revision of the Middle Jurassic Stomechinids clarifying the status of *Pephechinus germinans*, it seems best to assign the specimens described herein and those in Thuy (2003) to the most similar species of the genus *Stomechinus* which is *S. bigranularis*. The specimens described in Vadet (1993) and Vadet & Slowik (2001) are likely to be assignable to *S. bigranularis* too but without examining the specimens this question can not be answered definitely.

Superorder Irregularia Latreille 1825

Stem-group atelostomates (=Disasteroidea Mintz 1968)

Hyboclypeid grade taxa

Aulacopygus? sp.

Pl. 3, figs i-m

Material studied: MnhnL ZS581.

Description: Test small, ovate, elongated posterior margin, truncated at anal groove. Peristome anterior in position. Apical system elongate, anterior in position, apical plates lost. Periproct supramarginal, in deep groove increasing in width towards posterior margin. Ambulacra not petaloid. Poriferous zones narrow. Pore-pairs forming very weakly developed phyllodes adorally. Interambulacra with numerous small

tubercles, slightly smaller and less densely arranged on apical side of test.

Discussion: The elongate, adjunct apical system, the periproct opening into a longitudinal groove extending from the apical system to the posterior margin of the test, the non-petaloid ambulacra and the very weakly developed phyllodes place the described specimen in the Hyboclypeids as stem group atelostomates. Within this group *Aulacopygus* Pomel 1883 differs from *Hyboclypeus* Agassiz 1839 in having the ocular plates II and IV of the apical system separated by complemental plates (Barras 2006). Since the apical plating is lost in the described specimen it is hardly possible to definitely assign it to either of these two genera. The absence of a crest on ambulacrum III places the specimen closest to *Aulacopygus* with its only species *A. caudatus* (Wright 1852), or *Hyboclypeus sandalinus* Merian in Desor 1857. The shape of the apical disc area, however, speaks in favour of an attribution to *Aulacopygus*.

The specimen is easily distinguished from co-occurring *Galeropygus agariciformis* (Wright 1852) because of its very weakly developed phyllodes, and from approximately coeval *Menopygus nodoti* (Cotteau 1859) by its anterior peristome and the more elongate apical system.

Stem group Neognathostomata

Genus *Galeropygus* Cotteau 1856

Galeropygus sublaevis (McCoy 1848)

Pl. 4, figs a-f; Pl. 5, figs a-d

1997. *Galeropygus agariciformis* (Wright 1852); Vadet, p. 23, figs 174, 178, 184, 185.

2006. *Galeropygus sublaevis* (McCoy 1848); Barras, p. 51, text-figs 10, 28-30, 36, 38, pl. 4, figs 1-8.

Material studied: MnhnL ZS494-1 to ZS494-3; MnhnL RB164; MnhnL RB338-1 to RB338-5; MnhnL ZS503; MnhnL ZS423; MnhnL RB205-1 to RB205-2; MnhnL ZS360; MnhnL RB218; MnhnL ZS212-1 to ZS212-3; MnhnL RB001; MnhnL ZS206; MnhnL RB204; MnhnL RB212; four specimens from the Haas M. collection.

Description: Test large (up to 52.7 mm in length), circular in outline, low in profile, oral side concave, apical side slightly conical. Peristome small, pentagonal, slightly anterior of centre. Periproct at anterior end of well developed anal

groove extending to the ambitus. Apical system tetrabasal, not elongate, forming anterior border of periproct. Apical plating lost in most specimens. In some individuals (Pl. 4, fig. f) only genital and ocular plates are preserved, suggesting a set of

several complementary plates. Ambulacra narrow, slightly sub-petaloid apically with pore-pairs only weakly differentiated from ambital pore-pairs. Adoral phyllodes well developed, with pore-pairs in arcs of three. Interambulacra broad, with

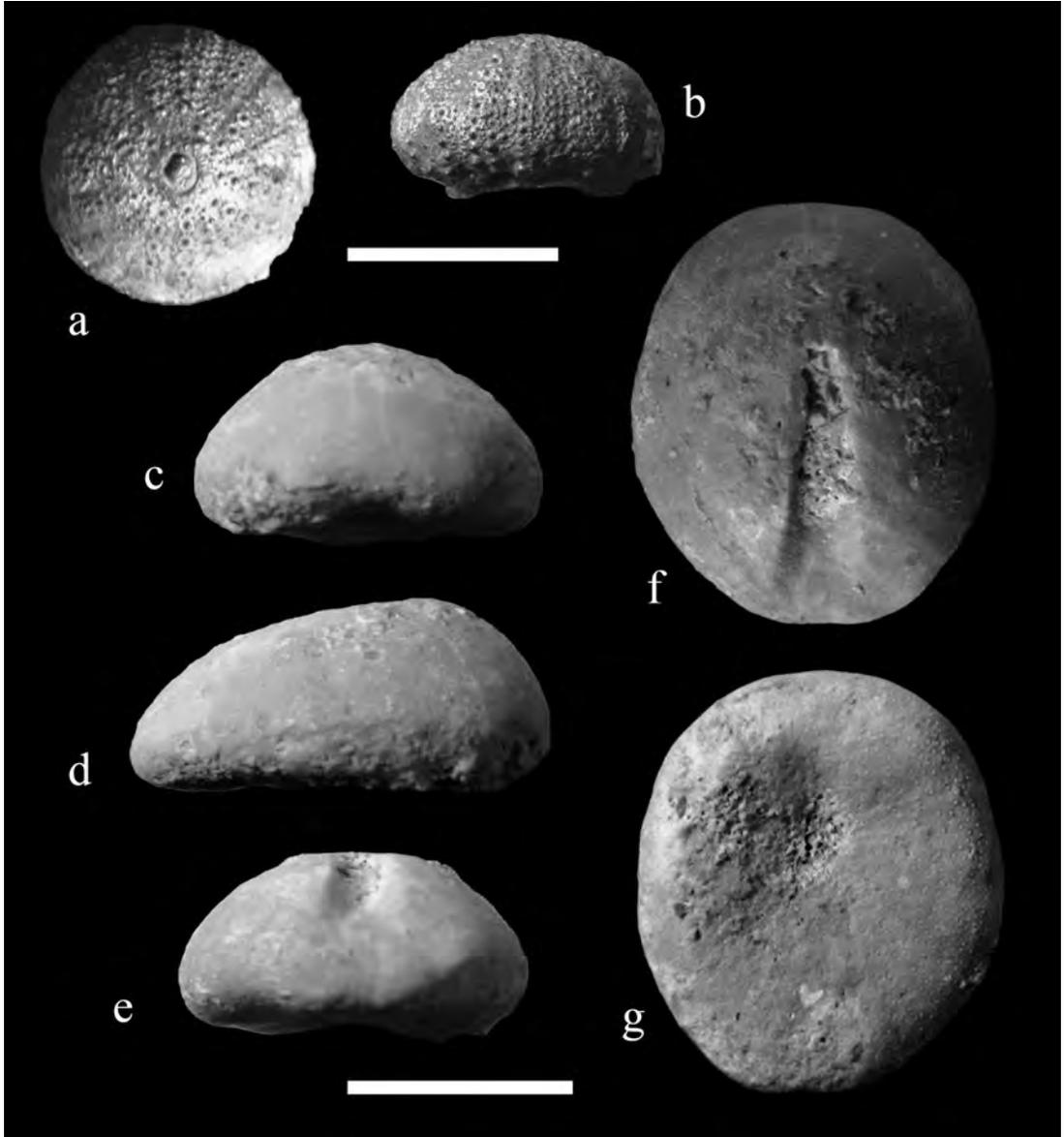


Plate 4:

Psephechinus germinans: a-b ; MnhnL ZS580, test in apical (a) and lateral (b) view showing ambulacrum.
Aulacopygus caudatus: c-g, MnhnL ZS581, test in anterior (c), lateral (d), posterior (e), apical (f) and oral (g) view.
 All specimens from the early Bajocian of the "Prenzebiere" area near Pétange (L).
 All scale bars equal 1 cm.

