

Thèse de Doctorat

Françoise DREYER

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Docteur de l'Université de Nantes
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire*

École doctorale : *Sociétés, Temps, Territoires*

Discipline : *Épistémologie, Histoire des Sciences et des Techniques*

Spécialité : *Histoire de la Géologie*

Unité de recherche : *Centre François Viète*

Soutenue le *20 décembre 2017*

Thèse N° : *84 744*

La controverse sur l'étage danien dans la fixation de la limite entre terrains crétacés et tertiaires

Émergence de la notion de limite dans la géologie du XIX^{ème} siècle

JURY

Président du jury	Gilles CUNY, Professeur, Université Claude Bernard Lyon 1
Rapporteurs :	Gaston GODARD, Maître de conférences, Université Paris-Diderot Philippe TAQUET, Professeur émérite, Muséum national d'histoire naturelle
Examineurs :	Pierre SAVATON, Maître de conférences, Université de Caen
Directeur de Thèse :	Stéphane TIRARD, Professeur, Université de Nantes
Co-directeur de Thèse :	Gabriel GOHAU, Docteur d'État

REMERCIEMENTS

Ce travail est celui d'une étudiante tardive. Je tiens à dire que mon intérêt pour la géologie a été éveillé en classe préparatoire par une correction de devoir époustouflante - je ne donne pas la date - sur les voyages de l'ion sodium dans et sur la Terre. La géologie prenait sens à mes yeux. Depuis j'ai survécu à quelques années d'enseignement des sciences de la Vie et de la Terre à des élèves qui n'en voyaient pas toujours l'utilité, pour me tourner, enfin, vers un intérêt qui m'est propre, l'histoire de la géologie. Il me faut donc tout d'abord remercier le Centre François Viète pour m'avoir accueillie et formée ; son encadrement, son enseignement m'ont conduite à mon mémoire de master et à sa continuation, cette thèse.

Ce sujet, la longue controverse sur le Danien et la limite Crétacé-Tertiaire (Paléogène), m'a été proposé par Gabriel Gohau et accepté par Stéphane Tirard. Je les en remercie ici vivement, tout comme je les remercie de leur suivi de ce travail. Gabriel Gohau m'a ainsi permis de bénéficier de l'étendue de ses connaissances en épistémologie et histoire de la géologie. Stéphane Tirard, toujours très accessible, a apporté beaucoup à ce travail. Grâce à eux, j'ai pu décortiquer les incertitudes, affirmations, atermoiements de la géologie du XIX^{ème} siècle. Histoire de la géologie et/ou socio-histoire d'un petit groupe de scientifiques ? Je remercie également Gaston Godard et Philippe Taquet pour avoir bien voulu lire et critiquer ce travail, et Gilles Cuny et Pierre Savaton d'avoir accepté de participer à ce jury.

Mon travail sur les sources, ainsi que d'ailleurs un peu sur le terrain, s'est déplacé sans cesse entre la France et le Danemark, et un peu l'Angleterre et l'Allemagne. Je connais l'allemand, il a bien fallu apprendre à lire –sinon à parler- le danois. Cela m'a permis de tirer grand profit de plusieurs séjours au Danemark plus précisément aux archives du *Statens Naturhistoriske Museum*. J'en profite pour remercier ici Henning Knudsen pour m'avoir ouvert le Fonds Forchhammer et aidée dans mes recherches à Copenhague, Inger Marie Refskou Poulsen pour les lettres en *Kurrentschrift* de Johann Friedrich Haussmann et Sten Lennart Jakobsen, conservateur, pour les collections de paléontologie. Le travail avec les danois a été une véritable collaboration. Ma gratitude va à Birgith Jannic qui m'a initiée au danois sur le premier texte. Nicole Santarelli m'a beaucoup aidée par son écoute et ses questions et, sur le terrain, elle m'a fait découvrir les sites de Faxø, Møn et Stevns Klint : qu'elle en soit vivement remerciée. L'accès initial aux archives de Copenhague m'a été facilité par Éric Buffetaut et Gilles Cuny

que je remercie également : il peut suffire d'un nom et d'une adresse pour ouvrir un monde. La chasse aux sources primaires a été plus facile en France : Christine Appia a été d'une aide précieuse en me guidant parmi les ouvrages et les fonds de la bibliothèque de la Société géologique de France dont elle a la charge, assistée de Solen Le Gardien et je les remercie toutes les deux.

Je remercie également Gabriel Gachelin pour la critique méthodique des états successifs de la rédaction de ce travail. Ma thèse a enfin bénéficié de nombreuses discussions informelles avec le petit monde qui se retrouve régulièrement à la Société géologique de France et sa bibliothèque, celui du Comité français d'histoire de la géologie, de Géochronique, avec des membres de la Société française d'histoire des sciences et des techniques ou de la Société d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie, à l'occasion de diverses réunions et colloques. Chacun concerné s'y reconnaîtra, saura sa contribution. Les rencontres avec les doctorants du Centre Françoise Viète et plus particulièrement Philippe Le Vigouroux, ont aussi été stimulantes. J'ai certainement oublié dans cet exercice, des personnes qui mériteraient d'être mentionnées ici : qu'elles m'en excusent, c'est involontaire.

Il va de soi que je remercie ma famille, enfants et petits-enfants, pour la joie et la distraction indispensables à la réalisation d'un tel projet et pour le soutien qu'ils m'ont apporté.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION.....	9
LE NÉCESSAIRE RETOUR AUX SOURCES PRIMAIRES DANOISES ET FRANÇAISES.....	10
APPARITION PROGRESSIVE DU VOCABULAIRE DE LA STRATIGRAPHIE	13
LA <i>DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DES ENVIRONS DE PARIS</i> : « LE » MODÈLE STRATIGRAPHIQUE DES ANNÉES 1820 EN EUROPE	16
La première définition de la distinction entre terrains crétacés et terrains tertiaires.....	23
La pierre dans la chaussure : les terrains intermédiaires	24
CHAPITRE I - LA CONTROVERSE DANOISE DES TERRAINS INTERMÉDIAIRES ...	29
1. DE L'EXPLOITATION DU CALCAIRE AUX COLLECTIONS DE FOSSILES	30
2. PREMIÈRES DESCRIPTIONS DES TERRAINS DE STEVNS KLINT ET MØN, L'AFFINEMENT DU REGARD	33
3. PLACER LE DANEMARK DANS LA CONTINUITÉ DE L'ESPACE EUROPÉEN.....	38
1) La théorie de Forchhammer sur le bassin du nord de l'Europe	43
2) Chercher la continuité de la série chronologique entre le Danemark et la Scanie.	52
3) Lyell tranche : le calcaire de Faxø est un récif corallien crétacé	91
4. COOKING OF DATA ?.....	106
CONCLUSION	126
CHAPITRE II - LA CONTROVERSE DE L'ÉTAGE DANIEN EN FRANCE ENTRE THÉORIES ET FAITS.....	131
1. LA DÉCOUVERTE DE TERRAINS INTERMÉDIAIRES (1831-1846).....	134
1) La position du « lambeau » de Laversine, une difficulté non résolue	134
2) La découverte d'un nouveau calcaire marin, le calcaire pisolithique	136
3) Les tribulations du calcaire pisolithique entre 1837 et 1846	150
En conclusion	155
2. CALCAIRE DE FAXE ET CALCAIRE PISOLITHIQUE, UNE HISTOIRE DÉSORMAIS COMMUNE : L'ÉTAGE DANIEN (1846-1860).....	157
1) La corrélation entre le « terrain pisolithique » de Laversine et Vigny et le « calcaire de Faxø » de Stevns Klint et Faxø	157

