

TRAVAUX DU COMITÉ FRANÇAIS D'HISTOIRE DE LA GÉOLOGIE (COFRHIGÉO)

TROISIÈME SÉRIE, t. XXVIII, 2014, n° 1
(séance du 19 mars 2014)

Françoise DREYER

La controverse sur la limite Crétacé-Tertiaire au Danemark (1825-1835)

Résumé. La controverse sur la limite Crétacé-Tertiaire, telle qu'elle s'est développée au Danemark entre 1825 et 1835, pose la question de la position stratigraphique des terrains daniens tels que définis par Desor en 1846. Dans les années 1820, Georg Forchhammer (1794-1865) découvrit au Danemark un calcaire situé juste au-dessus de la craie et qu'il décrivit comme tertiaire par analogie avec le calcaire grossier parisien. Mais sa faune très particulière posait un problème majeur, celui de son âge et donc de son appartenance au Crétacé ou au Tertiaire. En effet, ce calcaire contient de nombreuses espèces non encore décrites mais ayant une forte ressemblance générique avec des espèces tertiaires. Cependant, la présence de quelques espèces crétacées décidera de son attribution au Crétacé par Lyell. Ces nouveaux terrains posent en fait la question de l'échantillonnage des fossiles, de la description et de la détermination des espèces, nouvelles ou non. Ils révèlent un recensement incomplet des terrains à la surface de la Terre et la méconnaissance du renouvellement des faunes au cours des temps géologiques. Enfin, se pose la question de la différence supposée exister entre les faunes crétacée et tertiaire. Cette controverse est sous-tendue par l'opposition entre créationnisme et transformation progressive des faunes.

Mots-clés : Danien – limite Crétacé-Tertiaire – paléontologie – stratigraphie – Georg Forchhammer – Charles Lyell – Danemark – XIX^e siècle.

Abstract. The controversy about Cretaceous-Tertiary boundary as it developed in Denmark between 1825 and 1835, raises the question of the stratigraphic position of the Danian formations as defined by Desor in 1846. In the 1820s, Georg Forchhammer (1794-1865) discovered in Denmark a limestone located just above the chalk and he considered it as tertiary by analogy with the Parisian calcaire grossier. But its very particular fauna was a major problem for its belonging either to Cretaceous or to Tertiary periods. Indeed, this limestone contains many species which had not previously been described, but endowed with a high generic resemblance to tertiary species. However, the presence of some cretaceous individual fossils will led to its allocation by Lyell to the Cretaceous. This new formation actually rises the question of the sampling for fossils, description and determination of species, the fact they are new or not. It

reveals an incomplete inventory of the formations at the surface of the Earth and the lack of knowledge about the evolution of faunas over geological times. Finally, there lies the question of the supposed existing absolute difference between cretaceous and tertiary faunas. This controversy is underlaid by the opposition between creationism and progressive transformation of faunas.

Key words: Danian – Cretaceous-Tertiary boundary – palaeontology – stratigraphy – Georg Forchhammer – Charles Lyell – Denmark – 19th century.

Introduction

Ce n'est qu'en 1979, au symposium sur les *Cretaceous-Tertiary Boundary events*, tenu à Copenhague, que le Danien fut définitivement considéré comme le premier étage du Tertiaire, après la crise biologique de la fin du Crétacé, il y a 65 Ma, mettant fin à une controverse de près d'un siècle et demi (Pomerol et Bignot, 2000).

Cette controverse sur la limite Crétacé-Tertiaire, telle qu'elle s'est développée au Danemark entre 1825 et 1835, soulève la question de la place à accorder aux terrains daniens tels qu'ils ont été définis par Edouard Desor (1811-1882) dans sa note *Sur le terrain daniens, nouvel étage de la craie*, lue devant la Société géologique de France le 16 novembre 1846. À cette occasion, Desor rappelle qu'à l'été 1846, Léonce Elie de Beaumont (1798-1874) et Edmond Hébert (1812-1890) avaient trouvé dans le calcaire pisolitique de Vigny un *Cidaris* très particulier que lui-même a trouvé dans le calcaire de Faxø en Sjælland, au Danemark. Il propose d'appeler ce nouvel oursin, *Cidaris Forchhammeri* (Fig. 1), en l'honneur de Georg Forchhammer (1794-1865), le géologue danois qui, le premier, a décrit le calcaire de Faxø (Fig. 2). D'autre part, le calcaire pisolitique de Laversine et Vigny ayant la même position stratigraphique, la même structure et les mêmes fossiles que le calcaire de Faxø, Desor pense qu'ils pourraient être rassemblés dans un même *étage particulier de la craie, le plus récent de tous*, qu'il propose d'appeler *terrain daniens*, dans la mesure où c'est au Danemark qu'il est le plus développé (Desor, 1847, p. 181).

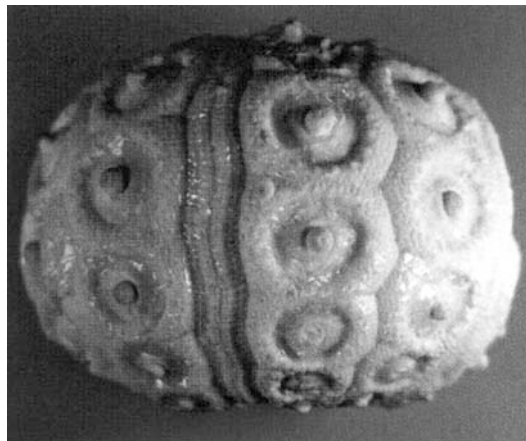


Fig. 1. *Cidaris forchhammeri* - Carrière de Faxø - L. Rasmussen – Geomuseum de Faxø.



Fig. 2. Johan Georg Forchhammer (1794-1865). © Library of the Danish Natural History Museum.

Or, au Danemark comme en France, ces terrains daniens ont d'abord été décrits comme terrains tertiaires avant d'être attribués au Crétacé. Sur quels critères avaient-ils été dits tertiaires lors de leur première description ? Quels arguments ont été assez forts pour qu'ils soient replacés dans le Secondaire, comme dernier étage du Crétacé ? Nous verrons comment l'exemple des terrains danois, trouvés au-dessus de la craie, pose la question de l'espèce en paléontologie et, surtout, celle de la différence supposée exister entre les faunes crétacée et tertiaire. Cela sous-tend l'opposition entre créationnisme et transformation progressive des faunes. La position de Charles Lyell (1797-1875) à ce sujet n'est pas aussi claire qu'on aurait pu le penser.

Les sites danois corrélés aux terrains français sont les falaises de Stevns (ou Stevns Klint) et Faxe en Sjælland. Un troisième site sera évoqué au cours du débat, les falaises de l'île de Møn, (Fig. 3).

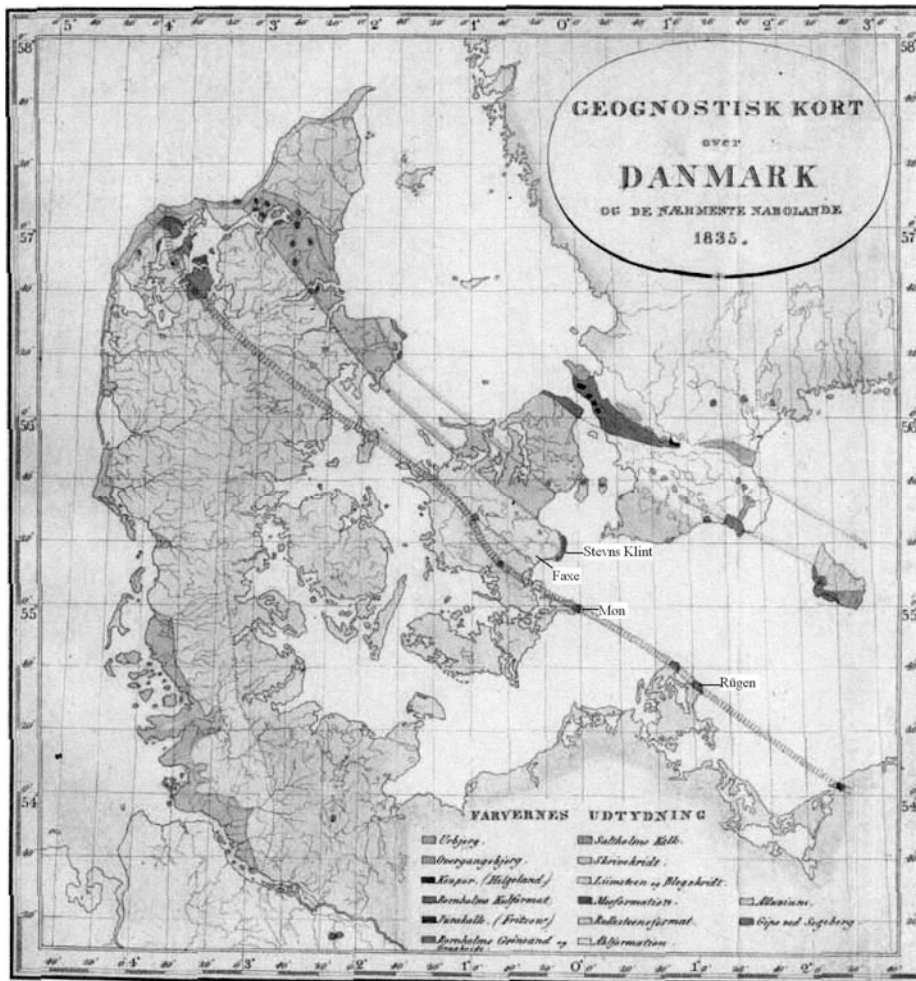


Fig. 3. Carte géognostique du Danemark et des pays voisins par J.G. Forchhammer (1835).