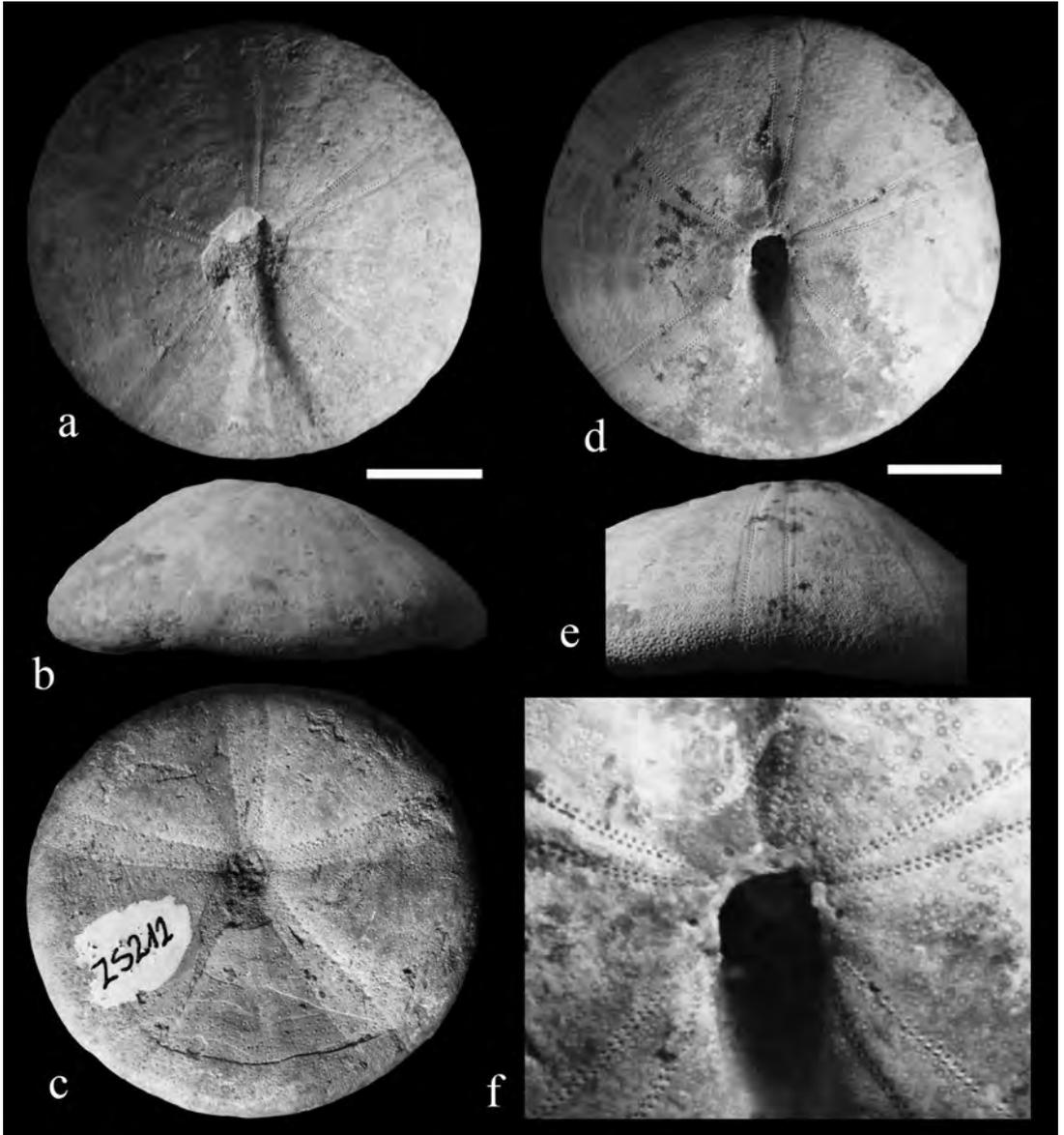


Plate 5: *Galeropygus sublaevis*:

a-c; MnhnL ZS212-1, test in apical (a), lateral (b) and oral (c) view. d-f; MnhnL RB218, test in apical view (d), detail of apical plating (e), lateral view of test showing anterior even ambulacrum (f). All scale bars equal 1 cm.

numerous small, crenulate and perforate tubercles not arranged in vertical series and slightly larger on adoral surface.

Discussion: In his monograph on the British Jurassic irregular echinoids, Barras (2006) found *Galeropygus agariciformis* and *G. dumortieri* Talbot

Paris 1908 to be indistinguishable from *G. sublaevis* reducing them to junior subjective synonyms of the latter. According to Vadet (1997), *Galeropygus marcou* (Desor in Agassiz & Desor 1847) differs from *G. agariciformis* only in the smaller number of complemental apical plates. Barras (2006) clearly