2) De nouveaux terrains, aux fossiles mieux conservés, rapprochent l'étage danien de la craie de Maastricht (1847).....	162
3. L'ÉTAGE DANIEN CRÉTACÉ, MAIS SANS INTIME CONVICTION	187
4. THÉORIES DE LA TERRE CONTRE OBSERVATION	190
CONCLUSION	202
CHAPITRE III - CHANGER DE CADRE DE PENSÉE : DE LA LITHOLOGIE À LA PALÉONTOLOGIE.....	207
1. DE LA LITHOLOGIE À LA PALÉONTOLOGIE	207
1) La théorie de la Terre de Werner et la lithologie	207
2) Vers un nouveau référentiel : la paléontologie	210
3) Des résistances encore au début des années 1830	213
2. LA DÉTERMINATION DE L'ESPÈCE, UNE DIFFICULTÉ MAJEURE	219
1) La description des espèces et la synonymie.....	220
2) Mais qu'est-ce qu'une espèce ?	221
3. STRUCTURER LE NOUVEAU SYSTÈME DE RÉFÉRENCE : 1825-1850.....	228
1) La recherche d'espèces caractéristiques d'un étage, une illusion ?.....	228
2) La répartition géographique des espèces	229
3) La distribution verticale des espèces fossiles : passage ou non	232
4. LA MATURITÉ DU SYSTÈME DE RÉFÉRENCE : LES ANNÉES 1850-1880	241
CONCLUSION	256
CHAPITRE IV - ÉMERGENCE DE LA NOTION DE LIMITE EN GÉOLOGIE AU XIXÈME SIÈCLE.....	259
1. UNE QUESTION D'APPARTENANCE À UNE FORMATION.....	259
1) Une discontinuité marquée	259
2) Discontinuité et catastrophisme	260
3) Continuité et uniformitarisme :.....	262
4) Le Danien, modèle de la querelle.....	263
2. UNE LIMITE ENTRE GRANDS SYSTÈMES.....	264
1) La première occurrence : 1831.....	264
2) 1836 : une limite sans critère bien défini	266
3) Mieux définir, quitter le local	267
3. UNE PREMIÈRE DÉFINITION INTERNATIONALE DE LA LIMITE.....	277
1) Débat sur les limites au 1 ^{er} congrès.....	277
2) Une extinction de masse à la limite du Crétacé et du Tertiaire.....	283
3) Nouveau débat, une extinction de masse ou une apparition ?	287
CONCLUSION	291
CONCLUSION GÉNÉRALE	295

ÉPILOGUE	305
ANNEXES	317
1. LA GÉOLOGIE DANOISE DU XVIIÈME JUSQU'EN 1800 : UNE CONSTRUCTION POINTILLISTE	317
2. JOHAN GEORG FORCHHAMMER (1794-1865) « FLEURON » DE LA GÉOLOGIE DANOISE	329
3. ANNEXES 3 À 18	344
4. CORRESPONDANCE DE FORCHHAMMER	393
LISTE DES RÉFÉRENCES	421
LISTE DES FIGURES	445
LISTE DES ANNEXES	449
INDEX	451

INTRODUCTION

De nombreuses données stratigraphiques, paléontologiques¹ et surtout micro²- et nano-paléontologiques ont montré l'existence d'une crise biologique majeure à la fin de l'ère secondaire séparant le Maastrichtien – dernier étage du Crétacé – du Danien – premier étage du Tertiaire. Une telle interprétation n'a été rendue possible que grâce à des techniques d'analyse très sophistiquées qui se sont développées au cours du XXème siècle, parmi lesquelles l'analyse de la microfane a été essentielle et la radiochronologie a permis de le dater entre - 66 et - 61,6 Ma. Tel est ce que l'on enseignait au lycée en 1995, accompagné dans les manuels de deux coupes classiques, Stevns Klint (Danemark) et Bidart (France). Sur le terrain, sur la plage d'Erretegia au nord de Bidart, les élèves observaient le calcaire danien blanc taché d'un rose saumoné caractéristique. Celui-ci est séparé des marnes grises crétacées et à cassures conchoïdales, par un mince liseré d'argile noire friable, riche en iridium qui caractérise cette limite (les carottes ayant permis de faire ces analyses étaient d'ailleurs encore bien visibles). Parallèlement, sur la carte géologique de Bayonne³, les élèves remarquaient que ce calcaire danien portait l'abréviation conventionnelle C8, c'est-à-dire dernier étage du Crétacé. Devant ce constat pour le moins paradoxal, les élèves s'interrogeaient sur le sens de cette appellation. Le Danien était donc placé auparavant dans le Crétacé. Pourquoi ? Quand ? telles étaient les questions soulevées. Aussi lorsqu'un sujet sur la limite Crétacé-Tertiaire nous a été proposé, il était temps de chercher une réponse à cette question pour laquelle nous n'avions eu jusque-là que des réponses fort évasives.

Pourquoi le Danien était-il noté dernier étage du Crétacé sur la carte géologique de Bayonne alors qu'on le dit tertiaire actuellement ? Charles Pomerol (1920-2008) et Gérard Bignot (1935-2007) esquissent un rapide tableau de la controverse sur la limite Crétacé-Tertiaire depuis son début en 1825 jusqu'à nos jours et soulignent le problème posé par les terrains daniens dès leur première description en 1825 à Stevns Klint (Danemark) et en 1836 dans le bassin de Paris.⁴

¹ GROSSOUVRE A. de, 1897, « Sur la limite du Crétacé et du Tertiaire », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 73.

² MARIE P., 1937. « Sur la faune de Foraminifères du Calcaire pisolithique du Bassin de Paris », *Bull. Soc. géol. France*, (5), 7, p. 294.

³ En 1995, la seule carte géologique disponible était une réédition de la carte de 1963 sur des relevés de 1945, révisés en 1958.

⁴ POMEROL Ch. et BIGNOT G., 2000, « Deux (et bientôt peut-être trois) siècles de controverses sur la limite Crétacé-Tertiaire », *Travaux du COFRHIGEO*, (3), XIX, p. 33-34.

Pourquoi, lors de leur première description, les uns avaient-ils supposé ces terrains tertiaires et pourquoi les autres les considéraient-ils crétacés ? Quels étaient leurs arguments ? Quels étaient les enjeux ? Pour le savoir, il fallait aller plus loin mais les sources secondaires sont très succinctes au sujet des premières descriptions et reprennent à peu près toutes les mêmes faits.

Le nécessaire retour aux sources primaires danoises et françaises

Pour les terrains danois, la première description de Georg Forchhammer (1794-1865) de 1825 ainsi que tous les textes concernant cette période au Danemark sont en danois. Comme aucune traduction n'existe, il a fallu apprendre le danois.

Dans un premier temps, les textes danois de Forchhammer et anglais de Charles Lyell (1797-1875), géologue écossais bien connu, Henry T. De la Beche (1796-1855), premier directeur du Geological Survey de Grande-Bretagne, et Henrick Henricksen Beck⁵ (1799-1863), conservateur de la collection de zoologie du Prince Christian Frederik de Danemark (1786-1848), ces textes donc nous donnèrent un aperçu des observations et interprétations de chacun. Cependant, le texte fondateur de Forchhammer, celui de 1825, est accompagné de schémas dont les couleurs pastel n'apparaissaient pas sur les images numérisées, couleurs indispensables bien sûr pour leur donner sens. Or cette publication ne se trouve qu'à la Bibliothèque Royale de Copenhague (au plus proche), ainsi, un premier séjour à Copenhague s'imposait. Dans le même temps, la visite des sites décrits par Forchhammer – Stevns Klint et Faxe en Sjælland et Møns Klint sur l'île de Møn – nous permit de mieux saisir ses affirmations et descriptions.