I. La première évocation du site de Stevns Klint par Søren Abildgaard (1759)

Søren Abildgaard (1718-1791) est un illustrateur et naturaliste danois qui prit part au voyage scientifique de Jacob Langebek (1710-1775) sur la côte danoise. À Stevns Klint, il s'embarqua sur un bateau pour observer la falaise « *dans toute sa largeur et sa longueur* » (Abildgaard, 1764). La gravure sur cuivre accompagnant sa description de Stevns Klint (Fig. 4), montre les deux grandes formations nettement visibles : à la base, la craie avec ses lits de silex linéaires et horizontaux, creusée par la mer et surplombée par un calcaire plus dur avec lits de silex courbes. À l'extrémité gauche, on peut observer un effondrement de la falaise tel que celui qui emporta, le 16 mars 1928, le chœur de l'église de Højerup, construite à la fin du XIII^e siècle sous Waldemar IV (Fig. 5). Abildgaard, dans le corps du texte, souligne la différence de composition et de stratigraphie des deux formations, insiste sur les lits de silex puis décrit et représente quelques-uns des fossiles qu'il rencontre dans la craie et le calcaire. Chimiste de formation, il s'intéresse tout particulièrement aux relations entre fossiles et silex sans chercher à réaliser une description exhaustive du contenu fossilifère des deux formations. La distinction entre les couches est ici essentiellement lithologique et stratigraphique.

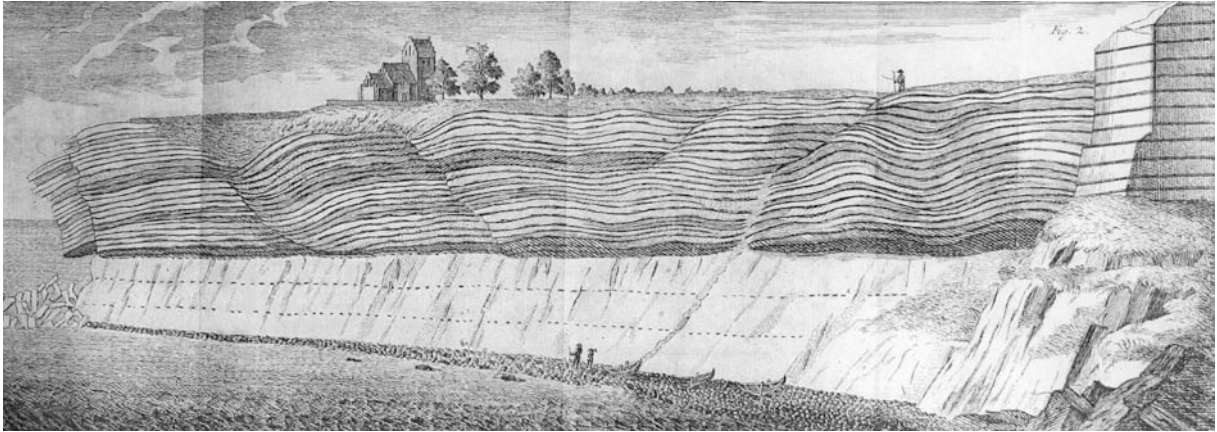


Fig. 4. La falaise de Stevns et l'église de Højerup, Sjælland, Danemark par S. Abildgaard (1759).



Fig. 5. Vue actuelle de la falaise de Stevns et de l'église de Højerup. © F. Dreyer.

II. La première étude géognostique d'une partie de la Sjælland

La première véritable étude géognostique de Stevns Klint sera réalisée par Forchhammer au début des années 1820. Ses conclusions, début 1824, sont si contradictoires avec les faits établis jusque-là que, lors de ses communications orales, elles sont rejetées par les géologues qui l'incitent à en retarder la publication et à compléter ses observations. Ce n'est qu'à l'automne 1824 qu'il pourra se rendre à nouveau sur les sites et

confirmer ainsi pleinement ses observations. Il décrit dans son mémoire de 1825¹ cinq couches distinctes là où Abildgaard n'en avait décrit que deux et il en précise la minéralogie, les relations stratigraphiques et le contenu paléontologique. Sur le dessin colorié qu'il fait de la falaise de Stevns (Fig. 6), il montre de bas en haut :

1) la couche inférieure est la craie, caractérisée par une alternance de couches non courbes de silex et de craie ; silex en nodules et jamais agglomérés en couches ; fossiles : en particulier des *Alcyonia* ; de la pyrite ici et là ;

2) couche d'argile caractérisée par la présence de particules vertes, de pyrite et de charbon ; fossiles : zoophytes et dents de requins (Fig. 6) ;

3) calcaire à cérithes (« *Ceritkalksteen* »), caractérisé par un calcaire plus dur avec de la terre verte ; fossiles de *Cerithium*, *Trochus*, *Arca*, *Turbinolia*, etc. ; contient très souvent de la pyrite (Fig. 6) ;



Fig. 6. Détail du calcaire à cérithes et de la fine couche d'argile au-dessus de la craie. © F. Dreyer.

4) calcaire corallien (« *Coralitkalksteen* »), caractérisé par un calcaire constitué de fragments de corail avec un liant contenant du fer et de l'argile, des silex cornés en couches cohérentes ; fossiles en particulier *Echiniter*, *Cranioë*. Stratification ellipsoïde ;

5) conglomérat calcaire ; non stratifié ; fragments anguleux accolés les uns aux autres par un ciment calcaire.

J'ai ajouté 3 figures Fig. I. II. III. pour montrer plus clairement les relations (Fig. 6 et 7).

¹ FORCHHAMMER, G. (1826). *Om de geognostiske Forhold i en Deel af Sjælland og Naboeøerne (Sur les relations géognostiques d'une partie de la Sjælland et des îles environnantes)*.

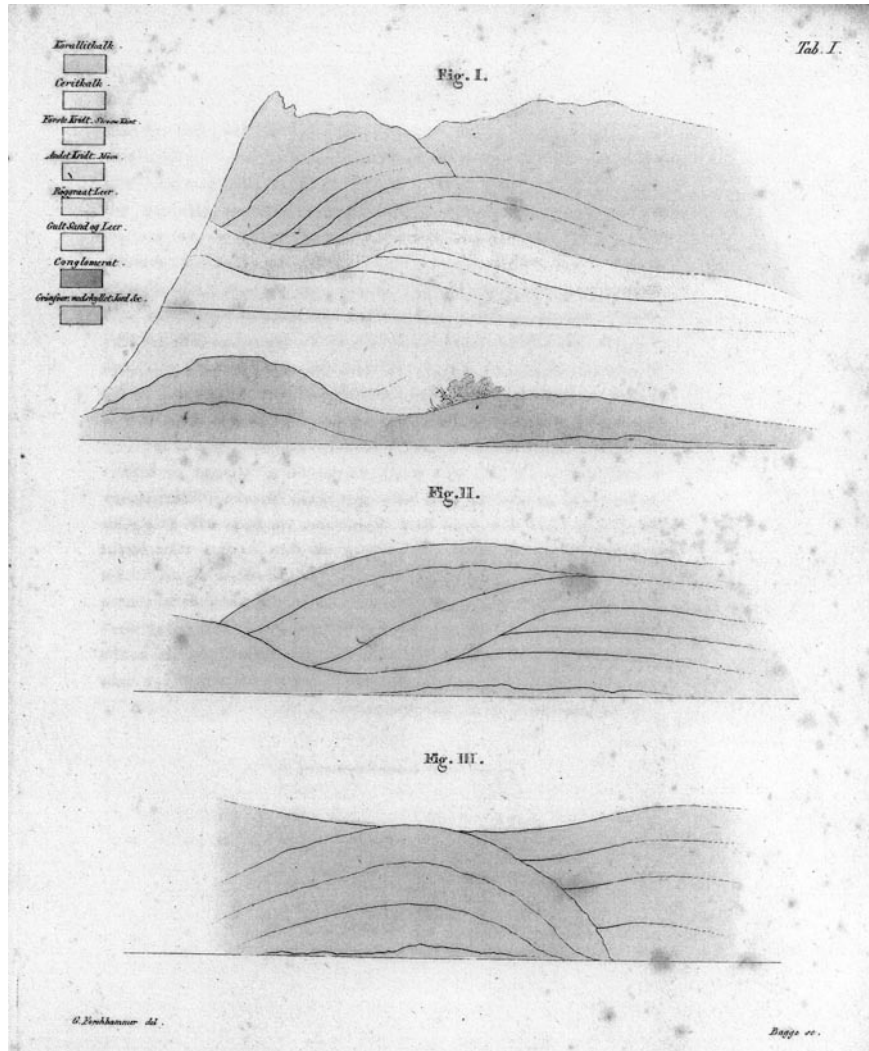


Fig. 7. Représentation de Stevnsklint par G. Forchhammer (1826).

gelrethed og dets Mægtighed. Disse 5 Lag vil vi samle i følgende Overblik:

- 1) Det laveste Lag er Kridt, characteriseret ved Afvexlinger af ubuede Lag af Flint og Kridt. Flint i Knuder og aldrig sammenhængende i Lag.
Forsteninger især *Alcyonier*. Svovlkies hist og her.
- 2) Leerlaget, characteriseret ved Leer med grønne Particler. Svovlkis og Kul. Forsteninger, Zoophyter, Haifisketænder.
- 3) Ceritkalksteen, characteriseret ved en fastere Kalksteen med Grønjord.
Forsteninger af *Cerithium*, *Trochus*, *Arca*, *Turbinolia* &c. Indeholder hyppigen Svovlkis.
- 4) Corallitkalksteen, characteriseret ved en Kalksteen, bestaaende af Corallbrudstykker med jern- og leerholdigt Bindemiddel, ved hornsteenagtig Flint i sammenhængende Lag.
Forsteninger især *Echiniter*, *Crania*.
Elipsoidisk Schichtning.
- 5) Kalksteen Conglomerat. Uschichtet. Skarpkantede Brudstykker, sammenlimede ved Kalksinter. Jeg har tilføiet 3 Gjennemsnit Fig. I. II. III. for at vise Forholdene tydeligere.

