

**REMARQUES SUR L'ARTICLE DE HENROTAY,
MARQUES, PAICHELER, GALL & NELL (1998) : « LE
TOARCIEN INFÉRIEUR DES RÉGIONS DE
BASCHARAGE ET DE BETTEMBOURG (GRAND-DUCHE
DU LUXEMBOURG) : EVIDENCES
PALEONTOLOGIQUES ET SEDIMENTOLOGIQUES
D'ENVIRONNEMENTS RESTREINTS PROCHES DE
L'EMERSION ». ***

**REMARKS ABOUT THE ARTICLE OF HENROTAY,
MARQUES, PAICHELER, GALL & NELL (1998) : « LE
TOARCIEN INFÉRIEUR DES RÉGIONS DE
BASCHARAGE ET DE BETTEMBOURG (GRAND-DUCHE
DU LUXEMBOURG) : EVIDENCES
PALEONTOLOGIQUES ET SEDIMENTOLOGIQUES
D'ENVIRONNEMENTS RESTREINTS PROCHES DE
L'EMERSION ». ***

Dominique DELSATE

Musée national d'Histoire naturelle de Luxembourg - Paléontologie
24, rue Münster, L-2160 Luxembourg

Pascal GODEFROIT

Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés, Institut Royal des Sciences
Naturelles de Belgique
29, rue Vautier, B-1000 Bruxelles

* Communication déposée à la séance du 14 janvier 1999.

Norbert STOMP

Directeur du Musée national d'Histoire naturelle de Luxembourg
1a, rue Plaetis, L-2338 Luxembourg

Alain FABER

Conservateur de la Section Géologie-Paléontologie-Minéralogie du M.n.h.n. de
Luxembourg
1a, rue Plaetis, L-2338 Luxembourg

Jos. A. MASSARD

Secrétaire de la Section des Sciences de l'Institut grand-ducal de Luxembourg
162a, avenue de la Faïencerie, L-1511 Luxembourg.

Pierre Louis MAUBEUGE

Secrétaire perpétuel des Académie et Société lorraines des Sciences
8, Rue des Magnolias, F-54220 Malzéville.

Frédéric BOULVAIN

Laboratoire de Géologie-Pétrologie-Géochimie
B20-Université de Liège, B-4000 Sart Tilman Liège.

Marc ROCHE

Service Géologique de Belgique - Palynologie
13, Rue Jenner, B-1000 Bruxelles

Zusammenfassung

Die Behauptung von einer fast Auftauchung von dem Luxemburg Bascharage Gebiet in das Unter Toarcium wurde neulich hervorrufen. Das war unglücklich auf irrig und sehr unvollständig Daten beruht. Wir legen hier eine breite Herannahen von diesem Stoff mit einer weiteren Durchsehen von der verfügbaren gebietlichen Literatur vor.

Schlüsselworten : Luxemburg – Unter Toarcium – Gebietliche Literatur.

Summary

The hypothesis of an emersion episode during the process of filling of a bay in the Bascharage district during the Lower Toarcian was recently proposed. Unhappily, it is based on very incomplete data, and thus reveals erroneous, facing to many easily available observations and the conclusions from various disciplines and authors, ignored by the promoters of the near emersion hypothesis. We propose a wider overview of the

subject, with a historical approach of the geology and palaeontology of the Luxembourg Lower Toarcian, and a more complete presentation of the available literature.

Key-words : Great Duchy of Luxembourg - Lower Toarcian - regional literature.

Résumé

L'hypothèse d'une quasi émergence de la zone de Bascharage (Grand Duché de Luxembourg) lors du Toarcien inférieur a été récemment avancée, basée malheureusement sur des données erronées ou incomplètes, malgré l'accessibilité de sources complémentaires. Une approche plus large du sujet est proposée ici, avec l'historique géologique et paléontologique du Toarcien inférieur grand ducal et limitrophe, les travaux récents ou en cours, ainsi qu'une revue extensive et non tronquée de la littérature régionale disponible.

Mots-clés : Grand Duché de Luxembourg – Toarcien inférieur – Littérature géologique et paléontologique régionale.

Introduction

La lecture de l'article de HENROTAY *et al.* (1998) publié récemment par « Geodiversitas » ne peut manquer de faire réagir ceux qui s'intéressent de près à la géologie et à la paléontologie du Grand-Duché de Luxembourg et des régions attenantes. Cet article est en effet basé sur des observations et des informations extrêmement partielles, voire involontairement ou volontairement tronquées, et aboutit à des conclusions en contradiction avec les travaux d'autres auteurs sur le Toarcien luxembourgeois, sans que ceux-ci soient ne fût-ce que cités.