Dans un deuxième temps, la recherche d'une correspondance entre Lyell et Forchhammer nous conduisit à deux reprises aux archives du *Statens Naturhistoriske Museum* (ASNM), de l'Université de Copenhague où Henning Jørgen Knudsen, bibliothécaire du Musée, fut d'une grande aide et mit à notre disposition le fonds Forchhammer : manuscrits de ses œuvres, carnet de notes, cours de géologie à l'Université et à l'École polytechnique de Copenhague et surtout correspondance (nationale et internationale), un véritable trésor inconnu en France. L'importance de ce fonds démontre l'influence de Forchhammer non seulement au Danemark mais aussi en Europe. En effet, il est un personnage central de la géologie danoise du XIX^{ème}

⁵ L'orthographe des prénoms de Beck est extrêmement variable. Selon les sources, on trouve Henrich Henrichsen Beck ou Henrik Beck ou Henrick Henricksen Beck.

siècle. Il nous parut alors nécessaire de mieux saisir la personnalité de Forchhammer si méconnu en France, et pour cela de développer l'histoire du Royaume du Danemark (Annexe 1)⁶ qui eut tant d'influence sur la vie et la carrière de Forchhammer puis d'en détailler la biographie (Annexe 2). De plus, la correspondance de Forchhammer est d'un grand intérêt : en Français avec Alexandre Brongniart⁷ (1770-1847) et l'Italien Michelotti⁸, en anglais avec Lyell et quelques autres, en danois bien sûr et en allemand avec notamment Johann Friedrich Hausmann (1782-1859), professeur de géologie à Göttingen. Hélas ! l'allemand de cette époque, le *Kurrentschrift*, est extrêmement difficile à déchiffrer et sans l'aimable concours de Mme Inger Marie Refskou Poulsen (ancienne bibliothécaire des Archives du *Statens Naturhistoriske Museum* de Copenhague), pour la transcription, nous n'aurions pu utiliser les lettres de Hausmann si instructives pour cette thèse et qui n'avaient été que très partiellement (ou plutôt trop partialement) utilisées par l'historien des sciences danois Axel Garboe (1886-1970) dans son *Histoire de la géologie au Danemark* de 1959. Malheureusement, seules quelques publications danoises sont accessibles en France au fonds nordique de la Bibliothèque Sainte-Geneviève à Paris, cependant au cours de nos recherches, la numérisation s'est développée et beaucoup de ressources sont maintenant disponibles sur les sites internet de la *Biodiversity Heritage Library*⁹ et la *Hathy Trust Digital Library*¹⁰. Enfin, lors de l'un de nos passages à Copenhague, nous avons pu rencontrer Sten Lennart Jakobsen, responsable des collections du *Geologisk Museum* et voir les *Baculites Faujasii* récoltées par Forchhammer, fossiles qui jouèrent un rôle important dans cette histoire. Malencontreusement, à la suite d'une inondation, les collections de bélemnites n'étaient pas accessibles. Néanmoins, nous avons eu la grande chance d'avoir accès au fonds Forchhammer et d'y trouver multitude d'éléments importants pour ce sujet d'étude. Restait un important travail de traduction et d'analyse. A ces sources primaires, il faut ajouter quelques sources secondaires comme l'*Histoire de la Géologie* de Garboe de 1959, et quelques autres plus récentes, pour beaucoup en danois. Dans cette thèse, toutes les traductions du danois, de l'anglais et de l'allemand sont les nôtres. Nous avons cherché à rester au plus près du sens du texte plutôt que de faire œuvre littéraire.

⁶ Afin de faciliter la lecture de ce document sous pdf, les mentions de chapitres, sections, pages, figures, annexes et sites internet sont toutes des liens hypertexte.

⁷ Alexandre Brongniart, professeur à la chaire de minéralogie du Muséum d'histoire naturelle, est aussi directeur de la Manufacture de porcelaine de Sèvres à l'époque de sa correspondance avec Forchhammer, correspondance qui concerne les techniques d'obtention de certaines couleurs, notamment le bleu.

⁸ Avocat à Turin, membre de la Société géologique de France depuis 1838, Michelotti est aussi collectionneur et revendeur à la recherche de beaux spécimens, il s'intéresse aussi aux faits géologiques.

⁹ <http://www.biodiversitylibrary.org/>

¹⁰ <https://catalog.hathitrust.org/>

L'approche du deuxième axe de cette recherche, concernant les terrains français, était certes plus aisée au niveau linguistique, mais, de ce fait, procurait davantage de documents. Par contre, les sites décrits à l'origine sont tous devenus inaccessibles sous les coups de pioche et le béton, excepté la carrière de Vigny que l'on peut encore visiter.

Comme pour l'histoire danoise et pour les mêmes raisons, nous avons privilégié les sources primaires parmi lesquelles les bulletins de la Société géologique de France (SGF). Il s'agit d'un matériau de choix car ils fournissent les comptes rendus des séances, c'est-à-dire non seulement les notes et mémoires présentés mais aussi les commentaires, remarques et contradictions, excellents révélateurs des débats qui animent le monde de la géologie française. Nous en avons réalisé une compilation assez systématique pour en extraire non seulement les informations « brutes » mais aussi le climat scientifique de l'époque. Nous avons trouvé au siège de la SGF, une abondante documentation tant au niveau des sources primaires (bulletins et mémoires de la SGF, *Annales des Mines*, *Proceedings* et *Transactions* de la Société géologique de Londres et de celle d'Edinburg, ouvrages divers, etc.), que des sources secondaires. La numérisation des bulletins et des mémoires de la SGF et des ouvrages de géologie les plus importants pour l'histoire de la géologie a été effectuée au cours des dernières années par l'Université Pierre et Marie Curie et mis en ligne sur le site internet de la Jubilothèque¹¹.

Enfin, un corpus de sources secondaires a permis de situer la controverse dans le contexte historique de la géologie et plus largement des sciences de la Nature.

Ainsi, ce travail porte sur l'étage danien, étage créé en 1846 par Édouard Desor (1811-1882) naturaliste, préhistorien et géologue suisse. Lors de sa définition, Desor considère le Danien comme étant l'étage le plus récent du Crétacé alors que tous les sites dont il est question ont été placés dans le Tertiaire¹² lors de leur première description. Cette position restera très débattue au cours des décennies suivantes. Le consensus ne sera cependant acquis qu'au symposium des *Cretaceous-Tertiary Boundary events* tenu à Copenhague en 1979 : le Danien est définitivement attribué au Tertiaire, devenu l'ère cénozoïque.

L'objectif de ce travail est donc de chercher à comprendre les raisons pour lesquelles ils avaient été d'abord attribués au Tertiaire et quelles raisons avaient poussé les géologues à les repositionner dans le Crétacé. Il ne s'agit pas d'un point anecdotique. Replacés dans leur

¹¹ <http://jubilotheque.upmc.fr/>

¹² POMEROL Ch. et BIGNOT G., 2000, *op.cit.*, p. 30, pour le site de Stevens Klint. MONTENAT C., 2010a. « Les carrières du Bois des Roches à Vigny. Histoire géologique et histoire de la géologie, autour de la limite Crétacé-Tertiaire », *Géochronique*, 115, p.20 et MONTENAT C., 2010b, pour les sites de Vigny et Meudon.

contexte, ces hésitations mettent en évidence la difficulté à asseoir des critères de distinction fermes entre Crétacé et Tertiaire et les critères en général.

Apparition progressive du vocabulaire de la stratigraphie

Nous nous attacherons ici à déterminer les termes en usage à la fin du XVIIIème et au début du XIXème siècle, leur(s) sens et présupposés, et comprendre les idées qui circulaient, celles qui semblaient admises et celles qui étaient controversées et discutées. Le choix des exemples et des naturalistes de l'époque a été guidé essentiellement par leur rôle dans l'objet qui nous concerne – la détermination de la limite Secondaire-Tertiaire et la place du Danien au niveau de cette limite – et par le fait que nous avons rencontré leurs travaux au cours de notre étude. C'est ainsi que nous insisterons sur les publications de Georges Cuvier¹³ (1769-1832) et Brongniart cités par Forchhammer dès 1825, et ceux de Gérard-Paul Deshayes (1795-1875), conchyliologiste et paléontologue, cités en 1835. Nous chercherons à mettre en évidence l'état d'esprit, les idées et l'émulation au sein de la toute jeune Société géologique de France, fondée le 17 mars 1830. Pour cela, nous nous restreindrons aux éléments relatifs à la stratigraphie¹⁴ et laisserons de côté la tectonique ainsi que les formations des chaînes de montagne.

La période 1825-1855 s'inscrit dans une époque où la géognosie¹⁵, établie en 1777 par Abraham Gottlob Werner (1749-1817), professeur à la *Bergakademie* (Académie des Mines) de Freiberg (en Saxe), est devenue une véritable discipline. Cette méthode concrète d'investigation est une méthode d'étude systématique des différents types de roches et de leur superposition indispensable avant toute théorisation. Elle est fondée sur la théorie neptunienne qui suppose que les roches se seraient déposées dans un océan mondial primordial. La géognosie va jouer un rôle essentiel dans la naissance de la géologie moderne et influencer de nombreux géologues de l'époque parmi lesquels Cuvier et Brongniart.