Fig. 8. Extrait du mémoire de G. Forschhammer (1826, p. 260-261), correspondant à la description des cinq couches observées à Stevnsklint (traduction dans le texte).

1. Que savait Georg Forchhammer en 1825 pour interpréter ses observations ?

Georg Forchhammer avait à sa disposition la *Description géologique des environs de Paris* de Cuvier et Brongniart de 1822, qu'il cite à plusieurs reprises et dont il avait de toute évidence une parfaite connaissance. Or, Cuvier et Brongniart séparent les terrains de sédiment en terrains de sédiment inférieurs, terrains de sédiment moyens, jusqu'à la craie inclusivement, et le terrain de sédiment supérieur ou terrain tertiaire commençant avec l'argile plastique et le calcaire grossier. D'autre part, leur étude paléontologique avait montré qu'il n'y avait aucun des fossiles de la craie dans le terrain tertiaire et que les terrains de sédiment moyen ne contenaient aucun univalve (dans l'*Essai* de 1811), sauf un *Trochus*, précision apportée en 1822.

2. Les trois sites danois et leurs interprétations en 1825

Stevns Klint, la découverte d'un calcaire tertiaire

Fort de ces données, Forchhammer précise que la craie de Stevns Klint contient peu de fossiles mais uniquement des fossiles de la craie. « *Il n'y a aucune raison de penser que la craie à Stevnsklint est différente de celle des autres pays* »². Il distingue nettement la craie des couches qui la recouvrent. Il remarque que la surface de la craie est irrégulière et présente des ondulations ne correspondant pas à la stratification de la craie et des silex. La couche d'argile reposant sur la craie et ne se mélangeant jamais à celle-ci, n'en fait donc pas partie.

Les fossiles du calcaire à cérithes³ sont principalement des univalves « *considérés comme caractérisant l'époque tertiaire* »⁴. Il se permet alors de conclure : « *Par les fossiles, par la manière dont les roches se sont déposées sur la craie, par la quantité de particules vertes qu'il contient, tout cela caractérise pleinement le calcaire grossier français et c'est une partie de la formation de la période tertiaire. L'argile qui est entre le calcaire et la craie est en conséquence de l'Argile plastique et avec elle commence comme en France et en Angleterre la période tertiaire* »⁵. Il compare ainsi le calcaire à cérithes au calcaire grossier du Bassin parisien et lui attribue, de ce fait, un âge tertiaire : il établit donc une corrélation entre des terrains danois, français et anglais qui lui paraissent semblables, aussi bien par leur position stratigraphique que par leur lithologie et leur contenu paléontologique.

² « *Alt tilsammentaget er der ikke en eneste Grund til at antage Kridtet i Stevnsklint som forskjellig fra det i andre Lande* ». In FORCHHAMMER, G. (1826), p. 261.

³ J'ai trouvé : « *Jeg har fundet: En Trochus. Trochus niloticæformis. To Certithier. En Ampullaria (?). En Cypræa. En Buccinum (?). En Patella. En Arca. En Mytilus. En Pecten. E, Turbinolia. En Dentalium. En Echinit.* ». Ibid., p. 254

⁴ « *Forsteningen der betragtes som characteriserende for den tertiaire Tid* ». Ibid., p. 263.

⁵ « *Ved disse Forsteningen og ved Stenens Leiring ovenpa Kridtet, ved en Mængde grønne Partikler, den indeholder, characteriseres den fuldkomment som den franske calcaire grossier, et Let af Dannelserne i den tertiaire Tid. Leret som ligger imellen denne Kalksteen og Kridtet er derfor Argile plastique, og med denne begynder her som i Frankrige og England den tertiaire Tid.* ». Ibid., p. 263.

Cependant, au-dessus du calcaire à cérithes, se trouve le calcaire corallien qui contient des silex cornés du calcaire grossier français mais aussi des fossiles, *Ananchytes ovata*, *Ostrea vesicularis*, *Belemnites mucronatus*, connus pour être caractéristiques de la craie. Forchhammer est devant un problème de taille : « *Si on suppose que ces vestiges d'animaux de l'époque de la craie se trouvent seulement dans des dépôts secondaires, alors ils n'appartiennent pas au temps où le calcaire corallien s'est formé* »⁶ (Forchhammer, 1826). Or ces fossiles de la craie sont en parfait état de conservation dans une roche qui serait tertiaire. Il rappelle alors qu'Alexandre Brongniart, lorsqu'il avait découvert une *Gryphæa columba*, fossile de la craie en parfait état de conservation, dans le calcaire grossier près de *Mortecchio Maggiore* avait dit que « *ce fait est embarrassant mais il est assez bien constaté* » (en français et avec cette orthographe dans le texte). Il fait sienne cette phrase pour signifier que, bien qu'il contienne des fossiles de la craie, le calcaire corallien est bien tertiaire (Forchhammer, 1826). Aussi, pour expliquer la présence de ces fossiles, Forchhammer suppose des changements climatiques et pose la question de savoir si les choses du passé ne peuvent pas resurgir si les conditions sont à nouveau réunies.

L'extension de ces calcaires tertiaires à Faxø

Pour préciser le développement de ces deux calcaires tertiaires et surtout du calcaire à cérithes qui lui paraît si différent, il recherche dans la région, notamment entre Stevns Klint et Faxø, la présence de la couche d'argile qui en détermine la base. Il pense que, sous le calcaire à cérithes, il y a l'argile, mais il ne la trouve ni dans les carrières, ni dans les tranchées de routes, ni dans les forages. Aucun témoignage n'en fait mention. Partout, on retrouve le calcaire massif qui, d'après les descriptions, correspond au calcaire corallien stratifié et on atteint une couche de silex cohérents difficile à casser, comme celle qui est à la base du calcaire corallien. Cependant, à Faxø, surmonté d'une faible épaisseur de calcaire corallien, un calcaire contenant de nombreux débris de coraux et des univalves [gastéropodes] présente un développement particulièrement important et constitue l'essentiel du calcaire exploité dans les carrières de Faxø. Ce calcaire, qu'il compare au calcaire à cérithes de Stevns Klint, a une telle épaisseur que l'on n'atteint pas la couche d'argile ni la craie. Sur le flanc nord-est de la colline de Faxø, les nombreuses carrières, très proches les unes des autres, fournissent presque toutes la même pierre et les mêmes fossiles, un calcaire gris-blanc à jaune pâle. Cependant, le calcaire présente localement des différences et Forchhammer retient pour l'essentiel deux variétés : le calcaire massif, dense et fracturé, dont les couches alternent avec celles d'un calcaire constitué principalement de vestiges de coraux en bon état et entremêlés⁷ (Fig. 9a, b). Ce dernier contient de nombreux fossiles d'univalves et de bivalves, mais le calcaire massif n'en manque pas non plus. Il a trouvé parmi

⁶ « *Hvis man vilde antage at disse Levninger af Kridttidens Dyr vare ikkun paa et secundairt Leiringsted, at de ikke hørte til den Tid hvori Corallitkalkstenen havde dannet sig...* » *Ibid.*, p. 263.

⁷ Les stratifications, plus ou moins nettes, sont très perturbées ; elles tombent avec un grand angle en direction ouest dans certaines zones et vers l'est dans d'autres. *Ibid.*, p. 267.

les fossiles du calcaire de Faxe⁸ un petit crabe très caractéristique de ce calcaire, le *Brachiurites rugosus* Schlotheim (Fig. 10) et le *Nautilites danicus* Schlotheim (Fig. 11). Une couche de Faxe a exactement les mêmes caractères que le calcaire à cérithes des falaises qui s'étendent de Rødvig à Stevns, la variété dense et fracturée. Ainsi, Georg Forchhammer estime que toutes les conditions sont réunies pour reconnaître dans le calcaire de Faxe un développement local du calcaire à cérithes de Stevns, et il annonce : « je crois que nous pouvons considérer ce point important des relations géognostiques réglé »⁹.