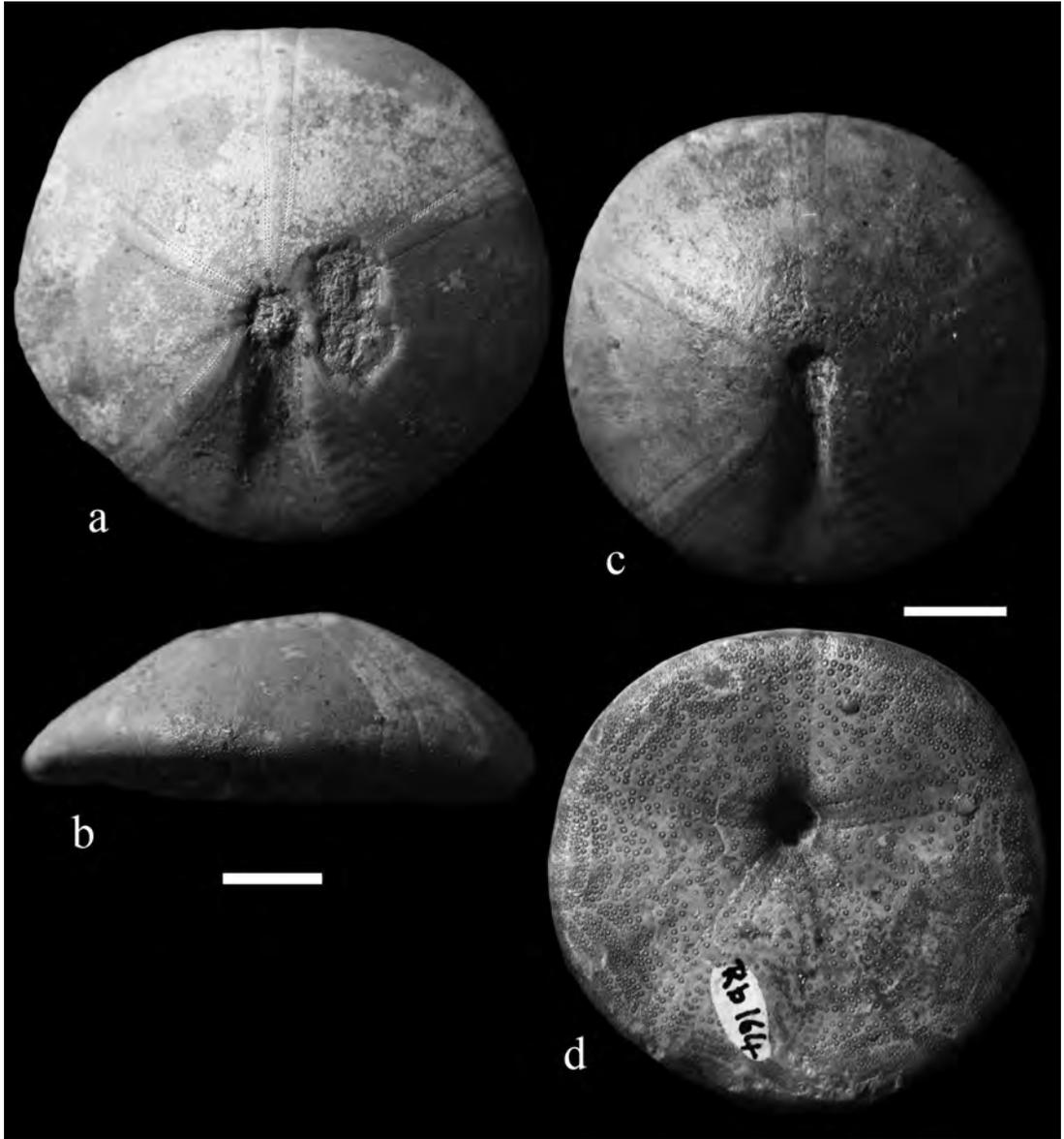


Plate 6: *Galeropygus sublaevis*:

a-b; MnHN ZS494-1, test in apical (a) and lateral (b) view. c-d; MnHN RB164, test in apical (c) and oral (d) view. All scale bars equal 1 cm.

demonstrated this character to be highly variable in *G. sublaevis*, and the difference between *G. marcou* and *G. agariciformis* as illustrated in Vadet (1997) falls within this range of variability. The status of *G. marcou* thus needs reappraisal.

Galeropygus sublaevis differs from approximately coeval *G. constantini* (Cotteau 1871) in having a

much more depressed test and a concave oral surface. *Galeropygus parviphyllus* Barras 2006 has poorly developed phyllodes at comparable test size.

The material from Differdange and Pétange is the first report of *G. sublaevis* from the north-eastern Paris Basin.

Acknowledgments

I thank Marceline Haas (Steinsel, L), late Daniel Watrinelle (Differdange, L) and late Werner Maidorn (Bridel, L) for allowing unlimited access to their specimens, and in the case of D. Watrinelle for generously donating specimens and for guiding me on the field trips to the "Prenzeberg" area; Alain Faber and Robert Weis (Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg) for their assistance in accessing the MnHN collection; Andrew B. Smith (Natural History Museum, London) for his fruitful comments on the new Rhabdocidarid species; Colin Barras (London, UK) for sending a copy of his monograph; Lea Numberger (University of Tübingen, D) for her assistance in the light photographs.

References

- Barras C. 2006. - British Jurassic irregular echinoids. Monograph of the Palaeontographical Society, London, 625: 168 pp.
- Hopkins, T. S., Thompson, L. E., Walker, J. M. & Davis M. 2004. - A study of epibiont distribution on the spines of the cidaroid sea urchin, *Eucidaris tribuloides* (Lamarck, 1816) from the shallow shelf of the eastern Gulf of Mexico, in Heinzeller, T. & Nebelsick, J. H. (eds) 2004: Echinoderms: München, Taylor and Francis, 633 pp.
- Lucius M. 1948. - Das Gutland. Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte Luxemburgs. Publications du Service géologique de Luxembourg, 5 : 405 pp.
- Maubeuge P. L. 1994. - Sur quelques *Hyperlioceras* et autres Ammonites bajociennes du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg, Bulletin de la Société des Naturalistes luxembourgeois, 95 : 365-371.
- Radwanska U. 2003. - A monograph of the Polish Oxfordian echinoids; Part 1, Subclass Cidaroida Claus, 1880. Acta Geologica Polonica, 53: 143-165.
- Smith A. B. (editor) 2005. - The Echinoid Directory. World Wide Web electronic publication, <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/echinoid-directory/index> [accessed 08.06.2009]
- Thuy B. 2003. - Les échinides du Bajocien de Rumelange (Grand-Duché de Luxembourg). Ferrantia, Travaux scientifiques du Musée national d'Histoire naturelle Luxembourg, 36 : 79 - 123.
- Vadet A. 1991. - Révision des " Cidaris " du Lias et du Dogger européens. Mémoires de la Société Académique du Boulonnais, 10 : 167 pp.
- Vadet A. 1993. - Les Oursins du Bathonien et du Bajocien de Normandie. Mémoires de la Société Académique du Boulonnais, 6 : 104 pp.
- Vadet A. 1997. - Echinides du Callovien de la Sarthe et de l'Orne, II-A Les Echinides irréguliers : Analyse et évolution, première partie. Mémoires de la Société Académique du Boulonnais, 18 : 72 pp.
- Vadet A. & Slowik D. 2001. - Les oursins du Bajocien de Liocourt. Mémoires de la Société Académique du Boulonnais, 22 : 48 pp.
- Weis R. & Mariotti N. 2007. - A belemnite fauna from the Aalenian-Bajocian boundary beds of the Grand-Duchy of Luxembourg (NE Paris Basin). Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 46 (2-3), 149-174.

Appendix 1

Morphometric data for *Rhabdocidaris ehmanni* n. sp., values in mm (abbreviations: wAr, width of interambulacral areole; hAr, height of interambulacral areole; dMam, diameter of interambulacral mamelon; dScrTu, diameter of mamelon of scrobicular tubercle):

Collection Nr.	Locality	wAr	hAr	dMam	dScrTu
MnhnL ZS538 (paratype)	Differdange	11.8	11.9	3.54	0.37
MnhnL RB027 (holotype)	Differdange	13.1	12.3	3.38	0.39
Haas, M.	Differdange	14.8	-	3.18	0.4
Haas, M.	Differdange	12	11.5	3.63	0.43
Haas, M.	Differdange	9.8	9.5	3.18	0.26

Note on an early Bajocian Diadematoïd echinoid with attached spines and lantern from Rumelange (NE Paris Basin)

Ben Thuy

Institute of Geosciences, University of Tübingen
Sigwartstrasse 10
D-72076 Tübingen
nebyuht@yahoo.com

Keywords: Diadematoïda, *Culozoma*, Echinodermata, Jurassic, Luxembourg

Abstract

A crushed echinoid test with lantern and some primary spines *in situ* is described from the early Bajocian (*Humphriesianum*-Zone) Nondkeil limestones of Rumelange in southern Luxembourg. The specimen is poorly preserved but there is sufficient morphological evidence to tenta-

tively assign it to the Middle Jurassic genus *Culozoma* within the Aspidodiadematoïdidae (order Diadematoïda). It is the first report of adhering spines in a specimen assignable to *Culozoma* and confirms the presence of very long and slender primary spines in this genus.