Ainsi, au début du XIXème siècle, il est désormais admis que les couches de terrains résultent de dépôts successifs et horizontaux dans un fluide ; cependant la terminologie n'est pas encore parfaitement établie. Ainsi, l'usage du terme « *strata* », déjà courant dans les pays anglo-

¹³ Professeur de la chaire d'anatomie comparée au Muséum d'histoire naturelle et professeur au Collège de France.

¹⁴ Le terme ne semble défini qu'en 1850 même s'il est antérieur.

¹⁵ Subdivision de la minéralogie issue des savoirs miniers et qui s'intéresse à l'étude directe des roches ou des couches de la terre. In ELLENBERGER F., 1994, *Histoire de la géologie, la grande éclosion et ses prémices 1660-1810*, tome 2, Paris, Technique et Documentation (Lavoisier), p. 246.

saxons, reste peu utilisé en France, où on lui préfère les termes de « dépôts », « couches » ou « terrains ». Néanmoins, les termes « stratifiés » et « stratification » sont couramment utilisés dès le début du XIX^{ème} siècle. Quant au terme « stratigraphie », il n'a pris son sens actuel qu'en 1849 avec Alcide Dessalines d'Orbigny (1802-1857), explorateur et paléontologue. C'est le sens que nous utiliserons dans ce travail fut-ce de manière légèrement anachronique.

En outre, Werner introduisit en 1788, le terme français de « formation » qui recouvre, pour lui, l'ensemble des substances, même diverses, déposées ensemble par « voie humide » et lors d'une même submersion. Ce terme aura un sens fluctuant. Pour Cuvier et Brongniart, en 1811, il désigne *un ensemble de couches de même nature ou de différente nature, mais formées à la même époque*¹⁶. Pour le naturaliste, géographe et explorateur allemand, Alexander von Humboldt (1769-1859), c'est (en 1826) un « *assemblage [...] de masses minérales qui sont tellement liées entre elles, qu'on les suppose formées à la même époque et qu'elles offrent, dans les lieux de la terre les plus éloignés, les mêmes rapports généraux de gisement et de composition* ». On retrouve là le neptunisme de l'école wernérienne¹⁷. André-Étienne-Justin d'Audebert de Férussac¹⁸ (1786-1836) en 1821 et Constant Prévost (1787-1856), professeur de géologie à la Sorbonne, en 1845 privilégient le mode de dépôt (nous dirions facies lithologique). En effet, les auteurs supposaient plus ou moins explicitement que les dépôts se sont produits dans le passé comme ils se produisent actuellement, suggérant un temps long de formation des couches. « Le présent, clef du passé », principe posé par Nicolas Sténon (1666), est utilisé par de nombreux auteurs depuis, Vallisnieri (1721), Buffon (1749), Deluc (1779), Giraud-Soulavie (1780), Cuvier (1801), Brocchi (1814), Constant Prévost (1828) pour n'en citer que quelques-uns qui ont largement devancé Charles Lyell à qui l'on attribue trop souvent ce principe¹⁹. Ceci a permis à Étienne-Jules-Adolphe Desmier de Saint-Simon, vicomte d'Archiac (1802-1868), titulaire de la chaire de paléontologie du Muséum depuis 1861, de dire en 1862 : « *Ainsi, ce que l'on a appelé, dans ces derniers temps, la "théorie des causes actuelles", ce qui n'en est point une, puisque c'est la simple supposition que ce que nous voyons a toujours été ou à peu près, pensée déjà renouvelée d'Aristote, était aussi professée en Allemagne il y a un siècle* »²⁰.

¹⁶ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1811, *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, avec une carte géognostique, et des coupes de terrain*, Paris, Baudoin, p. 8.

¹⁷ ELLENBERGER F., 1994, *op. cit.*, p. 249.

¹⁸ Fondateur du Bulletin universel des sciences et de l'industrie. La deuxième section en est le Bulletin des sciences naturelles et de géologie.

¹⁹ ELLENBERGER F., 1994, *op. cit.*, p. 11.

²⁰ ARCHIAC A. d', 1862, *Cours de Paléontologie stratigraphique. 1^{ère} année. Précis de l'histoire de la Paléontologie stratigraphique*, Paris, Savy, p. 131.

Les termes « primaire » et « secondaire » étaient d'usage depuis le début du XVIII^{ème} siècle pour distinguer les formations en couches de celles, cristallines, sur lesquelles elles reposaient. Le terme *secondaire* conservera longtemps ce sens et couvrira l'ensemble des terrains sédimentaires stratifiés, y compris le tertiaire actuel voire les terrains primaires - au sens actuel - lorsqu'ils sont bien stratifiés. Cependant, en 1760, le géologue italien Giovanni Arduino (1714-1795) « *divise les montagnes du Padouan, du Vicentin et du Véronais en primitives, secondaires et tertiaires relativement à la nature de leurs matériaux, leur position inférieure ou supérieure et aux différentes époques de leur formation* »²¹ auxquelles il adjoint un « quatrième ordre » de montagne (*il quatro ordine* = les alluvions litées des plaines)²². Ses quatre ordres sont distingués par leurs caractères lithologiques et stratigraphiques. Dès 1783, Arduino remarque que les fossiles des collines tertiaires (du troisième ordre) manquent dans les montagnes secondaires et réciproquement²³. Même si la présence de fossiles dans ces roches est notée et qu'il précise que les fossiles changent dans les différentes couches, il distingue les trois types de montagnes exclusivement par leurs caractères lithologiques, leurs positions relatives et par leur altitude. Ces termes désignent davantage des grands types de montagnes que des périodes successives de l'histoire de la Terre même si cela est plus ou moins implicite.

Au cours du XVIII^{ème} siècle, s'affirme donc la distinction entre grandes unités d'après leur nature lithologique et leur disposition. Pour sa part, leur superposition indique la flèche du temps, c'est-à-dire le temps écoulé. Werner apporte méthodologie et terminologie : *formation, géognosie*. En outre, la fin du XVIII^{ème} siècle se caractérise par un amoncellement de données. Werner et son école les organisent espérant décrire une série stratigraphique universelle basée sur les caractères lithologiques. La lithologie aurait à elle seule fixé l'âge d'une formation.

À la fin du XVIII^{ème} siècle, les termes « secondaire » et « tertiaire » utilisés par de nombreux naturalistes, recouvraient encore des réalités différentes selon les auteurs dans la mesure où l'ensemble des observations, certes très poussées, précises, et le plus souvent d'excellente qualité n'en demeuraient pas moins des descriptions régionales. Il s'agissait d'accumulation de données locales, avec des interprétations locales, indispensables mais qu'il n'était pas toujours simple de corréliser les unes avec les autres. Or corréliser les formations situées en des lieux divers pour retracer l'histoire de la Terre à une époque donnée est un enjeu majeur dès les années 1810

²¹ *Ibid.*, p. 29-30.

²² ELLENBERGER F., 1994, *op. cit.*, p. 261-263.

²³ GOHAU G., 1990, *Une histoire de la géologie*, Paris, Seuil, p. 144.

et que l'on va rencontrer à diverses reprises. Ainsi, en 1808, dans les Annales du Muséum d'histoire Naturelle, Cuvier et Brongniart présentent la « première ébauche » de leur *Essai sur la Géographie minéralogique des environs de Paris*²⁴ qui sera publié dans sa forme définitive en 1811. Comme l'a précisé François Ellenberger (1915-2000), ils ne font pas la distinction entre terrains secondaires et terrains tertiaires comme nous la faisons actuellement²⁵. Ils décrivent successivement les couches qu'ils ont rencontrées, de la plus ancienne, la craie à la base, à la plus récente, le *limon d'atterrissement*²⁶. C'est davantage une étude géognostique extrêmement rigoureuse. Cependant, comme dans l'*Essai* de 1811 et sa réédition de 1822, la distinction est faite dans la mesure où :

[...] au contraire le plateau de craie est naturellement le plus ancien et inférieur à tous les autres ; [...] on peut donc se représenter que les matériaux qui composent le bassin de Paris [...] ont été déposés dans un vaste espace creux, dans une espèce de golfe dont les côtes étoient de craie [...].²⁷

La formation de la craie constitue comme un socle sur lequel se font tous les dépôts ultérieurs qui constituent une formation différente. Mais il n'est question dans ce texte de 1811 ni de terrains secondaires, ni de terrains tertiaires (fig. 1).