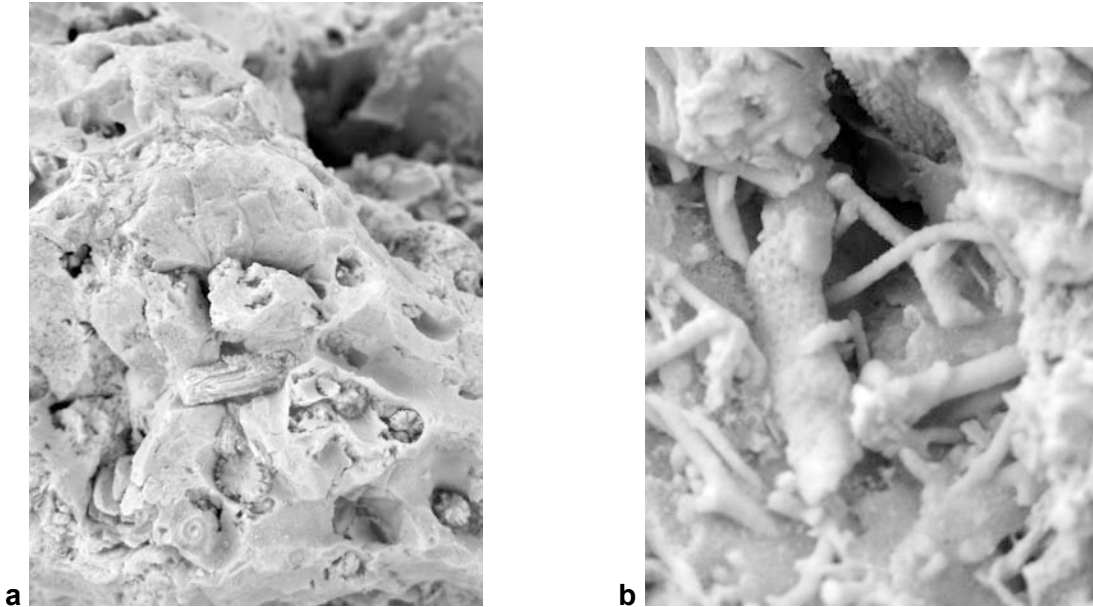


Fig. 9. a : calcaire massif, dense et fracturé de Faxe. © F. Dreyer. b : calcaire friable de Faxe (détail) © N. Santarelli.

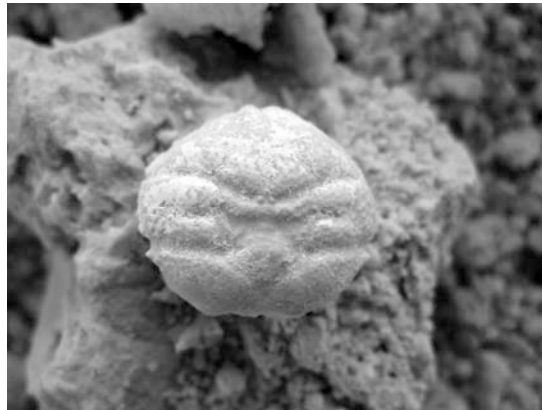


Fig. 10. *Brachiurites rugosus* Schlotheim ou *Dromiopsis rugosa* (Scholtheim) (20 mm), carrière de Faxe © N. Santarelli.

⁸ « J'ai trouvé les fossiles suivants : Un Crabe ; *Brachiurites rugosus* Schlotheim. Un Nautilite. *Nautilites danicus* Schlotheim. Deux *Cypræer*. *Cypræacites bullarius* Schlotheim et *C. spiratus* Schlotheim. Un *Fusus*. Deux *Trochi*. L'un est *Trochilites niloticiformis* Schlotheim.; l'autre est beaucoup plus marqué, ses enroulements (spires) ne sont pas si proches les unes des autres. Peut-être qu'il s'agit d'un *Cerithium* mais dans ce cas différent des deux *Cerithier* de Stevnsklint. Deux *Univalves* indéterminables simplement. Un *Capulus*. Un *Crania*. Trois *Terebratules*. L'un ressemble beaucoup à *Terebratula plumila*, Descr. Des envir : de Par. Tab. IV. Fig. 9 [voir Annexe 4]. Deux *Pectiner*. Deux *Cardier*. Une *Ostrea*. Une *Gryphœa*. Un *Mytilus*. Une *Arca*. Des fragments d'un *Catillus*. Un *Spatangus*. Un *Pentacrinit* (?) Un *Favosites*. Deux *Turbinolier*. Un *Madrépore*. Plusieurs autres *Coraux*. Des dents de *Requins* ». *Ibid.*, p. 269.

⁹ « ...jeg troer man kan ansee dette vigtige Puncts geognostiske Forhold for afgjort ». *Ibid.*, p. 269.

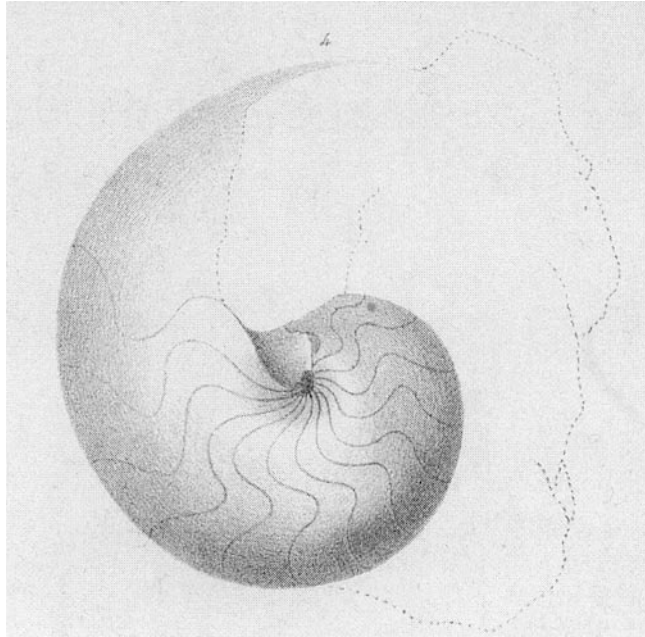


Fig. 11. *Nautilus danicus* Schlotheim. D'après Ch. Lyell (1837-1840, Pl. 18).

Ainsi, Georg Forchhammer utilise les grands principes de stratigraphie qui se mettent en place dans les années 1810-1820 pour corréliser des formations danoises entre elles et avec des formations françaises et anglaises. Il recherche ces mêmes formations dans les îles voisines, notamment celle de Møn.

Møn, une étrange stratigraphie

Les falaises à l'est de l'île de Møn montrent une craie blanche sur plus de 100 m de hauteur englobant par endroits de grosses masses de roche jaunâtre, que Forchhammer reconnaît comme étant le conglomérat de surface, celui-là même qui recouvre tout le Danemark et qui est donc récent¹⁰. La craie recouvrant localement ce conglomérat est donc plus jeune ou tout au moins aussi jeune que ce conglomérat, ce qui représentait pour lui un véritable dilemme. Georg Forchhammer conclut que l'ensemble de la falaise, craie et conglomérat, sont d'époque tertiaire.

L'ensemble de ces observations et leur interprétation a dû être très discuté car, dans son texte anglais de 1828, Georg Forchhammer sera beaucoup plus concis, précis et surtout infiniment plus prudent.

3. Une interprétation plus nuancée en 1828

En ce qui concerne le calcaire à cérithes, il réaffirme que le plus remarquable est que les fossiles de ce calcaire sont complètement différents de ceux de la craie et qu'ils présentent « *une analogie étroite avec ceux du calcaire grossier, même si ce ne sont peut-*

¹⁰ Ce conglomérat est en réalité une formation glaciaire, donc de l'époque « *diluvienne* », mais à Møn, sous l'effet du déplacement de l'inlandsis, la craie secondaire de Møn a été complètement déformée, entraînée et entremêlée avec les formations glaciaires. Cette stratigraphie complètement anormale était donc extrêmement difficile à interpréter à l'époque.

être pas les mêmes espèces ». ¹¹ Il ne considère plus le calcaire à cérithes comme étant « le » calcaire grossier mais comme lui étant étroitement analogue.

De la même façon, Forchhammer est plus explicite qu'il ne l'avait été jusque-là pour les fossiles du calcaire corallien surmontant le calcaire à cérithes. Ce calcaire corallien contient les fossiles les plus caractéristiques de la formation de la craie, *Ananchytes ovata*, *Ostrea vesicularis*, *Belemnites mucronatus*, etc. et Forchhammer précise ce qu'il n'avait que suggéré : « *mais beaucoup [d'*Ananchytes*] sont dans un tel état de conservation, qu'ils ne peuvent pas provenir d'autres couches peut-être détruites de la craie* » ¹², indiquant par là que ce ne sont pas des fossiles remaniés provenant de l'érosion de couches antérieures, mais qu'ils ont bien vécu à l'époque de ces dépôts et sont donc bien à leur place dans des dépôts tertiaires. Il souligne ainsi l'importance de s'assurer que les fossiles ne sont pas remaniés pour pouvoir les utiliser en stratigraphie.

Pour le calcaire de Faxø ¹³, on note très peu de différences avec son texte de 1826 : il confirme surtout que le calcaire de Faxø et le calcaire à cérithes de Stevns Klint sont si proches que *nous sommes obligés de les considérer* comme identiques malgré l'extrême différence de leurs épaisseurs.

La différence majeure du texte anglais de 1828 avec le mémoire en danois de 1826 réside dans les conclusions finales. Les références au calcaire grossier et à l'argile plastique disparaissent complètement. L'auteur considère que, dans la majeure partie de l'est du Danemark, les strates se succèdent ainsi : « *1. la craie de Stevnsklint, complètement analogue à celle d'Angleterre* ¹⁴ ; *2. une couche d'argile ; 3. une couche de calcaire, contenant des fossiles de genres généralement considérés comme caractéristiques des roches tertiaires ; 4. un dépôt de calcaire crayeux* ¹⁵, *avec des fossiles de la formation de la craie ; 5. sable, terre, gravier, avec de grosses pierres contenant des lits subordonnés de marne crayeuse avec des fossiles de la formation de la craie ; et nous pourrions considérer toutes ces couches à présent mentionnées comme appartenant à la même formation.* » ¹⁶

Cette dernière phrase est pour le moins ambiguë. Compte-t-il dans cet ensemble la craie évidemment secondaire, déjà à l'époque, ou ne considère-t-il que les quatre dernières couches ? Il rassemble dans cette « *formation* », des terrains secondaires comme la craie,

¹¹ « ... the close analogy which they bear to those of the calcaire grossier, although they are perhaps not the same species ». In FORCHHAMMER, G. (1828), p. 60.