Cet article, qui débouche pourtant sur des conclusions paléogéographiques régionales, ne se base en effet que sur deux coupes partielles. En outre, la vision du contenu paléontologique de ces coupes est limitée, parce que basée sur une seule collection - celle des deux premiers auteurs -, alors que de nombreuses autres collections publiques (Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique) ou privées, mais répertoriées et publiées (e.a. celles de E. & J.- C. STREITZ, A. MICHELS, J. SIMON, D. WATRINELLE ; voir STREITZ 1983, GODEFROIT 1994) sont accessibles aux chercheurs. Ces collections renferment une abondante moisson de fossiles (ammonites, insectes, végétaux, poissons, reptiles,...) récoltés dans les gisements étudiés dans l'article de HENROTAY *et al.* (Bascharage et Bettembourg). En 1992 et 1993, le Musée national d'Histoire naturelle de Luxembourg et l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique ont entrepris des campagnes de fouilles systématiques à Bascharage, récoltant de très nombreux nouveaux spécimens. Les deux premiers auteurs étaient avertis d'une étude de l'ensemble des reptiles et poissons toarciens luxembourgeois, débutée en 1992 pour les reptiles (GODEFROIT 1994, 1995) et en 1994 pour les poissons (plus de 350 poissons ont pu être étudiés par DELSATE), mais n'en ont pas tenu compte. HENROTAY n'a d'ailleurs jamais donné suite à une demande, de la part de DELSATE, d'accès à sa collection privée de poissons du Toarcien luxembourgeois, afin de

compléter l'analyse faunique des gisements toarciens luxembourgeois, préliminaire indispensable à toute hypothèse de reconstitution paléogéographique. On est donc en droit de se demander quelle est la valeur du Tableau 3, s'il n'est basé que sur une petite partie des données disponibles à ce jour. HENROTAY *et al.* figurent un certain nombre de spécimens, sans mentionner où le matériel est déposé. Ces fossiles ne sont donc plus disponibles pour toute étude ultérieure, d'autant plus qu'ils semblent sortis, sans autorisation préalable des autorités compétentes, du territoire luxembourgeois. Quelle est la valeur d'un article basé sur du matériel non-répertorié ? Comment peut-on vérifier la valeur des différentes affirmations qui y sont développées ?

On pourrait croire, à la lecture de cet article, que le Grand-Duché de Luxembourg est un territoire vierge de toute investigation géologique et paléontologique et que HENROTAY *et al.* sont des pionniers dans ce domaine. Toutes les références bibliographiques à des travaux antérieurs au leur sont en effet superbement ignorées, même celles traitant directement des gisements de Bascharage et de Bettembourg. WOODWARD 1938 étudiait pourtant déjà les poissons toarciens de Bascharage. Depuis longtemps, le Toarcien luxembourgeois est l'objet de nombreuses études et une simple lecture de ces travaux aurait notamment permis à HENROTAY *et al.* d'apporter de nombreuses précisions sur la stratigraphie des gisements étudiés et sur leurs faunes (e.a. FABER 1916, 1947 ; LUCIUS 1948 ; FABER & LUCIUS 1956 ; MAUBEUGE 1947, 1952, 1957, 1958, 1970, 1973, 1984, 1994 ; MAUBEUGE et RIOULT 1964, 1966 ; STREITZ 1983 ; BINTZ *et al.* 1979 ; BINTZ *et al.* 1984 ; DELSATE 1992, 1995, 1998a, 1998b, 1998c ; GODEFROIT 1994, 1995 ; MAUBEUGE & DELSATE 1997). Le territoire luxembourgeois étant géographiquement très limité, toute tentative de reconstitution paléogéographique régionale doit également tenir compte des gisements toarciens voisins, en Lorraine belge (e.a. MAUBEUGE 1971 ; DELSATE 1990 ; LAENEN 1991 ; GODEFROIT 1994) et française (e.a. MAUBEUGE 1948, 1955, 1960 ; HUC 1976, 1977 ; ALLOUC et GUERIN-FRANIATTE 1981).

L'ignorance ou la négligence volontaire de ces différentes sources d'informations - autres collections et références bibliographiques fondamentales - mène automatiquement à d'importantes erreurs d'interprétation dont les plus représentatives sont développées ci-dessous.