Mots clés: Diadematoïda, *Culozoma*, Echinodermata, Jurassique, Luxembourg

Résumé

Un test d'oursin écrasé avec lanterne et quelques radioles primaires conservés *in situ* est décrit ici. Il provient des Calcaires de Nondkeil, datés du Bajocien inférieur (zone à *Humphriesianum*), des environs de Rumelange au sud du Grand-Duché de Luxembourg. Malgré son état de préservation fragmentaire, ce spécimen unique montre des

caractères morphologiques suffisants pour le rapprocher du genre *Culozoma* du Jurassique moyen (Diadematoïda, Aspidodiadematoïdidae). Il s'agit de la première signalisation d'un spécimen rapportable à *Culozoma* qui conserve des radioles en place, ce qui permet de confirmer la présence de radioles primaires longues et grêles.

Schlüsselwörter: Diadematoïda, *Culozoma*, Echinodermata, Jura, Luxembourg

Zusammenfassung

Ein zerdrücktes Gehäuse eines Seeigels mit erhaltener Laterne sowie mehreren Primärstacheln *in situ* wird aus den Nondkeiler Kalken des unteren Bajociums (*Humphriesianum*-Zone) von Rumelange in Südluxemburg beschrieben. Trotz seines fragmentären Erhaltungszustandes zeigt das Einzelstück ausreichende morphologische Merkmale, die eine Einordnung in die

mitteljurassische Gattung *Culozoma* (Diadematoïda, Aspidodiadematoïdidae) ermöglichen. Es handelt sich hierbei um den Erstfund eines Seeigels, der der Gattung *Culozoma* zuzurechnen ist und noch Stacheln im Originalverbund erkennen lässt: dies bestätigt das Vorhandensein sehr langer, dünner Primärstacheln bei dieser Gattung.

Introduction

As one of the most accessible and fossiliferous early Bajocian localities of the eastern Paris basin, the quarry "op der henneschter Heed" near Rumelange at the Luxembourgian-French border has attracted the attention of fossil collectors since many years. Despite the great amount and diversity of fossil remains from Rumelange housed in the collection of the Natural History Museum in Luxembourg and several private collections, the material has received only scarce attention from a systematic point of view. The notes about chondrichthyan fish remains (Delsate 1992), echinoids (Thuy 2003) and belemnites (Weis 2006) were first contributions to a taxonomical assessment of the fossil organisms from Rumelange. The locality has recently been the focus of a joint project between amateur collectors and scientists aiming at a descriptive overview of all early Bajocian taxa encountered in the quarry (Fayard, Gross, Lajournade, Lathuilière, Vailly & Weis 2005).

The echinoid fauna of the Rumelange quarry was described in detail by Thuy (2003), but since then new discoveries have been made. The most remarkable finding probably, is that of a crushed echinoid test with the lantern and some of the spines preserved *in situ*. Despite its poor preservation this specimen turned out to belong to a species that has never been reported from this area before. The new specimen is attributable to a group of echinoids that was first known from very rare occurrences in France for which Vadet and Slowik (2001) erected the genus *Culozoma*. A recent report (Smith & Coppard 2005) of a specimen of *Culozoma* with a preserved lantern from the early Bajocian of Great Britain confirmed the presence of U-shaped teeth and thus the supposed assignment to the Diadematoïda.

Although poorly preserved, the new specimen from Rumelange allows casting some light on the previously unknown spine structure of *Culozoma*, a morphological feature of systematic importance for diadematoïds. It further gives new insight into the palaeontology of the poorly known Nondkeil limestones. Considering the extreme scarcity of fossil diadematoïd echinoids with associated lantern and spines, the Bajocian specimen is worth a brief description.

Material and Methods

The specimen described herein consists of a diagonally compressed test exposing the ventral side. The lantern is preserved *in situ* and well visible. A few spines and spine fragments attached to the test are preserved. During recovery in the field, two small fragments of the test including the adoral part of an ambulacrum scaled off. The preservation of the echinoid is poor. As most calcareous fossils in the silty to sandy Nondkeil limestones it heavily suffered from post-diagenetical dissolution. Nevertheless, the most relevant characters are discernible. One of the best preserved spine fragments was removed from the specimen, mounted on an aluminium stub and gold-coated for SEM-observation.

The specimen is deposited in the collection of the Natural History Museum of Luxembourg (MnhnL) under the collection number BM460.

Geological and palaeontological setting

The Nondkeil limestones form a lithostratigraphic unit developed in the northern part of the French Lorraine region and southern Luxembourg. The unit displays a succession of silty to sandy, reddish-brown limestone, and is dated to the late early Bajocian *Humphriesianum*-zone (Lathuilière 2005). In the Rumelange area the Nondkeil limestones appear as a relatively monotonous and grossly bedded succession with bases of megaripples truncated by erosion surfaces and covered by often highly bioturbated clayey to silty blankets.

Small bivalves attributable to *Oxytoma* Meek 1864, and "*Meleagrinnella*" Whitfield 1855, are by far the most common macrofossils of the Nondkeil limestones. Large belemnite rostra assignable to *Megateuthis* Bayle 1878, and rare ammonites and nautilids occasionally occur (Weis & Gross 2005; personal observations). Echinoderm remains are extremely rare in the macrofossil record. In contrast, microscopic ossicles of echinoderms are very common in the Nondkeil limestones but are usually damaged by dissolution.

The Nondkeil limestones are generally interpreted as a deposit of a shallow, near-shore marine setting (Lathuilière 2005). After the sea-level high stand supposed for the time of deposit of the underlying Audun-le-Tiche marls, the Nondkeil limestones document a phase of regression (Lathuilière 2005).

Systematic palaeontology

Subclass Euechinoidea Bronn, 1860

Order Diadematoïda Duncan 1889

Family Aspidodiadematoïdae Duncan 1889

Genus *Culozoma* Vadet & Slowik 2001

Culozoma ? sp.

Pl. 1, figs a-f

Description of BM460: Test crushed. Estimated test diameter of 21 mm. Oral side exposed, apical side concealed by matrix. Test plating rather thin. Outline of peristome not preserved. Subambital interambulacral plates discernible, poorly preserved, wider than high, bearing large primary tubercle. Mamelon not preserved but the remains of its base suggest a very small and perforate mamelon. Parapet crenulated. Secondary interambulacral tubercles present close to interradiar margins of interambulacral plates, perforate and very small. Pore pairs of ambulacra uniserially arranged around the ambitus. All plates reach perradial suture. Plating trigeminate. Ambulacral tubercles small, perforate. Pore pairs crowded adorally to form phyllodes.