¹² « ... but many also in such state of preservation, that they cannot be derived from other perhaps destroyed beds of chalk ». *Ibid.*, p. 61.

¹³ Dans le texte de l'*Edinburgh Journal of Science*, il est écrit par erreur Taxø au lieu de Faxø, ceci est d'ailleurs confirmé par Lyell dans son mémoire de 1835 publié dans les *Transactions of the Geological Society of London*, 1837-1840, p. 246.

¹⁴ Dans le mémoire de 1826, il se réfère davantage aux travaux de Cuvier et Brongniart sur les environs de Paris, mais ici la publication se fait en Grande-Bretagne.

¹⁵ Il s'agit du calcaire corallien.

¹⁶ « *1. Chalk of Stevnsklint, completely analogous to that of England; 2. a bed of clay; 3. a bed of limestone, containing such genera of fossils as are generally considered characteristic of the tertiary rocks; 4. a deposition of chalk-like limestone, with the fossils of the chalk formation; 5. sand, loam, gravel, with boulder-stones containing subordinate beds of a chalk-like marl, with fossils of the chalk formation; and we might consider all these beds now mentioned as belonging to the same formation* ». In FORCHHAMMER, G. (1828), p. 67.

des terrains qu'il suppose (et qui sont dit actuellement) tertiaires et la cinquième couche vraiment différente des autres. Cette formation est-elle crétacée ou tertiaire ?

Il semblerait que l'ensemble est crétacé mais le calcaire de Faxø est « *évidemment entre les couches 1 et 4* » et « *si nous nous autorisons à utiliser les fossiles comme principal critère de détermination* »¹⁷, il est évidemment d'une formation plus récente. Forchhammer se trouve devant des observations apparemment contradictoires qu'il tente d'expliquer. Le calcaire de Faxø est pénétré par des strates dont les fossiles sont analogues à ceux de la craie. Ici, l'indication paléontologique (la craie est antérieure au calcaire de Faxø) n'est pas en accord avec la stratigraphie (les deux calcaires s'interpénètrent, ils seraient alors de même âge). Deux hypothèses, également différentes de ce qui est alors généralement admis, s'offrent à lui pour expliquer l'alternance de strates qui, étudiées séparément, seraient considérées comme appartenant respectivement à la craie et à la formation tertiaire. Cette appartenance est déterminée par la nature des fossiles contenus dans ces couches, c'est donc le critère paléontologique. Mais celui-ci ne suffit pas à expliquer l'alternance des couches. Il faut donc soit considérer le tout comme appartenant à la même formation, soit faire une séparation et considérer l'une comme appartenant à la craie vraie, l'autre à la formation tertiaire. Forchhammer est partisan de ce dernier cas et précise que la ligne de séparation ne peut être établie nulle part ailleurs qu'à Stevns Klint où elle apparaît au commencement de la couche d'argile. Il considère donc la couche supérieure de Stevns Klint et les falaises de Møn comme appartenant à la formation tertiaire en dépit de leurs fossiles. C'est donc le critère stratigraphique qu'il met ici en avant pour positionner la séparation à cette place, mais il y ajoute une autre raison qui est, « *bien qu'il soit indéniable que l'on passe de l'une à l'autre par degrés, – la première apparition de fossiles tels qu'ils sont considérés comme appartenant à la formation tertiaire, – la nature de la roche, qui se rapproche considérablement de celle des formations tertiaires d'autres pays* »¹⁸, c'est-à-dire un critère paléontologique et un critère lithologique.

Ainsi, Forchhammer, moins catégorique qu'en 1826, (sous la pression et les critiques de ses pairs ?), met en lumière des éléments contradictoires qu'il peine à rassembler dans un tout cohérent. Il est évident, là aussi, que la stratification très perturbée des couches rend extrêmement délicate l'interprétation des relations géognostiques de ces dépôts et par conséquent la détermination de l'ordre des dépôts et de leur époque de formation. Il existe là des contradictions probablement insolubles en l'état et les critères admis à l'époque ne suffisent pas.

4. La diffusion des observations de Forchhammer

Les interprétations de Forchhammer vont être présentées succinctement en 1832 dans un court texte intitulé *Cretaceous Rocks at Stevnsklint, Seeland*, inséré dans le livre A

¹⁷ « ... if we allow fossils to serve as a principal point of determination ». *Ibid.*, p. 67.

¹⁸ « ... although it cannot be denied that the one passes into the other by degrees, – the first appearance of such fossils as are considered belonging to the tertiary formation, – the nature of the rock, which approaches a great way to that of the tertiary formations of other countries ». *Ibid.*, p. 68.

geological Manual de Henry T. De la Beche (1796-1855)¹⁹. Henry De la Beche s'intéresse tout particulièrement à la description de ces roches par Forchhammer dans la mesure où elle se rapporte au *passage zoologique* des roches *crétacées* aux roches *supracrétacées*. Après un bref résumé de la disposition relative des différentes couches à Stevns Klint proposée par Georg Forchhammer, Henry De la Beche conclut : « *il semblerait d'après ce qui précède qu'il existe une alternance apparente de fossiles habituellement considérés comme crétacés, avec ceux que l'on rapporte plus généralement à la période supracrétacée ; - une circonstance à ce jour remarquable, qu'elle montre un état des choses quelque peu différent des mélanges et changements plus progressifs supposés s'être produit dans les Alpes et les Pyrénées, et à Maestricht ; une circonstance dans laquelle les conditions ont été tour à tour favorables à la présence d'animaux supposés caractéristiques des deux différentes classes de roches* ». ²⁰

C'est pourquoi Charles Lyell, interpellé par ces étonnantes circonstances, demandera à Forchhammer de le guider sur le terrain et de lui montrer ces formations.

III. La confrontation entre Charles Lyell et Georg Forchhammer, 1834

C'est au printemps 1834 que Lyell et Forchhammer se rendent dans les îles de Sjælland et Møn.

Le 13 mai 1835, Lyell lit devant la Société géologique de Londres son mémoire *On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Møen*, qui sera publié dans le volume de 1837-1840 des *Transactions of the Geological Society of London*, mais un résumé sera publié dès 1835 dans les *Proceedings*, résumé dans lequel il écrira : « *Le Dr. Forchhammer est maintenant d'accord avec moi pour les principales conclusions...* »²¹.

Quant à Forchhammer, il en fera un bref compte-rendu d'à peine plus de trois pages dans un ouvrage de 112 pages, *Danmarks geognostiske Forhold*²². Le grand dessein de son ouvrage était de montrer les relations géognostiques du Danemark et de prouver que les formations successives formaient de grandes bandes de direction nord-ouest / sud-est (fig. 3).

¹⁹ *A geological Manual* a été traduit en français par A.J.M. Brochant de Villiers (1772-1840) sous le titre *Manuel géologique* en 1837. In DE LA BECHE, H.T. (1837). *Manuel géologique*, trad. fr. de la 2^e éd. par A.-J.-M. Brochant de Villiers, Bruxelles, Méline, Cans et Cie, p. 463-464. Dans cette traduction, quelques différences apparaissent par rapport au texte anglais.

²⁰ « *It would appear from the above, that there is an apparent alternation of the fossils usually considered cretaceous, with those more commonly referred to the supercretaceous period; -a circumstance so far remarkable, that it shows a state of things somewhat different from the ore gradual mixture and change supposed to have taken place in the Alps and Pyrenees, and at Maestricht; being one in which the conditions were alternately favourable to the presence of animals supposed characteristic of two different classes of rocks* ». In DE LA BECHE, H.T. (1832), p. 517.

²¹ « *Dr. Forchhammer now agrees with the author in the principal conclusions...* ». In LYELL (1835), p. 192.

²² FORCHHAMMER, G. (1835). *Danmarks geognostiske Forhold: forsaavidt som de ere aphaengige af Dannelser, der ere sluttede, fremstillede i et Indbydeksesskrift til Reformationsfesten den 14de novbr. 1835*, Kjöbenhavn, Kongelig og Universitets-Bogtrykker J.H. Schultz, 112 p., 1 kort. « *Relations géognostiques du Danemark : dans la mesure où elles dépendent des formations qui sont reliées, présenté à l'occasion de la célébration de la Réforme du 14 novembre 1835* ».

Lyell et Forchhammer vont accompagner leur texte d'un dessin de la falaise de Stevns (Fig. 12). Celui de Forchhammer diffère peu de celui de 1825, si ce n'est par le nom des formations. En effet, la craie est nommée en 1835 « *Skrivekridt* » c'est-à-dire « *craie à écrire* » ou craie blanche alors que le calcaire à cérithes est devenu le calcaire de Faxø comme dans le dessin de Lyell. Le calcaire corallien est simplement « *calcaire* » et Lyell précise « *Upper Stevnsklint limestone* ».