Commentaires et nouvelles interprétations

1°) Il est illusoire de prétendre (p. 273) que les niveaux à nodules et à lentilles de Bascharage et à Bettembourg sont parfaitement corrélables. L'argument d'identité chronologique des niveaux sur base de la lithologie n'est pas acceptable sans arguments biostratigraphiques. La coupe TDK à Bascharage est bien calée stratigraphiquement par la jonction entre les marnes bleues de la Zone à *Tenuicostatum* et les laminites de la Zone à *Falcifer*. La jonction entre les deux zones est marquée, à Bascharage (GODEFROIT 1994) par un fin niveau grésifié à débris osseux, couche qui n'est pas mentionnée par HENROTAY *et al.*

LAENEN (1991) montre que ce fin niveau, que l'on retrouve également en Lorraine belge, s'est déposé suite à un accroissement de la turbulence à proximité du fond de la mer, probablement dû à un accroissement de l'intensité des courants suite à une variation (diminution ?) du niveau de la mer. L'étude des ammonites permet de situer précisément les niveaux à nodules et à lentilles de Bascharage dans l'Horizon à Exaratum (GODEFROIT 1994), à la base du Toarcien. La coupe de Bettembourg présentée par HENROTAY *et al.* est, par contre, « flottante » : elle appartient bien à la Zone à Falcifer, mais aucune étude précise des ammonites n'y a été faite à ce jour, permettant de la dater plus précisément. La base du Toarcien n'a semble-t-il jamais été atteinte lors des travaux de construction de l'usine Luxgard II à Bettembourg, malgré une coupe haute de plus de 18 mètres. HANZO (1978, 1979) présente des nodules des "Schistes carton" des Zones à Falcifer et à Tenuicostatum à Bettembourg (et non pas des seules Marnes à Tenuicostatum, comme le prétendent HENROTAY *et al.*), indiquant que la base de la formation est diachronique au Grand-Duché de Luxembourg. La lithologie ne permet donc pas de corréler les coupes TDK et Luxguard II, comme le proposent naïvement HENROTAY *et al.*, sans contrôle biostratigraphique préalable. Des prospections répétées des niveaux à nodules du Toarcien belge, français et luxembourgeois (DELSATE & GODEFROIT, obs. pers.), semblent indiquer que les niveaux à nodules et à lentilles sont difficilement corrélables, même dans des coupes très proches géographiquement : les différents bancs correspondent probablement à des phénomènes sédimentaires locaux, voire à des phénomènes diagénétiques. Nulle part dans la série des "Schistes carton" n'a été observé de signe d'émersion locale (MAUBEUGE 1955, BOULVAIN *et al.* 1995).

2°) Le tableau 4 indique notamment que les crocodiliens sont absents du gisement de Bettembourg. Or, STREITZ (1983 : 129-130) figure 3 spécimens de Bettembourg-Dudelange. GODEFROIT (1994) a également étudié plusieurs spécimens de la même région. WESTPHAL (1962) et BUFFETAUT & THIERRY (1977) ont montré que les Teleosauridae et *Pelagosaurus* sont associés à des ensembles sédimentaires correspondant soit à des dépôts en mers ouvertes, peu profondes et peu agitées, correspondant à la partie externe d'une plate-forme, soit à des dépôts en milieux abrités et calmes correspondant, par exemple, à des lagons. A partir de ses études sur les crocodiles méso-suchiens liasiques, WESTPHAL (1962) attribue à ces animaux un mode de vie proche de celui du *Crocodylus porosus* actuel, qui fréquente les rivages des Iles de la Sonde, mais peut s'aventurer loin en mer. Ils ne devaient probablement dépendre de la terre ferme que pour leur reproduction. Il faut également noter que la majorité des crocodiles méso-suchiens découverts dans le Toarcien luxembourgeois appartiennent à l'espèce *Steneosaurus gracilirostris*. Cette espèce, comme son nom l'indique, est caractérisée par son museau long et mince. Un tel caractère semble lié, chez les crocodiles, à la prédation de petites proies rapides, comme de petits poissons, et indique que cet animal devait plutôt chasser en pleine mer (GODEFROIT 1994). Les crocodiles représentés dans le

Toarcien luxembourgeois (*Steneosaurus* et *Pelagosaurus* : GODEFROIT 1994) ne démontrent donc en aucun cas (p. 272) « ...le contenu délibérément continental (végétaux, insectes, crocodiles) des lentilles de Bascharage » !