Lantern distorted, exposed in oral oblique view. Hemi-pyramids long and slender. Two teeth visible in oblique cross section, U-shaped, not keeled.

Few primary spines preserved *in situ*, mostly broken. Spines are extremely thin and uniformly narrow, needle-like. The longest spine preserved measures 33 mm in length for a maximum diameter of 0.8 mm. The spines are very poorly preserved and only expose a fine longitudinal striation with perpendicular partitions. The spines appear to be finely verticillate but preservation precludes a confirmation. Spines not hollow, filled with gross stereom meshwork. One spine fragment with elongated base preserved.

Discussion

The compound ambulacral plating, the crenulated and perforated tubercles in combination with the U-shaped teeth allow assigning this specimen to the Diadematoïda. Within this group, the ambitally uniserial pore-pairs and the relatively tall interambulacral plates dominated by a large primary tubercle place the Bajocian specimen in the Aspidodiadematoïde as defined by Smith & Coppard (2005). The Aspidodiadematoïdae currently include four genera, *Aspidodiadema* Agassiz 1878, *Plesiadiadema* Pomel 1883, *Culozoma* Vadet & Slowik 2001 and *Gymnotiara* Pomel 1883. The latter two are extinct forms known from the Middle and the Early to Late Jurassic of Europe respectively. The specimen described herein has discernible secondary interambulacral tubercles, trigeminate ambulacral plating at ambitus and well developed oral phyllodes which places it closest to *Culozoma*. The development of the apical interambulacral tubercles would ultimately decide about the taxonomic position of this specimen but unfortunately this character is not discernible on the specimen. An assignment to *Gymnotiara* thus cannot be entirely ruled out.

The specimen described in the present study confirms the long and slender spines that can be expected to be found in a Diadematoïd echinoid. It is, however, surprising that the spines show a gross mesh in the centre of the spines instead of a clear lumen as typical for Diadematoïd spines (Smith & Coppard 2005). The specimen might document that the lumen in Diadematoïd spines occurred later in the development of the group. Another possibility could simply be diagenetic altering of the spines. Recrystallisation processes might have filled an initial lumen or blurred an open meshwork of horizontal partitions and vertical pillars filling the lumen like in *Aspidodiadema* and *Plesiadiadema*. The preservation of the specimen described in this study seems to be too poor to allow the extraction of information on the spine structure other than the mere shape and dimensions of the spines.

Palaeoecology

Recent Diadematoïds typically have very long, fragile, needle-like spines. The specimen described herein confirms the presence of comparable spines in *Culozoma*. Some aspects of the mode of

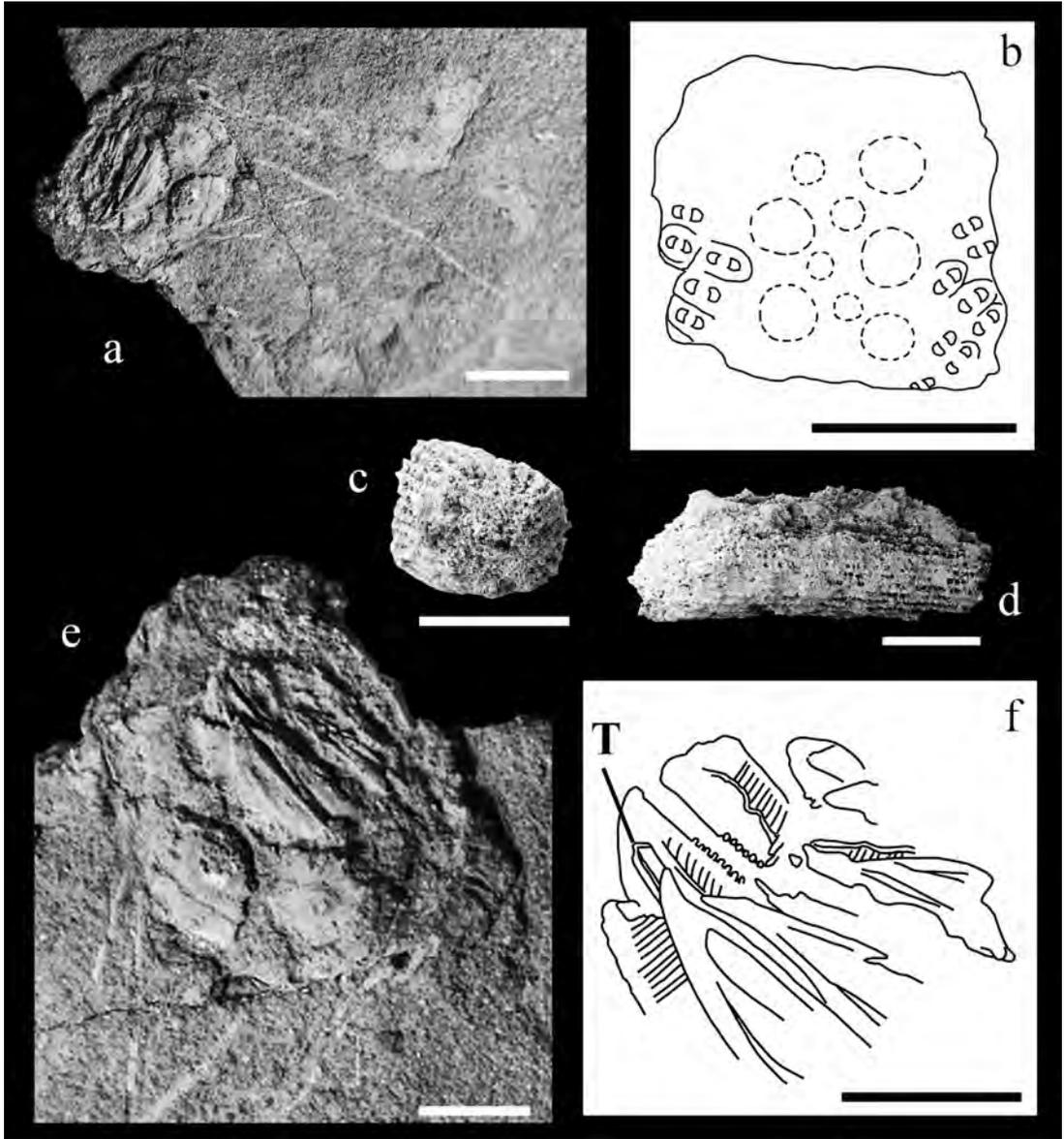


Plate 1:

Culozoma? sp, MnhnL BM460, from the early Bajocian (Humphriesianum-Zone) Nondkeil limestones of Rumelange. a: general view of specimen; scale bar equals 1 cm. b: drawing of adoral ambulacral plating showing phyllodes; scale bar equals 2 mm. c: SEM-picture of spine fragment in cross section; scale bar equals 0.5 mm. d: SEM-picture of spine fragment; scale bar equals 0.5 mm. e: detail of Fig. a; scale bar equals 5 mm. f: drawing of lantern; T=tooth; scale bar equals 5 mm.