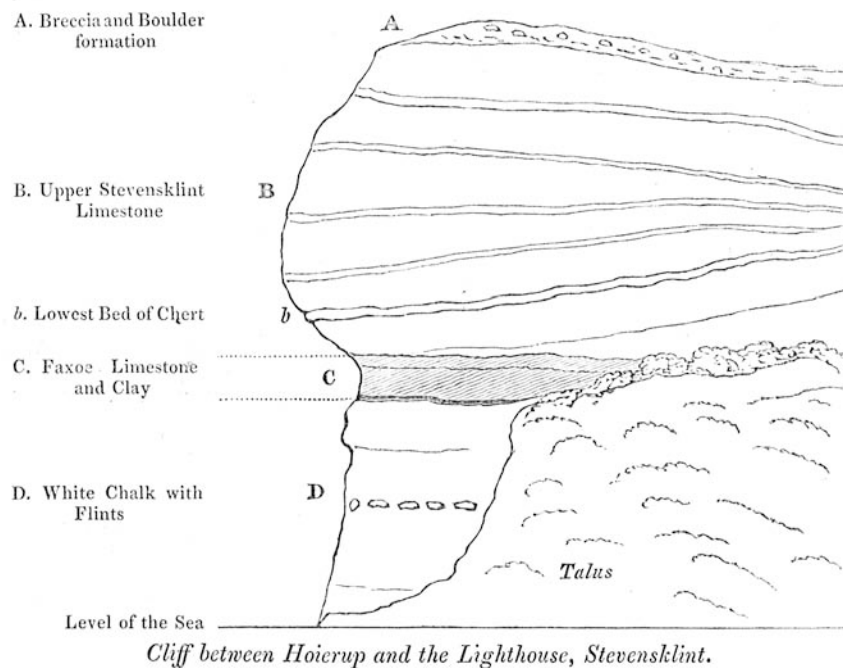


Fig. 12. Deux représentations de la falaise de Stevns publiées en 1835. En haut, par Forchhammer (a : la craie blanche ; b : la couche d'argile et le calcaire de Faxø ; c : le calcaire ; d : le conglomérat calcaire que nous venons d'examiner en détail) ; en bas, par Ch. Lyell.

1. Les conclusions de Georg Forchhammer

La liste des fossiles trouvés dans le calcaire de Faxø commence par dix espèces de la craie, désignées selon le système binominal, dont *Baculites Faujasii*, suivies par le *Nautilus aganiticus (danicus)* Schlotheim du calcaire corallien du Jura. En effet, en 1834, Leopold von Buch (1774-1853) a affirmé que le *Nautilus danicus* Schlotheim était identique au *Nautilus aganiticus* du Lias.

À ces espèces, il faut ajouter quarante autres espèces qui n'ont encore jamais été décrites et dont il donne des noms de genre. Ainsi, « *On ne peut pas nier que de nombreux fossiles relient cette formation à la formation de la craie, mais elle en a aussi beaucoup qui lui sont propres* »²³. Puis, en faisant référence aux travaux de « Des Hayes » [sic] sur les couches de Maastricht et Ciply, il conclut que « *Le calcaire de Faxø est donc une partie de la formation de la craie, qui en est le terme propre au Danemark et qui a son analogue dans les couches de Maëstricht et Ciply* »²⁴. Il précise enfin qu'il avait fait auparavant le parallèle entre le calcaire de Faxø et le calcaire grossier français d'une part, et entre la mince couche d'argile noire et l'argile plastique d'autre part, et d'ajouter : « *Ici, je me suis trompé, et c'est une preuve de plus de la facilité avec laquelle on tombe dans l'erreur en faisant un parallèle trop strict avec des formations de différents pays* »²⁵.

Dans ce texte de 1835, Forchhammer reste extrêmement bref, pas de détails excessifs, pas de théorie vague et confuse : des faits et la reconnaissance de son erreur. Il n'en demeure pas moins que son travail sur les formations danoises lui a permis de tracer la première carte géologique et de donner une impulsion très forte à la géologie au Danemark. *Danmarks geognostiske Forhold* reste un traité fondateur et une première tentative d'écrire une géologie danoise moderne (Gravesen, 2001, p. 13).

2. Les arguments de Lyell pour convaincre Forchhammer

Møn, une observation trop rapide et superficielle

Les falaises de Møn sont extrêmement abruptes et la bande côtière étroite, ce qui limite leur étude. Aussi Lyell voulut-il prendre du recul en bateau pour mieux visualiser les relations existant entre la craie et le conglomérat. Dans ce contexte, il n'eut aucun mal à convaincre Forchhammer que les déformations et l'interpénétration du conglomérat dans la craie étaient liées à des déformations postérieures au dépôt des couches. Ainsi, le conglomérat est bien postérieur à la craie qui est donc crétacée. Forchhammer aurait peut-être pu éviter cette erreur d'interprétation s'il avait été en meilleurs termes avec son collègue Henri Beck (1799-1863), affilié au cabinet de curiosités du prince Christian Frederik de Danemark, qui avait réalisé une étude très poussée des fossiles danois de la craie blanche, de Møn, et du calcaire de Faxø et Stevns Klint (Gravesen, 2001). Une collaboration entre Forchhammer et Beck aurait probablement permis de préciser que tous les fossiles de Møn étaient de la formation de la craie blanche. Par conséquent, en considérant le critère paléontologique, il ne pouvait pas y avoir de doute. L'interprétation erronée de Forchhammer a pu faire perdre leur crédibilité à ses autres travaux sur Stevns Klint et Faxø. D'autre part, l'objectif de Forchhammer était infiniment plus vaste, comme nous l'avons vu. Ses interprétations de la stratigraphie de Stevns Klint, Faxø et Møn lui permettaient des corrélations avec d'autres sites et entraient bien

²³ « *Man kan ikke nægte, at mange Forsteninger forbinde denne Formation med Kridformationen, men den har ogsaa meget Eiendommeligt* ». *Ibid.*, p. 77.

²⁴ « *Faxø-Kalk er altsaa en deel af Kridtformationen, som er enden eiendommeligt for Danmark eller har sin Analogie i Lagene ved Maëstricht og Ciply* ». *Ibid.*, p. 79.

²⁵ « *Heri tog jeg fejl, og det er et Beviis mere for, hvor let man falder i Bildfarelset ved en altfor streng Parallelisering af forskjellige Landes Formationer* ». *Ibid.*, p. 78.

dans ce cadre. Cependant, il ne fallut pas longtemps avant que des critiques ne s'élèvent, et que d'autres, comme Beck, proposent d'autres points de vue.

La détermination des espèces par Henri Beck

Beck avait commencé, dans les années 1820, un ouvrage, *Gaea Danica*, qui devait représenter les fossiles danois, dont ceux de la craie blanche et de Faxø. C'est ce travail que Lyell cite et dont il espère la publication prochaine, accompagné d'une description et des figures des nouvelles espèces (Lyell, 1837-1840, p. 249). Ce travail ne sera jamais achevé et il n'en reste que des gravures ou des dessins isolés, conservés notamment aux archives du Musée de géologie de Copenhague (Gravesen, 2001, p. 12). Lyell cite aussi abondamment la note de Beck, qu'il a lui-même lue à la Geological Society of London, en tant que président de la Société, le 16 décembre 1835 (Beck, 1835-1836, p. 217-219), rapport de trois pages, extrêmement concis où Beck replace les différentes formations danoises dans un ordre plus proche de celui qui est actuellement admis que celui de Forchhammer.

Beck dresse aussi un court bilan sur les couches de Faxø : « *Elles contiennent quelques-uns des fossiles caractéristiques de la craie et certains qui leur sont propres* »²⁶. Il en cite une liste légèrement différente de celle de Forchhammer, mais non exhaustive. Ces fossiles appartiennent aux genres *Arca*, *Modiola*, *Venus*, *Trochus*, *Fusus*, *Voluta*, *Oliva*, *Cypræa*, *Nautilus* &c.²⁷. Ces couches sont si largement composées de zoophytes qu'elles peuvent être considérées comme un récif corallien. Mais il n'en dit pas plus pour justifier que les couches de Faxø sont une *division des séries crétacées*.

Malgré tout, Beck cherche à faire une comparaison, une corrélation avec les couches d'autres terrains connus et décrits, notamment ceux de Maastricht. Son étude montre que les fossiles du calcaire de Faxø diffèrent considérablement de ceux de Maastricht et, de ce fait, il écarte nettement la corrélation avec les terrains de Maastricht auxquels tous les géologues se référaient alors, pour les terrains situés entre la craie et les formations tertiaires. Par contre, il rapproche davantage le calcaire de Faxø des couches trouvées à Künruth, près de Liège, qui ont en commun avec les couches de Faxø, *Baculites Faujasii*, *Nautilus fricator* (Beck), *Fusus elongatus* (Beck), et *Terebratula subgigantea* (Schlotheim), tout en précisant qu'il n'a pas pu identifier un seul fossile de Faxø à un fossile de la série oolithique (il considère que le *Nautilus danicus* est différent du *Nautilus aganiticus* du Lias, contrairement à ce qu'affirme von Buch), ni à aucun fossile de Gosau²⁸, ni à aucun des fossiles tertiaires décrits jusqu'alors (Beck, 1835-1836). Autrement dit, les couches de Faxø ne sont pas tertiaires.

Lyell fera siennes les observations de Beck et en fera la synthèse dans son texte de 1835. Il précise qu'« *il y a dans la collection du Prince Christian du Danemark, 132 espèces de coquilles fossiles provenant des couches de Faxø, dont 26 ont été déterminées par Mr. Beck comme étant identiques aux espèces de la craie, tandis que les autres en sont*

²⁶ « *They contain some of the characteristic fossils of white chalk and some which are peculiar...* ». In BECK (1835-1837), p. 218.

²⁷ Les fossiles non cités par Forchhammer sont soulignés. *Ibid.*, p. 218.