La Description géologique des environs de Paris : « le » modèle stratigraphique des années 1820 en Europe

Par contre, dans la réédition de 1822, *Description géologique des environs de Paris*, Cuvier et Brongniart distinguent clairement la craie, dernière couche du *terrain de sédiments moyens*, sans toutefois utiliser le terme secondaire, des couches au-dessus, le *terrain de sédiments supérieurs*. Dans leur *Énumération des diverses sortes de terrains ou de formations qui constituent le sol des environs de Paris*, p. 8, Cuvier et Brongniart insèrent une note qui précise la stratigraphie admise au début des années 1820 et qui clarifie leur position :

²⁴ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1808, « Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris », *Annales du Mus. Hist. Nat.*, XI, p. 293-326 ; tiré à part, 33 p. et *Journal des Mines*, t.23, p. 421-458.

²⁵ ELLENBERGER F., 1994, *op. cit.*, p. 264.

²⁶ Le limon d'atterrissement formé de sables, argiles et marnes est surtout caractérisé par la présence de *gros troncs d'arbres, des ossements d'éléphants, de bœufs, d'antilopes et d'autres grands mammifères*. C'est donc une formation très-moderne [...] mais] antérieure aux tems historiques. In CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1808, *op. cit.*, p. 457.

²⁷ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1808, *op. cit.*, tiré à part p. 5 et 6 et *Journal des Mines*, p. 425 et 426 ; et CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1811, *op. cit.*, p. 6.

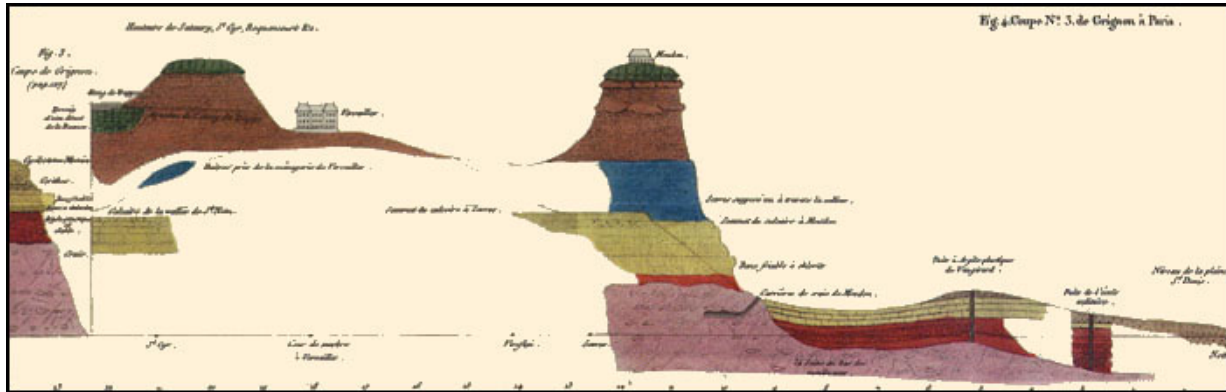


Figure 1 – Les « terrains de sédiments » des environs de Paris en 1811. In Cuvier et Brongniart (1811), Coupe de Grignon à Paris. En rose, la craie ; en rouge, l'argile plastique et le sable ; en jaune, le calcaire marin grossier et à cœrites. Source <http://geologie.mnhn.fr/collectionlutetien/cuvier.html>

Nous croyons devoir indiquer ici la place que les terrains de Paris occupent dans les divisions qu'on a cru reconnoître et pouvoir établir parmi les différens terrains qui composent l'écorce du globe.

Après la grande division des terrains anciens ou primordiaux, généralement composés de roches formées par cristallisation confuse, tels que les granites, les porphyres, les marbres statuaire, certains schistes luisans, etc., division qui renferme les terrains nommés ordinairement primitifs et de transition, vient la seconde grande division qui comprend les terrains formés par voie de sédiment et qu'on a nommés terrains de sédimens. Nous les sous-divisons en trois classes, auxquelles on peut assigner les limites et les noms suivans :

I^{ère}. Les terrains de sédiment inférieur, qui s'étendent depuis les dernières roches de transition jusqu'au calcaire à gryphites inclusivement...

II^{me}. Les terrains de sédiment moyen qui s'étendent depuis le calcaire précédent ou le psephite rougeâtre jusqu'au-dessus de la craie....

III^{me}. Le terrain de sédiment supérieur, nommé aussi terrain tertiaire, s'étend depuis la craie exclusivement ou depuis les argiles plastiques et les lignites inclusivement, jusqu'à la surface de la terre, ou plutôt jusqu'aux derniers dépôts marins de l'ancienne mer.

Cette dernière classe, à laquelle appartient la plus grande partie du sol du bassin de Paris et un grand nombre d'autres terrains répandus sur toute la surface du globe, étoit presque entièrement inconnue aux géologues de la célèbre école de

*Freyberg. Nous avons donc dû donner à ces terrains des dénominations particulières et qui puissent fournir aux naturalistes le moyen de les désigner clairement.*²⁸

On peut remarquer que Cuvier et Brongniart conservent la grande distinction de Werner et l'école de Freiberg entre les *Urgebirge* et *Übergangsgebirge* constituées de terrains cristallins et intermédiaires d'une part et les *Flötzgebirge* ou terrains de sédiments d'autre part. Dans ces terrains de sédiments, ils font trois subdivisions, mais qui ne correspondent aucunement pour les deux premières au Primaire et Secondaire actuels. Le calcaire à gryphites du Lias est inclus dans le terrain de sédiment inférieur. Le terrain de sédiment moyen se trouve donc réduit au calcaire jurassique et à la craie du Crétacé - terme introduit en 1822 par Jean-Baptiste d'Omalius d'Halloy (1783-1875), géologue belge. Le terme « secondaire » n'est d'ailleurs jamais utilisé par Cuvier et Brongniart à cette époque. Le terme « secondaire » sera utilisé un peu plus tard notamment dans des textes de 1825²⁹. Enfin, le terrain de sédiment supérieur ou terrain tertiaire, appartient à notre Tertiaire actuel. Dans le bassin de Paris, il débute par les argiles plastiques et les lignites. Il était inconnu de l'école de Freiberg dans la mesure où celle-ci décrivait la Saxe où ces terrains sont absents. On retrouve ainsi le problème posé par des observations locales dont les géologues ont bien conscience qu'il faut maintenant les corréliser les unes avec les autres.

Nous insisterons sur la distinction faite par Cuvier et Brongniart entre le terrain de sédiment moyen (qui inclut la craie) et le terrain de sédiment supérieur qui commence avec l'argile plastique et le lignite dans le bassin de Paris. C'est une séparation exclusivement lithologique positionnée après la craie et avant l'argile plastique et le lignite ; le terme de tertiaire, en 1822, est équivalent à « supra-crétacé », c'est-à-dire au-dessus de la craie, ce qui aura son importance dans les discussions à la Société géologique de France concernant le Danien.

Quoiqu'il en soit, la craie constitue la référence quasi systématique de la limite supérieure du sédiment moyen

Le terme « tertiaire » se généralise donc à la fin des années 1810, appliqué aux formations postérieures à la craie des environs de Paris et à leurs équivalents. Les terrains secondaires

²⁸ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 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, Paris, G. Dufour et E. d'Ocagne, p. 8 et 9.

²⁹ BOUÉ A., 1825, présentation d'un mémoire de M. Keferstein, *Bull. Sc. Nat. et Géol.*, vol. 4, p. 14.

deviennent donc implicitement tous les terrains de sédiments jusqu'à la craie incluse. De la sorte, se précise l'importance de la distinction entre les terrains secondaires et les terrains tertiaires. Ainsi, dans l'*Essai* de 1811 comme dans la *Description* de 1822, Cuvier et Brongniart regroupent l'ensemble des formations connues dans le bassin de Paris et les mettent en position relative. Grâce aux relevés des altitudes, ils réalisent un ensemble de coupes (fig. 1) et une carte géologique qui montrent les corrélations entre les différents points du Bassin de Paris (fig. 2).