life, especially those related to spine morphology, thus can be discussed for the Bajocian specimen. *Diadema antillarum* (Philippi 1845) is known from shallow water habitats in the Caribbean and other parts of the Atlantic avoiding heavy

wave action (Hendler, Miller, Pawson & Kier 1995). *Gymnotiara* occurs in late Jurassic basinal mud facies below active wave base (Smith & Coppard 2005). On the other hand, *Diadema setosum* (Leske 1778) is commonly observed on

the reef flat in exposed subtidal to intertidal areas, mostly in crevices or on hardgrounds, in the Red Sea (Thuy, pers. obs.). Thus, it can not be deduced from the habitat preferences of comparable diadematoïds whether the specimen described in the present study lived in the area of burial. If transportation was involved, it must have been a short event as the spines of a regular sea urchin carcase tend to fall off within a few days (Schäfer 1962; Greenstein 1991), unless the animal was still alive during transport. The test is crushed mostly along the sutures of the plates indicating that fragmentation occurred after the decay of the connective tissue in the plates (Smith 1984). However, adhering spines conflicts with disintegrating test plating as the spines would have fallen off long before the test would have started to disintegrate along the plate sutures. Thus disarticulation of the test must have occurred after burial under the mechanical stress of early compaction for example, with the sediment cover keeping the spines and the lantern in place.

Acknowledgments

I am grateful to Robert Weis (Musée National d'Histoire Naturelle de Luxembourg) for facilitating the access to the specimen, and to Hartmut Schulz (University of Tübingen) for his help with the SEM-pictures.

References

- Delsate D. 1992. - Chondrichthyens mésozoïques du Luxembourg. Note préliminaire. Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois 93 : 181-193.
- Fayard J.-P., Gross N., Lajournade J.-B., Lathuilière B., Vailly G. & Weis R. (coordinators) 2005. - Fossiles et minéraux de la carrière d'Ottange-Rumelange. GEOLOR et AGMP, eds. 152 pp.
- Greenstein, B. J. 1991. - An integrated study of echinoid taphonomy: Predictions for the fossil record of four echinoid families. *Palaios* 6: 519-540.
- Hendler G., Miller J. E., Pawson D. L. & Kier P. M. 1995. - Sea stars, sea urchins, and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press. 390 pp.
- Lathuilière B. 2005. - Introduction géologique à la carrière d'Ottange-Rumelange, in Fayard J.-P., Gross N., Lajournade J.-B., Lathuilière B., Vailly G. & Weis R. (coordinators) 2005 : Fossiles et minéraux de la carrière d'Ottange-Rumelange. GEOLOR et AGMP, eds. 152 pp.
- Schäfer W. 1962. - *Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee*. Kramer, Frankfurt am Main. 666 pp.
- Smith A. B. 1984. - Echinoid Palaeobiology. Special Topics in Palaeontology, London. 190 pp.
- Smith A. B. & Coppard S. E. 2005. - Diadematoïda, in Smith A. B. (editor) 2005. - The Echinoid Directory. World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/palaeontology/echinoids> [accessed 03.06.2009]
- Thuy B. 2003. - Les échinides du Bajocien de Rumelange (Grand-Duché de Luxembourg). Ferrantia, Travaux scientifiques du Musée national d'Histoire naturelle Luxembourg, 36 : 79-123.
- Vadet A. & Slowik D. 2001. - Les oursins du Bajocien de Liocourt. Mémoires de la Société Académique du Boulonnais, Série Histoire Naturelle 22 : 48 pp.
- Weis R. 2006. - Bélemnites (Cephalopoda, Coleoidea) du Bajocien de Rumelange. Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois 106 : 151-165. Luxembourg.
- Weis R. & Gross N. 2005. - Les Bélemnites, in Fayard J.-P., Gross N., Lajournade J.-B., Lathuilière B., Vailly G. & Weis R. (coordinators) 2005 : Fossiles et minéraux de la carrière d'Ottange-Rumelange. GEOLOR et AGMP, eds. 152 pp.

Les volumes de la série FERRANTIA paraissent à intervalles non réguliers. Ils peuvent être consultés en ligne à l'adresse suivante:

<http://www.mnhn.lu/ferrantia/>

Adresse de courriel pour les commandes:

diffusion@mnhn.lu

LISTE DES NUMÉROS PARUS À CETTE DATE

Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle (1981-1999)

- I Atlas provisoire des Insectes du Grand-Duché de Luxembourg. Lepidoptera. 1^{ère} partie (Rhopalocera, Hesperiiidae). Marc Meyer et Alphonse Pelles, 1981.
- II Nouvelles études paléontologiques et biostratigraphiques sur les Ammonites du Grand-Duché de Luxembourg, de la Province du Luxembourg et de la région Lorraine attenante. Pierre L. Maubeuge, 1984.
- III Revision of the recent Western Europe species of genus *Potamocypris* (Crustacea, Ostracoda). Part 1: Species with short swimming setae on the second antennae. Claude Meisch, 1984.
- IV-1 Hétéroptères du Grand-Duché de Luxembourg: *Psallus (Hylopsallus) pseudoplatani* n. sp. (Miridae, Phylinae) et espèces apparentées. Léopold Reichling, 1984.
- IV-2 Hétéroptères du Grand-Duché de Luxembourg: Quelques espèces peu connues, rares ou inattendues. Léopold Reichling, 1985.
- V La bryoflore du Grand-Duché de Luxembourg: taxons nouveaux, rares ou méconnus. Ph. De Zuttere, J. Werner et R. Schumacker, 1985.
- VI Revision of the recent Western Europe species of genus *Potamocypris* (Crustacea, Ostracoda). Part 2: Species with long swimming setae on the second antennae. Claude Meisch, 1985.
- VII Les Bryozoaires du Grand-Duché de Luxembourg et des régions limitrophes. Gaby Geimer et Jos. Massard, 1986.
- VIII Répartition et écologie des macrolichens épiphytiques dans le Grand-Duché de Luxembourg. Elisabeth Wagner-Schaber, 1987.
- IX La limite nord-orientale de l'aire de *Conopodium majus* (Gouan) Loret en Europe occidentale. Régine Fabri, 1987.
- X Epifaune et endofaune de *Liogryphaea arcuata* (Lamarck). Contribution à l'écologie des populations de *Liogryphaea arcuata* (Lamarck) dans le Sinémurien au NE du Bassin de Paris. Armand Hary, 1987.
- XI Liste rouge des Bryophytes du Grand-Duché de Luxembourg. Jean Werner, 1987.
- XII Relic stratified scress occurrences in the Oesling (Grand-Duchy of Luxembourg), approximate age and some fabric properties. Peter A. Riezebos, 1987.
- XIII Die Gastropodenfauna der "angulata-Zone" des Steinbruchs "Reckingerwald" bei Brouch. Hellmut Meier et Kurt Meiers, 1988.
- XIV Les lichens épiphytiques et leurs champignons lichénicoles (macrolichens exceptés) du Luxembourg. Paul Diederich, 1989.
- XV Liste annotée des Ostracodes actuels non-marins trouvés en France (Crustacea, Ostracoda). Claude Meisch, Karel Wouters et Koen Martens, 1989.
- XVI Atlas des lichens épiphytiques et de leurs champignons lichénicoles (macrolichens exceptés) du Luxembourg. Paul Diederich, 1990.
- XVII Beitrag zur Faunistik und Ökologie der Schmetterlinge im ehemaligen Erzabbau-gebiet "Haardt" bei Düdelingen. Jos. Cungs, 1991.
- XVIII Moosflora und -Vegetation der Mesobrometen über Steinmergelkeuper im Luxemburger und im Bitburger Gutland. Jean Werner, 1992.
- 19 Ostracoda. Nico W. Broodbakker, Koen Martens, Claude Meisch, Trajan K. Petkovski and Karel Wouters, 1993.
- 20 Les haies au Grand-Duché de Luxembourg. Konjev Desender, Didier Drugmand, Marc Moes, Claudio Walzberg, 1993.
- 21 Ecology and Vegetation of Mt Trikora, New Guinea (Irian Jaya / Indonesia). Jean-Marie Mangen, 1993.
- 22 A checklist of the recent non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the inland waters of South America and adjacent islands. Koen Martens & Francis Behen, 1993.
- 23 Ostracoda. Claude Meisch, Roland Fuhrmann, Karel Wouters, Gabriele Beyer and Trajan Petrovski, 1996.