²⁸ Les couches de Gosau (Haute-Autriche) ont un âge crétacé supérieur (Coniacien à Maastrichtien).

distinctes, mais ne correspondent pas aux coquilles tertiaires connues ».²⁹, soit à peine 20 % sont identiques aux espèces de la craie. Dans son mémoire, évidemment plus détaillé, Lyell note, entre autres, que 40 % des zoophytes sont identiques à ceux de la craie et que les céphalopodes de Faxé méritent une mention particulière avec *Baculites fujasii* et *Belemnites mucronatus*. Les 80 % restants sont des espèces nouvelles, non encore décrites, ne ressemblant à aucune espèce tertiaire connue, et dont il ne donnera bien sûr qu'un nom de genre. Cela lui permettra de conclure que « *Les faits exposés ci-dessus seront suffisants pour convaincre un géologue que les fossiles de Faxé appartiennent à la période crétacée* ».³⁰

On aurait pu s'attendre à ce qu'un changement de faune aussi considérable que celui qui est noté par Lyell, Beck et Forchhammer freine davantage leurs conclusions, qu'un doute persiste... Mais, ils sont très affirmatifs. Ainsi, 20 % des espèces fossiles crétacées suffisent à faire du calcaire de Faxé un calcaire crétacé. Que faudrait-il pour qu'une roche et une faune fossile puissent être qualifiées de tertiaires ? Les espèces nouvelles ne semblent pas pouvoir l'être, à moins peut-être de se trouver dans une roche connue en tant que roche tertiaire. Que signifie d'ailleurs, pour Beck et Lyell, « *une espèce tertiaire* » ? Une espèce du calcaire grossier ? Très probablement, dans la mesure où il est sous-entendu qu'il ne peut s'agir que d'une espèce connue, déjà décrite et présente dans un terrain reconnu comme tertiaire, ce qui n'est pas le cas ici.

Il n'en demeure pas moins que cette attribution au Crétacé ne permet pas d'expliquer certains des caractères très particuliers du calcaire de Faxé. Lyell développe alors une argumentation précise pour justifier ses choix.

L'absence d'univalves dans la craie : non-existence ou mauvaise conservation des coquilles ?

Le problème majeur qui se pose est la présence des univalves dans le calcaire de Faxé, présence qui constitue le caractère particulier des fossiles de Faxé. En effet, Lyell introduit la liste des fossiles du calcaire de Faxé par la remarque suivante : « *La chose la plus frappante, quant à leur stricte appartenance à l'ère crétacée, est le grand nombre d'univalves spiralés qui, cela est bien connu, sont extrêmement rares dans la craie blanche à travers l'Europe* »³¹. Lyell, bien conscient de ce paradoxe propose deux explications possibles à cet état de fait. La première est que le lieu où le calcaire de Faxé s'est formé présentait des conditions locales plus propices, mieux adaptées³² à l'existence et la

²⁹ « *Upon the whole, there are in the collection of Prince Christian of Denmark 132 species of fossil shells from the Faxoe beds, of which 26 have been ascertained by Dr. Beck to be identical with chalk species, while the rest are distinct from them, but do not agree with known tertiary shells* ». In LYELL, 1835, p. 192.

³⁰ « *The above statements will be sufficient to satisfy a geologist, that the Faxoe fossils belong to the cretaceous period. The univalve shells which constitute their peculiar character are not identical with any known tertiary species, and have therefore merely a generic resemblance to tertiary fossils* ». In LYELL (1837-1840), p. 249-250.

³¹ « *The most striking circumstance respecting them as strictly belonging to the cretaceous era, is the great number of spiral univalves, which it is well known are exceedingly rare in the white chalk throughout Europe* ». *Ibid.*, p. 249.

³² « *... the local conditions... may have been more fitted for the existence...* ». *Ibid.*, p. 250.

multiplication des testacés univalves, la deuxième étant que la matrice rocheuse a permis une meilleure conservation de leurs coquilles. Les deux sont possibles mais Lyell penche pour la seconde hypothèse dans la mesure où, à Faxé, les coquilles des fossiles ont disparu et ceux-ci sont à l'état de moules. Leurs empreintes ne pourraient pas être conservées dans une roche plus molle comme la craie. À l'appui de cette thèse, il cite une observation de Beck qui n'a trouvé dans la craie que les valves inférieures des bivalves. Attachées à d'autres supports solides ou simplement plus résistantes comme celles des *Crania*, elles ont été conservées alors que les valves supérieures, plus fragiles, ont disparu. Ainsi, les univalves ont pu être présents dans la craie autant que dans le calcaire de Faxé mais leurs coquilles n'auraient pas été conservées ; seuls les bivalves le seraient. Ces remarques de Lyell sont une explication à l'absence d'univalves dans la craie. De cette façon, les univalves ne seraient pas nouveaux dans ce calcaire de Faxé. Cependant, après que Lyell a écrit cette thèse, William Lonsdale (1794-1871) lui a montré des valves supérieures de *Crania* parfaitement conservées et qu'il a trouvées dans la craie supérieure d'Angleterre. Lonsdale suggère que la plus grande abondance des valves inférieures est liée au fait qu'elles sont fixées à de grands fossiles. Si les valves supérieures, plus fragiles, sont conservées, pourquoi pas les univalves ? La question, bien qu'apparemment résolue, ne l'est pas vraiment. Des observations nouvelles peuvent remettre en question à tout moment les thèses proposées. Ici, Lyell se contente de noter celles de Lonsdale mais sans revenir sur ses propos.

Le calcaire de Faxé, un récif corallien isolé, contemporain de la craie ?

Une autre question est soulevée par la nature de la craie et du calcaire corallien. Dans le calcaire de Faxé, les coraux et un petit crabe, le *Brachyurus rugosus* (Fig. 10), tel que ceux qui foisonnent dans les récifs coralliens actuels, sont si abondants que le calcaire de Faxé à zoophytes est considéré par Lyell, Forchhammer et d'autres comme un récif corallien fossile, au vu de sa ressemblance avec les récifs actuels. Lyell a été frappé aussi par la ressemblance de la craie qui cimente les zoophytes à Faxé avec celle des récifs coralliens actuels des Bermudes rapportée par le lieutenant Nelson et qui est une boue formée par la décomposition des coraux morts. « *Ces observations confirment l'idée longtemps soutenue par certains géologues que la craie pouvait être formée par la décomposition des coquilles et zoophytes* »³³. C'est, ici encore, la comparaison avec les données actuelles³⁴ qui permet de comprendre les mécanismes en jeu dans le passé. D'ailleurs, selon Lyell (1835-1836), Lonsdale a découvert, l'été 1834, dans la craie blanche anglaise, une multitude de coraux, foraminifères et des valves d'un petit entomostracé ressemblant à la *Cytherina* de Lamarck. Ils sont extrêmement nombreux, au moins un millier par livre de craie, comme des petits grains blancs à l'œil nu, mais, sous l'objectif, ils apparaissent comme des *fossiles en parfait état de*

³³ « *These observations support an opinion which has long been entertained by some geologists that all chalk may be derived from the decomposition of shells and zoophytes* ». In LYELL (1835-1836), p. 365.

³⁴ C'est encore grâce ce principe, que Lyell expliquera la stratification des lits de silex dans l'upper Stevnsklint Limestone, les fameuses stratifications entrecroisées dites « *ellipsoïdes* » par Forchhammer et qui avaient tant intrigué Abildgaard et Forchhammer. « *Ces structures diagonales [...] semblent nettement, par analogie de forme, être dues aux mêmes causes qui sont à l'origine des laminations diagonales dans les strates de sable et autres* ». In LYELL (1837-1840), p. 247.

conservation. Toujours d'après les observations du lieutenant Nelson aux Bermudes et toujours, grâce au principe de l'uniformitarisme, Lyell démontre que la boue calcaire produite en permanence par les récifs coralliens installés autour des îles ou sur les hauts fonds, est entraînée au loin, en mer profonde, où elle s'accumule et donnera de la craie. Si une partie immergée se soulève ou se comble, elle devient moins profonde et un récif corallien peut se développer sur de la craie et donner un calcaire corallien. Ainsi, craie et calcaire corallien peuvent alterner, ou se développer côte à côte, simultanément, l'un en eau profonde, l'autre en eau peu profonde. La présence à Faxø de coquilles et de coraux incrustés dans de la vraie craie renseigne sur l'*océan du nord* pendant la période crétacée et sur la nature et l'origine de la craie blanche. Autrement dit, Lyell envisage même la contemporanéité possible du calcaire de Faxø avec la craie de régions voisines.

L'âge des calcaires de Faxø

Lyell aborde l'âge des calcaires de Faxø en resituant les couches de Faxø par rapport aux formations visibles à Stevns Klint. Le calcaire de Faxø contient de nombreux univalves, des fossiles similaires à ceux du calcaire à cérithes de Stevns ; tous deux peuvent donc être considérés comme faisant partie de la même formation. Il s'agit, ici, d'une corrélation à une courte distance de quelques miles, nécessaire dans la mesure où il n'a pas été possible de suivre la fine couche d'argile, ni le calcaire à cérithes jusqu'à Faxø (Fig. 13).

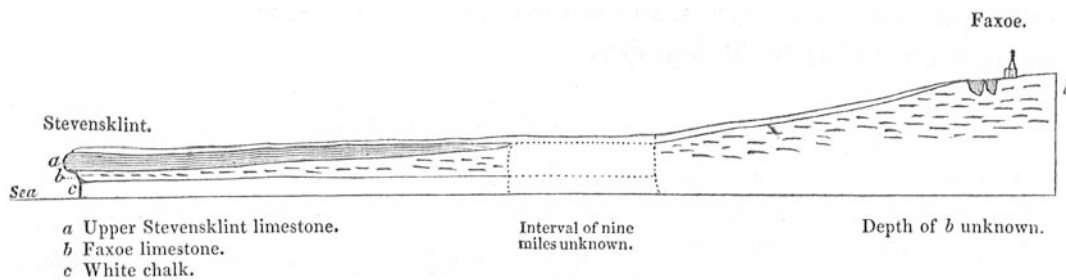


Fig. 13. Corrélation du calcaire à cérithes de Stevnsklint et du calcaire de Faxø. D'après Ch. Lyell (1837-1840).