3°) De même, il est écrit (p. 282) que l'actinoptérygien *Tetragonolepis* est absent du gisement de Bettembourg. Pourtant, STREITZ (1983, p. 105) figure bien un spécimen de ce gisement. De nombreux spécimens attribuables à ce genre et découverts dans la région de Bettembourg sont répertoriés, tant au Muséum national d'Histoire naturelle de Luxembourg que dans des collections privées mais accessibles aux chercheurs. La conclusion que (p. 282) « *Tetragonolepis* vivait probablement dans la zone littorale » ne repose de ce fait sur rien et n'est confirmée par aucune donnée bibliographique (voir notamment THIES 1991a, 1991b et 1992).

4°) Contrairement à ce que HENROTAY *et al.* prétendent (p. 272), les insectes ne sont pas absents du gisement de Bettembourg (MHNHL Tu145, exposé au Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg), ni des nodules de Bascharage (spécimens conservés à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, dans la collection privée WATRINELLE, et au Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg où un même nodule calcaire associe insecte et *Pholidophorus*). Le premier spécimen est pourtant cité dans un article co-signé par HENROTAY (DELSATE *et al.* 1991: 149). Des insectes ont également été découverts dans des nodules d'autres gisements toarciens du Grand-Duché du Luxembourg, e.a. à Schouweiler (MAUBEUGE 1973) et à Foetz (MHNHL Tu847). Comme HENROTAY *et al.* le reconnaissent eux-mêmes (p. 272), « ... (les insectes) sont susceptibles d'avoir été transportés par des courants aériens ou par des cours d'eaux », Des colonies d'insectes volateurs peuvent très bien avoir été balayées par des courants aériens plus ou moins violents et être retombées de façon aléatoire préférentiellement dans la zone de Bascharage. Par ailleurs, les bois flottants, très abondants, peuvent aussi avoir accueilli des colonies d'insectes.

5°) Contrairement à ce qu'affirment HENROTAY *et al.* (p. 274), des brachiopodes et des échinodermes (crinoïdes) ont bien été trouvés à Bascharage, au cours des fouilles organisées conjointement par le MHNHL et l'IRSNB.

6°) Nous nous interrogeons également sur la validité des identifications des ammonites proposées par HENROTAY *et al.* Où sont, par exemple, les *Harpoceras exaratum* et les *Harpoceratoides alternatus*, pourtant si abondamment représentées à Bascharage ? Comme HENROTAY *et al.* ne signalent pas où les spécimens identifiés sont déposés, personne ne pourra malheureusement vérifier si ces lacunes proviennent d'une récolte biaisée des spécimens ou d'erreurs grossières d'identifications.

7°) Les résultats de l'analyse de parcimonie de WAGNER proposée par HENROTAY *et al.*, parce que basés sur une matrice de données biaisée, doivent de ce fait être considérés avec la plus grande prudence. Nous sommes en outre quelque peu étonnés de la méthode d'analyse utilisée, qui se base sur une matrice

de données partiellement subjective (« abondant, rare, très rare »). Une analyse factorielle basée sur des données objectives chiffrées nous paraît plus appropriée, d'autant que les résultats peuvent être plus facilement interprétés.

8°) Un faisceau de données, ignorées par HENROTAY *et al.*, tend à contredire l'image d'Epinal d'un « Golfe toarcien du Luxembourg » aux eaux stagnantes et en voie de comblement. Une étude détaillée de la base du Toarcien (Zones à Tenuicostatum et à Falcifer) a été réalisée par LAENEN (1991) à Aix-sur-Cloie, en Lorraine belge, quelques kilomètres à l'Ouest de Bascharage. En intégrant des données géochimiques, minéralogiques, sédimentologiques et paléontologiques, LAENEN examine les différentes hypothèses de formation des laminites et nodules toarciens. Le modèle semi-lagunaire d'HALLAM (1981), relayé par HENROTAY *et al.*, est écarté, principalement à cause de la grande homogénéité des dépôts de "Schistes carton" sur des centaines de milliers de kilomètres carrés. Ce type de sédimentation correspondrait plutôt à la rencontre de deux masses d'eau de densité et de températures différentes dans un bassin peu profond, engendrant une stratification des eaux: une vie nectonique et planctonique se serait développée dans les eaux oxygénées tièdes de surface, tandis que le benthos était très limité dans les eaux plus froides, plus denses et pratiquement anoxiques du fond (CONTINI & LAMAUD 1978). Il n'y a pas de trace d'émersion dans l'ensemble de la coupe étudiée par LAENEN.