Leur carte peut être considérée comme la première carte géologique française moderne³⁰ et la description du bassin de Paris par Cuvier et Brongniart devient « le » modèle de référence de toute recherche géologique en Europe.

La géognosie veut être le fruit d'une démarche entièrement, totalement, objective³¹. C'est la partie descriptive, le monde tel qu'il est et non le mode par lequel il s'est formé (Humboldt 1801). Pour Brongniart, en 1822, « [...] *L'un des principaux buts de la géognosie est de distinguer les différentes époques qui se sont succédé dans la formation du globe, et de déterminer quels sont les terrains qui ont été formés à peu près à la même époque* »³². Pour Ellenberger, elle fournit *l'esprit et la méthode de la « géologie positive »* de la génération 1810-1840 qui bannit toute spéculation³³. Mais comme jusqu'au début des années 1810, seuls les caractères lithologiques et stratigraphiques sont pris en compte, très rapidement des problèmes de corrélation à distance apparaissent. Tous semblent avoir oublié les observations d'Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) qui avait montré qu'aux environs de Paris, une couche donnée n'avait pas nécessairement les mêmes caractères lithologiques en tous points et que selon les endroits la couche montrait des caractères littoraux ou des caractères pélagiques. Autrement dit, les faciès lithologiques peuvent changer non seulement d'une couche à l'autre mais aussi latéralement dans une même couche. Ces observations avaient conduit Lavoisier à affirmer que la mer avait avancé et s'était retirée de la région, selon un cycle de transgression, régression, transgression³⁴. Toutefois, Cuvier et Brongniart précisaient déjà dans leur *Essai* de 1808 à propos du bassin de Paris :

³⁰ GOHAU G., 1990, *op. cit.*, p. 154.

³¹ ELLENBERGER F., 1994, *op. cit.*, p. 246.

³² BRONGNIART Alex., 1821, « Sur les caractères zoologiques des formations, Avec l'application de ces caractères à la détermination de quelques terrains de la craie », *Annales des Mines*, 6, p.544.

³³ ELLENBERGER F., 1994, *op. cit.*, p. 249.

³⁴ *Ibid.*, p. 52 à 55 et 336.

*Ce golfe faisait peut-être un cercle entier, une espèce de grand lac ; mais nous ne pouvons pas le savoir, attendu que ses bords du côté sud-ouest ont été recouverts.*³⁵

Apparaît ici la notion de grand lac qui suggère la présence d'eaux douces, or Brongniart a publié en 1810, un *Mémoire sur des Terrains qui paroissent avoir été formés sous l'eau douce* où il montre que deux formations d'eaux douces séparées par une formation marine se sont déposées dans les environs de Paris. C'est un constat sans interprétation mais « nous n'avons pu nous refuser à l'admettre. C'est, au reste, une observation facile à vérifier »³⁶. Brongniart ne va pas jusqu'à dire que la mer s'est retirée puis est revenue, qu'il y a eu régression puis transgression, etc. La craie précédait cette période. Enfin Brongniart soulignait, en 1821, que « on conviendra que des roches de nature très-différentes peuvent être formées dans le même temps, presque dans le même moment, non-seulement dans différentes parties du globe, mais aussi dans le même lieu »³⁷.

Du fait de ces changements de facies, les seuls caractères lithologiques ne peuvent pas suffire à des corrélations à distance. D'autres caractères sont nécessaires et déjà connus, la présence/absence de fossiles.

Le terme *fossile* dans son sens étymologique signifie « ce qui est arraché à la terre » (1556) et a longtemps couvert l'ensemble des cristaux, minéraux, corps organisés pétrifiés etc. Les fossiles dans l'acception actuelle du terme ont longtemps été appelés *Petrafacta* ou *corps organisés fossiles*, cette dernière expression étant encore largement utilisée par Cuvier et Brongniart en 1822 avec ceux de *coquilles fossiles* ou *débris fossiles*.

À partir du XVII^{ème} siècle, le médecin et naturaliste britannique Martin Lister (1639-1712), Arduino, puis le prêtre et géologue Jean-Louis Giraud-Soulavie (1752-1813) et de nombreux autres observent que les faunes et flores fossiles changent d'une couche à la suivante. Une étape décisive est franchie avec le physicien et géologue suisse Jean-André Deluc (1727-1817) qui affirme que l'on peut dater une couche par les fossiles qu'elle contient, c'est-à-dire lui donner une position et une date relatives. En 1798, dans une lettre à Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840), il introduit l'idée de « deux histoires collatérales, celle des couches et celle des

³⁵ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1808, *op. cit.*, tiré à part, p. 5 et 6 et *Journal des Mines*, p. 425 et 426; et CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1811, *op. cit.*, p. 6.

³⁶ BRONGNIART Alex., 1810, *Mémoire sur des Terrains qui paroissent avoir été formés sous l'eau douce*, tiré à part des *Annales du Muséum d'histoire Naturelle*, tome 15 p. 357 à 405, p. 6.

³⁷ BRONGNIART Alex., 1821, *op. cit.*, p.544.

êtres organisés »³⁸, ce qui revient à postuler l'existence de deux échelles d'identification des couches reposant sur des critères indépendants : l'une, lithostratigraphique, l'autre paléontologique. La démarche constitue le fondement de la biostratigraphie. Dès lors, les observations se font plus abondantes, la description des fossiles plus précise et les critères de détermination et d'utilisation stratigraphique se mettent en place progressivement.

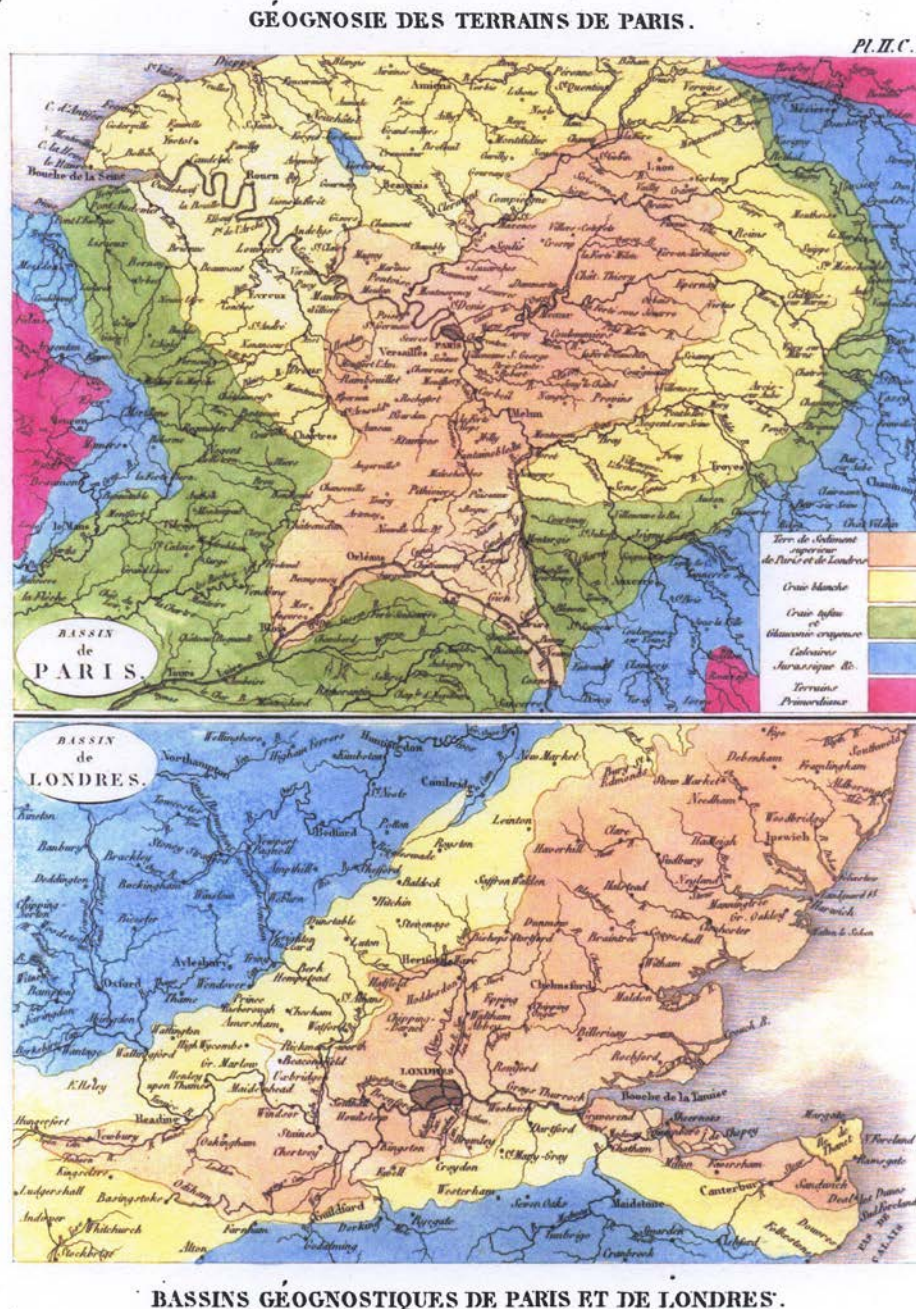


Figure 2 – Description géologique des environs de Paris.
In G. Cuvier et A. Brongniart (1822)