À Stevns, ce calcaire se trouve juste au-dessus de la craie blanche et lui est donc postérieur. Cependant, pour Lyell, cela n'implique pas que les coraux et les coquilles de Faxø soient, de façon générale, postérieurs à la craie blanche de toute l'Europe et même du Danemark. En effet, même si à Faxø, rien ne recouvre le calcaire corallien contenant les univalves, à Stevns Klint, il est recouvert par une roche, l'*Upper Stevnsklint limestone* (Fig.12 et 13), contenant des fossiles qui correspondent bien davantage à la craie blanche et ne sont pas caractérisés par les débris les plus typiques de Faxø (Lyell, 1837-1840, p. 251). Ainsi, Lyell estime dans son mémoire que « ... ces faits montrent clairement que la particularité de la faune fossile de Faxø est due plus aux conditions géographiques comme, par exemple, la faible profondeur de cette partie de la mer crétacée, qu'à un changement

*général de la faune de l'océan qui se serait produit durant la période entre la formation de la craie blanche et le calcaire de Faxe. »*³⁵

La dernière partie de la phrase : « *plus... qu'à un changement général de faune [...] entre la craie blanche et le calcaire de Faxe* » semble montrer que Lyell attend, pour que la roche puisse être considérée comme tertiaire, un changement général de la faune, c'est-à-dire qu'il n'y ait plus aucune espèce crétacée et bien sûr des espèces tertiaires connues. Cela est suggéré au détour d'une phrase comme une évidence et montre que le schéma de représentation à l'époque correspondait encore à ce que Cuvier et Brongniart avaient décrit dans le bassin de Paris : les formations crétacée et tertiaire forment deux entités bien distinctes, exclusives ; aucun fossile de la craie n'est présent dans les terrains tertiaires et vice-versa. Même si Lyell est anti-catastrophiste, ce concept est si fort ou cette représentation est si prégnante qu'elle est utilisée comme une évidence.

Cependant, une autre interprétation était possible. Pour les uniformitariens comme Lyell, la faune change progressivement. Dans ce cas, comment séparer Crétacé et Tertiaire ? Sur quel critère ? Pour Lyell, un changement de faune aussi radical que celui observé à Faxe, ne pourrait pas être dû à la modification brutale de la faune au cours de la période entre la formation de la craie et celle du calcaire de Faxe. Un terrain, juste au-dessus de la craie et avec une faune si différente de celle de la craie impliquerait donc nécessairement un changement des conditions géographiques de dépôt.

Ainsi, dans un texte fulgurant de quinze pages (sept pour Stevns Klint), Lyell fait une démonstration imparable, d'une grande clarté et d'une grande concision. Pas de théorie vague et confuse, des faits et des propositions d'explication des observations les plus surprenantes, des choix argumentés, qui ne pouvaient que remporter l'adhésion des autres géologues. Le sort de la formation de Faxe était scellé : le calcaire de Faxe était crétacé.

Conclusion

La découverte, dans les années 1820, de terrains situés juste au-dessus de la craie mais différents des terrains tertiaires alors connus pose un problème majeur, celui de leur âge et donc de leur appartenance au Crétacé ou au Tertiaire. Leur faune très particulière contient non seulement des fossiles crétacés mais aussi de nouvelles espèces, non encore décrites. La présence de 20 % d'espèces crétacées suffit à en faire un terrain crétacé. Les 80 % restants ne correspondant à aucune espèce tertiaire jusqu'alors connue, ne peuvent être considérés comme tertiaires, bien qu'ayant une forte ressemblance générique avec des espèces tertiaires.

³⁵ « *This fact seems clearly to show, that the distinctness of fossil fauna of Faxoe, was produced more by geographical conditions, such, for example, as the local shallowness of that part of the cretaceous sea, than by any general change in the creatures inhabiting the ocean, effected in times intervening between the formation of the white chalk and the Faxoe limestone* ». *Ibid.*, p. 251-252.

Ces nouveaux terrains soulèvent la question de l'échantillonnage des fossiles, de la description et de la détermination des espèces, nouvelles ou non, comme le montre l'exemple du *Nautilus danicus*. Se pose aussi la question d'un recensement suffisant des terrains à la surface de la Terre, permettant de connaître avec plus de précision l'évolution des faunes au cours des temps géologiques. Pour les catastrophistes, la faune crétacée disparaît et est remplacée par une nouvelle création au début du Tertiaire. Pour eux, le calcaire de Faxe contenant des espèces crétacées, ne peut être que crétacé. Pour les uniformitariens comme Lyell, la faune change progressivement. Par conséquent, un terrain, juste au-dessus de la craie et avec une faune si différente, tant de celle de la craie – bien que contenant des fossiles de cet étage – que de celle du Tertiaire, implique, pour Lyell, un changement des conditions géographiques et/ou écologiques de dépôt, non pas un changement d'époque. Aussi, considère-t-il le calcaire de Faxe comme contemporain de certains dépôts de craie dans les régions voisines de Faxe et par conséquent d'époque crétacée.

Références

- ABILDGAARD, S. (1759). *Beskrivelse over Stevns Klint og dens naturlige Maerkvaerdigheder*. Copenhagen, p. 1-50.
- ABILDGAARD, S. (1764). *Sören Abildgaards Beschreibung von Stevns Klint und dessen natürlichen Merkwürdigkeiten, mit mineralogischen und chymischen Betrachtungen erläutert, und mit Kupferstichen versehen*. F.-C. Mummens Witwe, Aus dem Dänischen übersetzt, Kopenhagen und Leipzig, 88 p., 3 pl.
- BECK, H. (1835-1836). Notes on the Geology of Denmark. *Proceedings of the Geological Society of London*, II, p. 217-219.
- BRONGNIART, A. (1823). *Mémoire sur les terrains de sédiment supérieurs calcareo-trappéens du Vicentin et sur quelques terrains d'Italie, de France, d'Allemagne, etc., qui peuvent se rapporter à la même époque*, F.G. Levrault, Paris, 86 p., 6 pl.
- CUVIER, G., BRONGNIART, A., (1808). Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris. *Annales du Muséum d'Histoire naturelle*, Paris, XI, p. 293-326 ; et *Journal des Mines*, 23, p. 421-458.
- CUVIER, G., BRONGNIART, A. (1811). *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, avec une carte géognostique, et des coupes de terrain*. Baudouin, Paris, 278 p., carte et pl.
- CUVIER, G., BRONGNIART, A. (1822). *Description géologique des environs de Paris, Nouv. éd., dans laquelle on a inséré la description d'un grand nombre de lieux de l'Allemagne, de la Suisse, de l'Italie etc. qui présentent des terrains analogues de ceux du Bassin de Paris*, par M. Alex. Brongniart, G. Dufour et E. d'Ocagne, Paris, 428 p., 2 cartes, 16 pl.
- DE LA BECHE, H.T. (1832). *A geological Manual*, 2nd éd. Treuttel and Würtz, London, 564 p.
- DE LA BECHE, H.T. (1837). *Manuel géologique*, traduction française de la 2^e éd. par A.-J.-M. BROCHANT DE VILLIERS. Méline, Cans et Cie, Bruxelles, 506 p.

- DESOR, E. (1847). Sur le terrain danien, nouvel étage de la craie. *Bulletin de la Société géologique de France*, (2), **4**, p. 179-182.
- FORCHHAMMER, G. (1826). Om de geognostiske Forhold i en Deel af Sjælland og Naboeøerne. *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Naturvidenskabelige og Mathematiske*, II. Deel, p. 245-280, 4 pl. (et aussi tiré-à-part, *Det kongelige danske Videnskabers Selskabs Skrifter*, 36 p, 4 pl. coloriées, 1825).
- FORCHHAMMER, G. (1828). On the Chalk Formation of Denmark. *Edinburgh Journal of Science*, **IX**, p. 56-68.
- FORCHHAMMER, G. (1835). *Danmarks geognostiske Forhold: forsaavidt som de ere afhaengige af Dannelser, der ere sluttede, fremstillede i et Indbydeksesskrift til Reformationsfesten den 14de novbr. 1835*. Kongelig og Universitets-Bogtrykker J.H. Schultz, Kjøbenhavn, 112 p., 1 kort.
- GRAVESEN, P. (2001). Den geologiske udforskning af Fakse Kalkbrud fra midten af 1700-tallet til nu. *Geologisk Tidsskrift*, hæfte **2**, p. 1-40, København.
- LYELL, C. (1835). On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Möen. *Proceedings of the Geological Society of London*, **II**, p. 191-192.
- LYELL, C. (1835-1836). Address to the Geological Society, delivered at the Anniversary, on the 19th of February, 1836. *Proceedings of the Geological Society of London*, **II**, p. 357-390.
- LYELL, C. (1837-1840). On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Möen. *Transactions of the Geological Society of London* (2), **V**, p. 243-257.
- POMEROL, C., BIGNOT, G. (2000). Deux (et bientôt peut-être trois) siècles de controverses sur la limite Crétacé-Tertiaire. *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, (3), **XIX**, p. 29-47.
- SCHLOTHEIM, E. F. von (1820). *Die Petrefactenkunde*. Becker'sche Buchhandlung, Gotha.