HANZO (1978, 1979) montre clairement que la formation des nodules à Bettembourg n'implique pas nécessairement de phase d'émersion. La précipitation des carbonates peut être expliquée par une activité bactérienne locale, lors de la décomposition d'organismes accumulés au fond de la mer (voir à ce sujet THIES 1992, sur la précipitation des carbonates, ainsi que MARTILL 1993, sur la consistance molle des sédiments permettant la conservation en connexion des cadavres). HANZO a observé une importante concentration de petites ammonites, interprétées comme des larves mortes précocement, au sein des nodules de Bettembourg (voir également MAUBEUGE 1970). Le milieu de dépôt devait donc être très proche de celui où vivaient les jeunes ammonites. Par analogie avec les nautilites actuels, il est raisonnable de penser que les ammonites se reproduisaient par pontes dans des algueraies.

L'absence de toute trace de bioturbation par des rhizoïdes dans les "Schistes carton" indique qu'il pouvait s'agir d'une algueraie flottante, comme dans l'actuelle Mer des Sargasses, véritable prairie d'algues brunes au large des côtes de Floride. L'existence d'une telle algueraie est en accord avec le caractère stratifié des eaux lors du dépôt des laminites, ainsi qu'avec des résultats de la géochimie organique qui ont révélé, dans le Toarcien de Lorraine méridionale, l'existence de composés organiques provenant d'algues procaryotes, mais également d'algues eucaryotes rouges et brunes (HUC 1976, 1977). Il est clair que c'est bien la matière organique (kérogène amorphe et phytoplancton) qui produit le faciès si particulier des "Schistes carton", première roche mère du Bassin de Paris. Néanmoins, les algues brunes et rouges ne sont pas la source

majeure des molécules organiques : les données optiques (palynofaciès et coupes ultramincées) et géochimiques montrent que les coccolithes peuvent être considérés comme les producteurs principaux de matière organique sédimentée, et qu'ils sont aussi responsables des hautes valeurs calcimétriques observées dans les lamines des schistes carton. L'un de nous (M. R.) étudie actuellement quelles sont les parts respectives des composés hérités des différentes algues au sein de la matière organique totale des schistes carton.

Le modèle de dépôt des schistes cartons serait celui du "still stagnant basin" (KAUFFMAN 1981, SEILACHER 1982) qui engendre une anoxie totale sur le fond (tranche d'eau inférieure) durant tout le dépôt des schistes carton. Cette anoxie totale explique le cachet palynologique très particulier, verticalement et horizontalement homogène, de ce faciès : quasi absence des kystes de dinoflagellés (les formes planctoniques mobiles ont horreur des eaux polluées par l'H₂S), abondance des kystes de prasinophycées (*Tasmanites*) (les prasinophycées apprécient les environnements anoxiques), le tout dans une matrice sapropélique amorphe héritée des coccolithes. La seule contribution continentale en microfossiles est représentée par des petites baguettes de pyrofusinite et des pollens monopores d'affinité incertaine, *Spheripollenites* spp. Ces éléments continentaux ont été transportés par le vent (nombreuses références pour la pyrofusinite), probable responsable également de la dispersion des résidus d'insectes. Le fond de la Mer Noire pourrait constituer un bon modèle pour la sédimentation de type schiste carton.

Les bois flottés, dont la face inférieure est couverte de lamellibranches, abondent dans tous les niveaux fouillés à Bascharage. L'abondance de ces organismes benthiques épibiontes permettait à la chaîne écologique de se dérouler, malgré les conditions anoxiques des eaux du fond. GODEFROIT (1994, 1995) montre, par la fréquence relative des différents groupes de reptiles marins, que la mer qui recouvrait la région luxembourgeoise au cours du Toarcien était probablement plus ouverte que celle qui recouvrait la région d'Holzmaden, en Allemagne (*contra* HENROTAY *et al.* 1998 : 282). Les crocodiles et ichthyosaures longirostres sont en effet prédominants dans le Toarcien luxembourgeois. Par analogie avec les crocodiles actuels, on peut penser que ces formes longirostres chassaient préférentiellement les petites proies rapides en pleine mer. A Holzmaden, ce sont les formes au rostre plus massif et donc au régime alimentaire plus opportuniste reflétant un mode de vie plus littoral, qui prédominent. Poissons abondants à divers niveaux et faciès au sein des "Schistes carton", tant en zone de Bascharage qu'à Bettembourg (DELSATE 1990, 1998a, 1999), les pachycormiformes, prédateurs carnivores pélagiques (ALDINGER 1965), les bancs de *Leptolepis* planctonivores, ainsi que les sémionotiformes broyeurs de céphalopodes et autres mollusques (voir aussi THIES 1991b), sont loin d'évoquer un milieu restreint proche de l'émersion !