- 24 Die Moosflora des Luxemburger Oeslings. Jean Werner, 1996.
- 25 Atlas des ptéridophytes des régions lorraines et vosgiennes, avec les territoires adjacents, Georges Henri Parent, 1997.
- 26 Evaluation de la qualité des cours d'eau au Luxembourg en tant qu'habitat pour la loutre. Groupe Loutre Luxembourg, 1997.
- 27 Notes Paléontologiques et Biostratigraphiques sur le Grand Duché de Luxembourg et les régions voisines. Pierre Louis Maubeuge & Dominique Delsate, 1997.
- 28 Die Moosflora der Kleinen Luxemburger Schweiz (Müllertal). Florian Hans, 1998.
- 29 Etude sur les genres *Globorilusopsis* Maubeuge, 1994 et *Simonicerias* n. gen. du Lias Supérieur du Grand-Duché de Luxembourg (Calypptomatida). Pierre Louis Maubeuge, 1998.
- 30 L'Ichthyofaune du Toarcien luxembourgeois. Cadre général et catalogue statistique. Dominique Delsate, 1999.
- 31 Proceedings of the 3rd European Batdetector Workshop. 16-20 August 1996 Laroche (Lux.). Christine Harbusch & Jacques Pir (eds.), 1999.
- 32 Les collections paléontologiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. Fossiles du Trias et du Jurassique. Dominique Delsate, Chris Duffin & Robi Weis, 1999.
- FERRANTIA (2002-)**
- 33 Die Fledermäuse Luxemburgs (Mammalia : Chiroptera). Christine Harbusch, Edmée Engel, Jacques Pir, 2002.
- 34 The Protura of Luxembourg. Andrzej Szeptycki, Norbert Stomp, Wanda M. Weiner, 2003.
- 35 Liste rouge des bryophytes du Luxembourg. Jean Werner, 2003.
- 36 Paléontologie au Luxembourg. Simone Guérin-Franiatte (éd.), 2003.
- 37 Verbreitungsatlas der Amphibien des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess (éd.), 2003.
- 38 Trois études sur la Zone Rouge de Verdun. I. Herpétofaune. II. La diversité floristique. III. Les sites d'intérêt botanique et zoologique. Georges H. Parent, 2004.
- 39 Verbreitungsatlas der Heuschrecken des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess, 2004.
- 40 Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France - Clés de détermination. E. Sérusiaux, P. Diederich & J. Lambinon, 2004.
- 41 Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg unter besonderer Berücksichtigung der Milben (Acari), Muschelkrebse (Ostracoda) und Ruderfusskrebse (Copepoda). Reinhard Gerecke, Fabio Stoch, Claude Meisch, Isabel Schrankel, 2005.
- 42 Red List of the Vascular Plants of Luxembourg. Guy Colling, 2005.
- 43 Contribution à la climatologie du Luxembourg. Analyses historiques, scénarios futurs. Christian Ries (éd.), 2005.
- 44 Sandstone Landscapes in Europe - Past, Present and Future. Proceedings of the 2nd International Conference on Sandstone Landscapes. Vianden (Luxembourg) 25-28.05.2005. Christian Ries & Yves Krippel (eds.), 2005.
- 45 Additions et corrections au catalogue des plantes vasculaires de l'arrondissement de Montmédy. Etude sur l'évolution séculaire de la flore. Georges H. Parent, 2006.
- 46 Beiträge zur Paläontologie des Unterdevons Luxemburgs (1). Christian Franke (Hrsg.), 2006.
- 47 Verbreitungsatlas der Libellen des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess, 2006.
- 48 Les Hêtres tortillardards, *Fagus sylvatica* L. var. *tortuosa* Pépin, de Lorraine, dans leur contexte européen. Georges H. Parent, 2006.
- 49 Inventaire minéralogique du Luxembourg - Stolzenbourg, Schimpach, Goesdorf. Simon Philippo (éd.), 2007.
- 50 Inventaire de la biodiversité dans la forêt "Schnellert" (Commune de Berdorf) - Erfassung der Biodiversität im Waldgebiet "Schnellert" (Gemeinde Berdorf). Marc Meyer & Evelyne Carrières (éds.), 2007.
- 51 Proceedings of the first international Recorder conference. Luxembourg 2-3 December 2005. Tania Walisch (ed.), 2007.
- 52 Verbreitungsatlas der Reptilien des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess (éd.), 2007.
- 53 Les arbres introduits au Luxembourg. Inventaire des essences arborescentes non indigènes de pleineterre présentes sur le territoire du Grand-Duché de Luxembourg. Antoinette Welter, Jean Turk, Joé Trossen, 2008.

-
- 54 Fossils as Drugs: pharmaceutical palaeontology. Christopher J. Duffin, 2008.
 - 55 Proceedings of the first conference on faunistics and zoogeography of European Trichoptera. Luxembourg 2nd - 4th September 2005. Marc Meyer & Peter Neu (eds.), 2008.
 - 56 Colonial nesting in the Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* (Linné 1758). Research results from a colony on the Dutch IJsselmeer in comparison to other studies on colonial nesting in the species. André Konter, 2008.
 - 57 Die Waldgesellschaften Luxemburgs. Vegetation, Standort, Vorkommen und Gefährdung. Thomas Niemyer, Christian Ries & Werner Härdtle, 2009.
 - 58 Beiträge zur Paläontologie des Unterdevons Luxemburgs (2). Christian Franke (Hrsg.), 2010.
 - 59 Proceedings of the 3rd international symposium Coleoid Cephalopods Through Time. Luxembourg 8th - 11th October 2008. Dirk Fuchs (editor), 2010.
 - 60 Verbreitungsatlas der Zikaden Luxemburgs - Textband. Rolf Niedringhaus, Robert Biedermann, Herbert Nickel, 2010.
 - 61 Verbreitungsatlas der Zikaden Luxemburgs - Atlasband. Rolf Niedringhaus, Robert Biedermann, Herbert Nickel, 2010.
 - 62 Le Jurassique inférieur et moyen au Luxembourg - Nouvelles données paléontologiques et biostratigraphiques. Robert Weis & Simone Guérin-Franjatte (éds.), 2010

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Please check our internet site <http://www.mnhn.lu> for the latest version of these instructions!