³⁸ ELLENBERGER F et GOHAU G., 1981, « À l'aube de la stratigraphie paléontologique : J.-A. Deluc – son influence sur Cuvier », *Revue Hist. des Sciences*, XXXIV, p. 217-257.

Ainsi, en 1808, Cuvier et Brongniart remarquent que les formations du bassin de Paris diffèrent « *par la nature chimique, par le genre de stratification, et sur-tout par celui des fossiles qu'on y rencontre* »³⁹ donnant un rôle prépondérant aux fossiles. Enfin, ils notent que les fossiles du calcaire grossier sont « *entièrement différents de ceux de la craie* »⁴⁰ et précisent « *non-seulement par les espèces, mais souvent par les genres* » ; ils soulignent dans le texte de 1811 que *malheureusement les espèces de ces fossiles n'ont pas été encore toutes déterminées*⁴¹. Ils relèvent donc ici trois points essentiels : le changement total de la faune entre deux formations - ici la craie et le calcaire grossier -, l'importance de la détermination des espèces et pas seulement des genres et enfin la nécessité d'un échantillonnage le plus large possible.

En 1816, William Smith (1768-1839), ingénieur civil et géologue, montre qu'à chacune des strates d'Angleterre correspond une association donnée de fossiles, cependant ses premiers écrits sur la question circulent dès 1799⁴² et pouvaient être connus des Français.

En 1821, un pas essentiel est franchi par Brongniart dans son texte lu à l'Académie des Sciences le 3 septembre 1821 « *Sur les caractères zoologiques des formations* » : remarquant que les fossiles d'une couche calcaire de la *montagne des Fis* (vallée de Servoz) sont les mêmes que ceux de la craie, il écrit, « *les caractères et les analogies zoologiques nous portent à conclure que [ces] terrains [...] doivent être rapportés à la [même] formation [...], malgré les différences minéralogiques* »⁴³, autrement dit, elles sont de même âge. Des deux critères, lithologique et paléontologique, c'est donc le dernier qui lui paraît le plus fiable.

Grâce à ce principe, pour la première fois, est obtenue une corrélation entre deux formations très éloignée au plan géographique. Pourtant, nombreux sont encore ceux qui, comme Léonce Élie de Beaumont (1798-1874), chargé du levé de la carte géologique de France, pour qui la stratigraphie est essentielle, nient l'importance des fossiles.

Les données s'accroissent. En 1822, les géologues britanniques William Conybeare (1787-1857) et William Phillips (1775-1828), dans les « *Eléments de la géologie de l'Angleterre et du Pays de Galles* » donnent pour la plupart des formations décrites, une liste de fossiles qui en sont spécifiques.

³⁹ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1808, *Journal des Mines, op. cit.*, p. 435.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 441.

⁴¹ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1811, *op. cit.*, p. 11.

⁴² GRANDCHAMP P., 1999, « Stratigraphie ». In Lecourt D. (dir), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. Paris, Presses universitaires de France, p. 881-883.

⁴³ BRONGNIART Alex., 1821, *op. cit.*, p.571.

La division de l'ensemble des formations en terrains primitifs, de transition et secondaires de la géognosie wernérienne est remplacée par des subdivisions plus fines en ères et système. Dès 1822, Conybeare crée le terme de Carbonifère et Omalius d'Halloy, celui de Crétacé pour les formations de la craie (dernières traces de la démarche lithostratigraphique dans la nomenclature). La classification la plus complète avant 1830 est celle publiée par Brongniart en 1829 à partir de racines grecques dans « *Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe ou essai sur la structure de la partie connue de la terre* »⁴⁴.

En 1830, à partir du recensement le plus complet possible des fossiles des terrains tertiaires, Deshayes démontre que plus les terrains sont récents plus le pourcentage de formes fossiles existant encore actuellement est élevé. Cela lui permet de subdiviser le Tertiaire en trois systèmes que Lyell appellera Éocène, Miocène et Pliocène.

Entre 1808 et 1822, l'ensemble des difficultés liées à l'utilisation des fossiles en stratigraphie ainsi que quelques règles essentielles sont soulignés. Pour Brongniart, il faut beaucoup d'attention et de discernement pour donner aux fossiles leur vraie valeur.

Ainsi, au début des années 1820, l'utilité des fossiles pour faire des corrélations à distance et pour déterminer l'âge relatif des formations était clairement énoncée. Mais il faudra encore bien des années pour que le consensus soit général.

La première définition de la distinction entre terrains crétacés et terrains tertiaires

Si l'on considère l'ensemble de ces données pour la définition progressive de la distinction Crétacé-Tertiaire, nous retiendrons que sa première définition est d'abord lithologique : entre la craie et l'argile plastique du bassin de Paris. Ensuite, en ce qui concerne les fossiles, Cuvier et Brongniart montrent qu'aucune des espèces de la craie ne se trouve dans le calcaire grossier (première formation marine au-dessus de l'argile plastique, elle-même formation d'eau douce) et qu'il ne paraît exister aucune transition entre elles dans l'espace de terrain qu'ils ont étudié, ni *probablement ailleurs*⁴⁵. Ce dernier point est important car le passage de l'un à l'autre est brutal et l'on observe un changement radical de faune alors que la craie présente des formes de transition avec les formations sous-jacentes. Pour les espèces de fossiles, Cuvier et Brongniart

⁴⁴ BRONGNIART Alex., 1829, *Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe ou essai sur la structure de la partie connue de la terre*, Paris, F.G. Levrault, 86 p., 6 pl.

⁴⁵ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1822, *op. cit.*, p. 16.

dans leur Essai de 1811 remarquent à partir de leurs observations et de celles de *M. DeFrance* [...] *qu'on n'a encore trouvé dans la craie des environs de Paris, aucune coquille univalve à spire simple et régulière [...] aucun cérîte, aucun fuseau, etc.*⁴⁶ alors qu'on les retrouve en abondance dans le calcaire grossier. Cependant, en 1822, ils préciseront qu'on n'y a retrouvé aucune coquille univalve *sauf un Trochus*⁴⁷.

Ainsi, les données litho- et bio-stratigraphiques de la séparation entre la craie et les terrains tertiaires dans les environs de Paris sont déjà clairement posées.

La pierre dans la chaussure : les terrains intermédiaires

Cependant, la découverte progressive de terrains intermédiaires, au-dessus de la craie, pose immédiatement le problème de leur appartenance aux terrains crétacés ou aux terrains tertiaires.

Entre la publication de l'Essai sur la géographie des environs de Paris et la Description géologique des environs de Paris, avaient été décrits des terrains au-dessus de la craie mais qui ne ressemblaient pas au calcaire grossier des environs de Paris.

Le calcaire de Maastricht, une nouvelle référence

La Montagne de Saint-Pierre de Maastricht était connue depuis fort longtemps pour ses carrières, véritable labyrinthe sous le plateau, refuge en temps de guerre. En 1798, Barthélémi Faujas de Saint-Fond (1741-1819), le premier, fit une description et représenta les nombreux fossiles qu'il a pu y découvrir dans les 54 planches de son *Histoire naturelle de la montagne de Saint-Pierre de Maestricht*⁴⁸. Parmi ceux-ci, de nombreuses espèces non encore décrites, une Ammonite « articulée », une corne d'Ammon droite et des Bélemnites (fig. 3).