Conclusion

Il est possible que HENROTAY *et al.* ne soient pas d'accord avec ces différentes hypothèses. Il est toutefois étonnant qu'ils ne prennent même pas la peine d'essayer de les réfuter, alors qu'elles sont en contradiction avec leur propre théorie d'un "épisode d'émersion parmi les phases de comblement d'un golfe peu profond, milieu confiné aux eaux stagnantes" avec "flaques d'eaux saumâtres" (HENROTAY *et al.* 1998 : 277), évoquant, à notre avis avec une hâte exagérée, les flaques bien documentées (voir le travail superbe de GALL 1971) du Buntsandstein des Vosges !

L'honnêteté scientifique, laissant de côté la question de la mise au secret des références luxembourgeoises, aurait été de conclure que la reconstitution paléogéographique et sédimentologique du faciès schistes carton (avec niveaux de nodules et lentilles) n'est pas résolue, et que davantage de données multidisciplinaires tant verticales qu'horizontales sont requises.

Nous sommes en droit de nous demander comment un travail co-signé par cinq auteurs peut présenter d'aussi graves lacunes méthodologiques et bibliographiques. Est-il possible que cinq personnes étudiant un sujet relativement limité ignorent une telle somme de travaux, très récents et plus anciens, réalisés par d'autres chercheurs travaillant sur le même sujet, voire sur les mêmes coupes géologiques ? Ces nombreux articles ont-ils tous été écrits par des géologues inconnus, complètement isolés et dans des revues si cryptiques qu'ils sont oubliés de tous ? Nous trouvons l'attitude dédaigneuse de HENROTAY *et al.* particulièrement choquante.

Références bibliographiques

- ALDINGER H., 1965 - Zur Ökologie und Stratinomie der Fische des Posidonienschiefers (Lias Epsilon). *Senck. Leth.* 46a :1-12. Frankfurt am Main.
- ALLOUC J. & GUERIN-FRANIATTE S., 1981 - Le Domérien supérieur et le Toarcien inférieur en Lorraine centrale: nouvelles observations lithostratigraphiques et biostratigraphiques à Jouy-aux-Arches, près Metz (Moselle). *Bulletin d'information des géologues du Bassin de Paris* 18 (2): 45-50.
- BINTZ J., HARY A. & A. MULLER, 1979 - Ardenne Luxembourg. *Guides géologiques régionaux* : 135-138 (Masson).
- BINTZ J., PIXIUS R. & A. WAGNER, 1984 - Géologie, Géochimie et possibilités d'exploitation des schistes bitumineux luxembourgeois. *Revue technique Luxembourgeoise*, 1984 (4) : 132-145.
- BOULVAIN F., DELSATE, D. & P. L. MAUBEUGE, 1995 - Description et interprétation stratigraphique de quatre sondages dans le Secondaire de

- la Gaume (Neulimont, Aubange, Saint-Mard et Toernich). Service géologique de Belgique, *Professional Paper* 1995/2, N° 277, 51 pp. , Bruxelles.
- BUFFETAUT E. & J. THIERRY, 1977 - Les crocodiliens fossiles du Jurassique moyen et supérieur en Bourgogne. *Géobios* 10 (2): 151-194.
- CONTINI D. & P. LAMAUD, 1978 - Paléogéographie et paléoécologie du Toarcien inférieur du Jura et de la bordure méridionale des Vosges. *Annales des Sciences de l'Université de Besançon, Géologie, 3^{ème} série* 29: 21-36.
- 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* 242: 1-53.
- 1992 - Chondrichthyens mésozoïques du Luxembourg. Note préliminaire. *Société des Naturalistes luxembourgeois* 93: 181-193.
 - 1995 - Chondrichthyens mésozoïques du Luxembourg in Herman J. & van Waes H. (eds.) Elasmobranches et Stratigraphie. *Professional Paper* 278: 11-22.
 - 1998a - Actinoptérygiens du Toarcien inférieur du Grand Duché de Luxembourg : Présence de *Leptolepis normandica* NYBELIN 1962 (Téléostéen) avec otolithes *in situ*. pp: 105-129, in MAUBEUGE P. -L. & DELSATE D., 1998 - Notes paléontologiques et biostratigraphiques sur le Grand Duché de Luxembourg et les régions voisines. *Travaux Scientifiques du Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg* 27: 1-152.
 - 1998b - Les couches à « *Leptaena (Koninckella)* » sur l'auréole orientale du Bassin de Paris. Anoxie et notion de crise biologique au Toarcien inférieur. pp. 81-104, in MAUBEUGE P. -L. & DELSATE D., 1998 - Notes paléontologiques et biostratigraphiques sur le Grand Duché de Luxembourg et les régions voisines. *Travaux Scientifiques du Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg* 27: 1-152.
 - 1998c - Chondrichthyens mésozoïques du Grand-Duché de Luxembourg. Compléments. pp. 53-79, in MAUBEUGE P. -L. & DELSATE D., 1998 - Notes paléontologiques et biostratigraphiques sur le Grand Duché de Luxembourg et les régions voisines. *Travaux Scientifiques du Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg* 27: 1-152.
 - 1999 - L'Ichthyofaune du Toarcien luxembourgeois. Cadre général et catalogue statistique. *Travaux Scientifiques du Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg* 30: 1-101.
- DELSATE D., HENROTAY M. & P. GODEFROIT, 1991 - Présence d'insectes dans le Toarcien inférieur de la Belgique. *Bulletin de la Société belge de Géologie* 100 (1-2): 147-153.
- FABER G., 1916 - Der Posidonienschiefer im Grossherzogtum Luxemburg, *G. L. N.*, 120-127, Luxemburg.