Scope

FERRANTIA is a series of monographic works (20-250 pages in final layout) dealing with life and earth sciences, preferably related in some way or other to the Grand-Duchy of Luxembourg.

It publishes original results of botanical, zoological, ecological, geological, mineralogical, paleontological, geophysical and astrophysical research and related fields.

A complete issue of FERRANTIA may be devoted to several papers on a single topic as the responsibility of an invited editor.

Copyright

The submission of a manuscript to FERRANTIA implies that the paper must not have been accepted for publication or be under consideration elsewhere.

Copyright of a published paper, including illustrations, becomes the property of the publisher. Requests to reproduce material from FERRANTIA should be addressed to the editor.

Reviewing

Articles submitted for publication are reviewed by the editorial board and by one or two referees. The final decision on acceptance or rejection of the manuscript is taken by the editorial board. Manuscripts not prepared according to the following instructions to authors will be returned for correction prior to review.

Nomenclature

Papers with a systematic content should strictly follow the International Codes of Nomenclature.

Specimens

We recommend that the authors should deposit at least a part of the type material in the MNHN collections.

Publication dates

FERRANTIA pays special attention to publication dates, which are always specified to the day of publication.

Manuscripts

Manuscripts, without limitation of the number of pages, must conform strictly to the instructions to authors, and should be sent to the Editor:

FERRANTIA

Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg

25, rue Munster

L-2160 Luxembourg

Format

Manuscripts must be submitted as paper copy in triplicate in A4 format, preferably double-spaced, with margins of at least 3 cm and all pages numbered.

If possible, an electronic version of the text may also be sent as unformatted Word document (PC or MAC) (font Times New Roman, 10 pt). Tables (Word, Excel) and figures (300 dpi in the page size of the journal) may also be sent electronically.

Structure

Papers are to be written in simple, correct and concise French, German or English. They should be organized as follows:

- a brief title (should not include the name of new taxa);
- a suggested running head (no more than 50 characters);
- name(s) and first name(s) of author(s), followed by their full address(es) and, if possible, e-mail or fax number;
- abstracts in English, French and German, each 200-800 words long; new taxa names should be included in the abstract; the abstract should be precise and descriptive, in order to be reproduced as such in data bases; avoid vague sentences such as "three new species are described" or "species are compared to species already known"; include precise differential characters;
- text of the article, in the following order: Introduction, Abbreviations used, Material and methods, Results and/or Observations, Discussion, Acknowledgements, References. The arrangement of the parts "Results/Observations" and "Discussion" may be modulated according to the length and subject of the article; very long papers may include a table of contents;
- for systematic descriptions, each description should follow the order: name of taxon with author and date, synonymy, type material, etymology, material examined, distribution, diagnosis and/or description, remarks.
- description of geological features should include type level, type horizon, type locality. This order may be adapted according to the concerned groups: consult a recent issue of FERRANTIA;
- taxon names must be stated with author (and publication date, separated by a comma, where appropriate) at least once at the first mention. At

subsequent mentions of the same taxon, or other taxa of the same genus, the genus name may be abbreviated (*Rosa canina* L. to *R. canina*).

- use n. sp., n. gen., n. fam., etc. for new taxa;
- use italicized words only for taxa of generic and sub-generic ranks;
- use lowercase characters for authority names
- references to illustrations and tables should be indicated as follows: (Fig. 1), (Fig. a, d), (Fig. 2a-d), (Figs 3; 6), (Figs 3-5; Tab. 2); (Tab. 1); for German texts use Abb. instead of Fig.
- footnotes should not be used.

Tables and figures

Copies of all figures and tables should be included with the manuscript. They can be either included in the text at the correct locations with their legends or referenced in the text and included as annexes.

The editorial board will pay special attention to the quality and relevance of illustrations. Colored illustrations are accepted where appropriate and necessary.

Line drawings must be in Indian ink or high quality laser printouts; high contrast Photographs are required,

Illustrations can be grouped into composite plates the elements of which are identified by letters (a, b, c...). Plates are not placed at the end of the article: they will be considered as figures and numbered as such. Arrange figures to fit in one (70 x 200 mm) or two columns (144 x 200 mm) or one half page (144 x 100 mm). Letters, numbers, etc., for each figure, are to be indicated on an accompanying overlay, not on the original figure. They will be inserted by the printer. A scale bar is required for each figure, when appropriate. No diagram or table is to exceed one page; longer tables should be divided.

References

In main text, references to authors, in lower case, should be presented without comma before year, as follows: Smith (2001), Smith (2001, 2002), (Smith 2001), Smith et al. (2003), (Smith 2001; Jones 2002), (Smith & Jones 2003, 2005), (Smith, Jones & Johnson 2003), (Smith et al. 2003), Smith (2001: 1; 2003: 5), Smith (2001: fig. 2).

References should be presented as follows, in alphabetical order. Do not abbreviate journal names:

Høeg J. T. & Lützen J. 1985. - Comparative morphology and phylogeny of the family Thompsoniidae (Cirripedia: Rhizocephala: Akentrogonida) with description of three new genera and seven new species. *Zoologica Scripta* 22: 363-386.

Marshall C. R. 1987. - Lungfish: phylogeny and parsimony, in Bernis W. E., Burggren W. W. & Kemp N. E. (eds), *The Biology and Evolution of Lungfishes*, *Journal of Morphology* 1: 151-152.

Röckel D., Korn W. & Kohn A. J. 1995. - *Manual of the Living Conidae. Volume 1: Indo-Pacific Region*. Christa Hemmen, Wiesbaden, 517 p.

Schwaneer T. D. 1985. - Population structure of black tiger snakes, *Notechis ater niger*, on off-shore islands of South Australia: 35-46, in Grigg G., Shine R. & Ehmann H. (eds), *Biology of Australasian Frogs and Reptiles*. Surrey Beatty and Sons, Sydney.

Gerecke R., Stoch F., Meisch C. & Schrankel I. 2005. - Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg unter besonderer Berücksichtigung der Milben (Acari), Muschelkrebse (Ostracoda) und Ruderfusskrebse (Copepoda). *Ferrantia* 41, Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg, 140 p.

Proofs and reprints

Proofs will be sent to the author (or the first author) for correction and must be returned within two weeks by priority air mail. Authors will receive twenty-five reprints free of charge; further reprints can be ordered at a charge indicated on a form supplied with the proofs.

Page layout of final publication

paper size	170 x 240 mm
page size	144 x 200 mm
number of columns	2
column width	70 mm
space between columns	4 mm
top margin	22 mm
bottom margin	18 mm
inside margin	15 mm
outside margin	11 mm

Fonts

Body text: Palatino linotype (serif), 9pt

Titles, legends, headers, footers: Trebuchet (sans-serif)