- FABER G., 1947 - Recherches en vue de la possibilité d'une exploitation industrielle du schiste bitumineux du Toarcien dans le Grand-Duché de Luxembourg. *Publ. Service Géol.* 7 : 170.
- FABER G. & M. LUCIUS, 1956 - Les schistes bitumineux du Toarcien dans l'aire de sédimentation luxembourgeoise. Nouvelles recherches sur les possibilités d'une exploitation industrielle. *Société géologique du Luxembourg* 1956: 31-65.
- GALL, J.-C., 1971 - Faunes et paysages du Grès à Voltzia du Nord des Vosges. Essai paléocéologique sur le Buntsandstein supérieur. *Mémoires du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine* 34, 318 p.
- GODEFROIT P. , 1994 - Les reptiles marins du Toarcien (Jurassique inférieur) belgo-luxembourgeois. Service géologique de Belgique. *Mémoires pour servir à l'Explication des Cartes Géologiques et Minières de la Belgique* 39: 1-98.
- 1995 - Biodiversité des reptiles marins du Jurassique inférieur belgo-luxembourgeois. *Bulletin de la Société belge de Géologie* 104 (1-2): 67-76.
- HALLAM A., 1981 - *Facies interpretation and the stratigraphic record*. W.H. Freeman & Cie, Oxford & San Francisco, 291 p.
- 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, Sciences* 4: 343-349.
- 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* 23 (1): 45-59.
- HENROTAY M., MARQUES D., PAICHELER J.-C., GALL J.-C. & A. NEL, 1998 - Le Toarcien inférieur des régions de Bascharage et de Bettembourg (Grand-Duché du Luxembourg): évidences paléontologiques et sédimentologiques d'environnements restreints proches de l'émersion. *Geodiversitas* 20 (2): 263-284.
- HUC A.-Y., 1976 - Mise en évidence de provinces géochimiques dans les schistes bitumineux du Toarcien de l'Est du Bassin de Paris. Etude de la fraction organique soluble. *Revue de l'Institut français du Pétrole* 31 (6): 933-953.
- 1977 - Contribution de la géochimie organique à une esquisse paléocéologique des schistes carton de la base du Toarcien du Bassin de Paris. *Action concertée « Schistes bitumineux », I.F.P. , division Géologie*, 56 p.
- KAUFFMAN E. G., 1981 - Ecological reappraisal of the German Posidonienschiefer (Toarcian) and the stagnant Basin Model. *in* : J. GRAY, A. J. BOUCOT & W. B. N. BERRY Eds : *Communities of the past*. - Stroodsbury, Hitchinson Ross, 311-381.
- LAENEN B., 1991 - Ammonietenfauna en afzettingmilieu van de basis van de Formatie van Grandcourt te Aix-sur-Cloie (overgang Pliensbachiaan-

- Toarciaan van Belgisch Luxemburg). *Licenciaatsverhandeling, Katholieke Universiteit Leuven, Geologie-Geografie*, 79 p.
- LUCIUS M., 1948 - Geologie Luxemburgs. Das Gutland. Band V. *Erläuterungen zu der geologischen spezialkarte Luxemburgs*. Service géologique de Luxembourg, Luxembourg.
- MARTILL D. M., 1993 - Soupy substrates: A medium for the exceptional Preservation of Ichthyosaurs of the Posidonia Shale (Lower Jurassic) of Germany. *Kaupia. Darmstadter Beiträge zur Naturgeschichte*, Heft 2 77-97. Darmstadt.
- MAUBEUGE P. -L., 1947 - Sur l'existence du genre *Neocalamites* dans le Toarcien du Grand-Duché de Luxembourg. *Archives de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg, Section des Sciences naturelles, physiques et mathématiques, nouvelle série* 17: 59-64.
- 1948 - Sur un nouvel horizon paléontologique du Lias supérieur et le Contact du Lias moyen et supérieur dans l'Est de la France. Note préliminaire. *Bulletin de la Société géologique de France*, 5^{ème} série 18: 59-68
 - 1952 - Sur la présence de la zone à *Dactylioceras semicelatum* dans le Grand-Duché de Luxembourg. *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie* 60 (3): 365-374.
 - 1955 - *Observations géologiques dans l'Est du Bassin de Paris*. Edition privée, Nancy, 1082 p.
 - 1957 - Les Ammonites de la zone à *Dactylioceras semicelatum-tenuicostatum* dans l'Est de la France et plus spécialement dans le Grand-Duché de Luxembourg. *Archives de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg, Section des Sciences naturelles, physiques et mathématiques, nouvelle série* 24: 189-226.
 - 1958 - Quelques observations géologiques sur le profil de l'ex-tunnel de Dudelange (G.D. de Luxembourg), ouverte dans le Toarcien. *Archives de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg, Section des Sciences naturelles, physiques et mathématiques, nouvelle série* 25: 201-210.
 - 1960 - Quelques observations sur le contact Lias moyen - Lias supérieur dans le département de la Moselle. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Moselle* 38: 27-42.
 - 1970 - Thanatocénoses remarquables dans le Toarcien du Grand-Duché de Luxembourg. *Histoire naturelle du pays de Luxembourg, Géologie* 1970: 1-11.
 - 1971- Profils nouveaux dans le Pliensbachien et Toarcien (Jurassique inférieur) de la Province de Luxembourg. *Professional paper* 8: 1-15.
 - 1973 - Insecte et Stelléroïde du Jurassique inférieur luxembourgeois. *Histoire naturelle du pays de Luxembourg, Géologie* 1973: 1-9.
 - 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 du Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg* 2: 1-115.

- 1994 - *Globorilusopsis*, nouveau genre: survivance de Calyptoptomatidae au Jurassique. *Bulletin des Académie et Société lorraines des Sciences*, 33 (3): 141-148.
- MAUBEUGE P. -L. & D. DELSATE, 1997 - Notes paléontologiques et biostratigraphiques sur le Grand Duché de Luxembourg et les régions voisines. *Travaux Scientifiques du Musée d'Histoire naturelle de Luxembourg* 27: 1-152.
- MAUBEUGE P. -L. & M. RIOULT, 1964 - Présence de *Paltarpites* dans le Lias du Grand-Duché de Luxembourg. *Archives de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg, Section des Sciences naturelles, physiques et mathématiques, nouvelle série* 30: 107-113.
- & - 1966 - Nouvelles découvertes de *Paltarpites* (Ammonoidea) dans le Jurassique inférieur du Grand Duché de Luxembourg. *Archives de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg, Section des Sciences naturelles, physiques et mathématiques, nouvelle série* 31: 305-308.
- SEILACHER A., 1982 - Posidonia Shales (Toarcian, S. Germany) - stagnant basin model revalidated. in : E. MONTANARO GALLITELLI Ed, *Palaeontology, essential of historical geology*. - Mucchi, Modena, 25-56.
- STREITZ J.-C., 1983 - *Auf Fossiliensuche im Luxemburg*. Sankt Paulus Druckerei, Luxemburg, 191 p.
- THIES D., 1991a - The osteology of the bony fish *Tetragonolepis semicineta* Bronn 1830 (Actinopterygii, Semionotiformes) from the Early Jurassic (Lower Toarcian) of Germany. *Geologica et Palaeontologica* 25 (5): 251-297.
- 1991b-Posidonienschieferfische aus NW-Deutschland. *Arbeitskreis Paläontologie Hannover*. 19 (3/4) : 53-128.
- 1992 - Die Erhaltung von Fischen in den Geoden-Lagen des nordwestdeutschen Posidonienschiefers. *Kaupia. Darmstadter Beiträge zur Naturgeschichte, Heft 1*, 11-21. Darmstadt .
- WESTPHAL F., 1962 - Die Krokodilier des deutschen und englischen Lias. *Palaeontographica, A* 118: 23-118.
- WOODWARD A.S., 1938 - On a specimen of *Pachycormus* from the Schistes de Grandcour (sic) at Bascharage. *Bulletin du Musée Royal d'Histoire naturelle de Belgique*, 14 (48): 1-2, Bruxelles.