Plutôt qu'un sable blanc très fin et un peu crayeux, *espèce de grès tendre* décrit par Faujas, Jean-Baptiste Bory de Saint-Vincent (1778-1846), en 1819, y reconnaît⁴⁹ *un amas calcaire grossier* dû « à une agglomération de petits grains calcaires »⁵⁰. Il note que sous les carrières, *le grain du calcaire devient plus fin, plus serré [...] à mesure qu'on se rapproche du niveau de la Meuse, [...] le calcaire humide [...] passe à l'état d'une véritable craie compacte, blanche*

⁴⁶ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1811, *op. cit.*, p. 13.

⁴⁷ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1822, *op. cit.*, p. 16-17.

⁴⁸ FAUJAS DE SAINT-FOND B., an 7^{ème}, 1798/1799, *Histoire naturelle de la montagne Saint-Pierre de Maestricht*, Paris, H. J. Jansen, 263 p., 54 pl.

⁴⁹ D'après M. Clere, ingénieur des Mines, qui publia un mémoire *sur la nature du terrain des environs de Maestricht* inséré dans le numéro 214 du Journal des Mines (octobre 1814), pages 241 et suivantes.

⁵⁰ BORY DE SAINT-VINCENT (Colonel), 1821, *Voyage souterrain, ou description du plateau de Saint-Pierre de Maestricht et de ses vastes cryptes*, Paris, Ponthieu, p. 40.

et un peu molle [...] »⁵¹ et un peu plus loin, « Cette muraille n'offre qu'une craie toujours plus grossière vers le haut de l'escarpement, et plus pure à mesure qu'on l'examine vers le niveau du chemin »⁵². Ainsi, le terrain passe progressivement, du haut vers le bas, d'un calcaire grossier à de la craie et deux pages plus loin, l'auteur remplace le terme *calcaire grossier* par *craie grossière* (fig. 4). On remarque ici la difficulté de définir le caractère lithologique de la roche

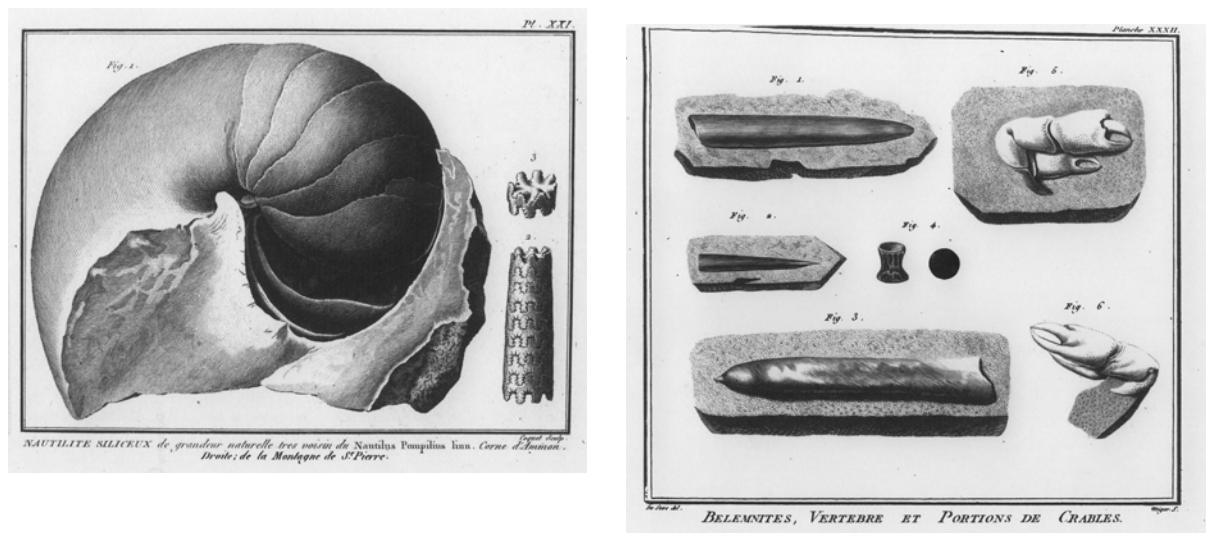


Figure 3 – Planches de fossiles. In FAUJAS DE SAINT-FOND B., 1798/1799. pl. XXI et XXXII.
A gauche : *Nautilus* et *Corne d'Ammon* droite (Baculite) ; à droite : *Belemnites*, vertèbre et portions de crabes.

de la montagne de Saint-Pierre, calcaire ou craie ?⁵³

Enfin, il compare ce grand mur calcaire avec ses bancs de silex très réguliers et horizontaux aux falaises de Normandie où on trouve comme à Maastricht,

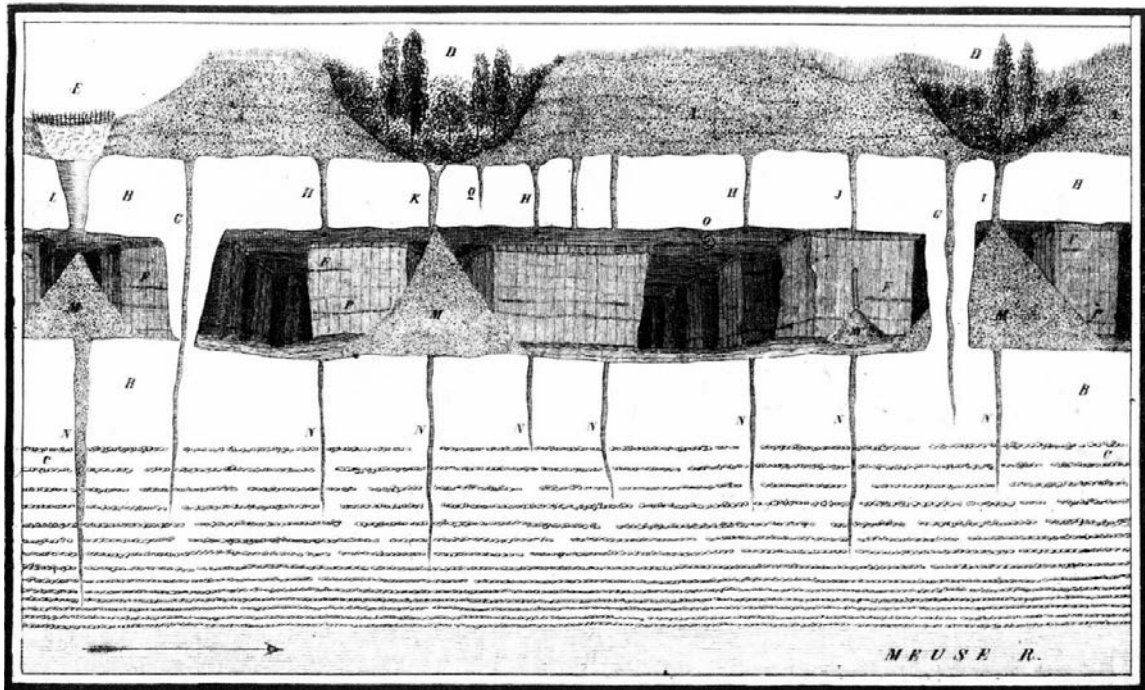
[...] au milieu du calcaire marin, [...] une couche entièrement formée de polypiers, [...] avec des madrépores, des tubipores, des alvéolites, des sidérolites, des coraux ou des gorgones, [...] mais encore des éponges, des alcyones ou autres corps molasses, outre une infinité d'animaux qui paraissent n'avoir plus d'analogues vivans dans le monde actuel.⁵⁴

⁵¹ *Ibid.*, p. 182.

⁵² *Ibid.*, p. 185.

⁵³ Il sera appelé indifféremment « calcaire de Maestricht », « craie supérieure de Maestricht » ou « craie supérieure de Belgique ».

⁵⁴ BORY DE SAINT-VINCENT (Colonel), 1821, *op. cit.*, p. 189-190.



Coupe perpendiculaire d'un point du plateau de S^t Pierre.

Figure 4 – Coupe perpendiculaire d'un point du plateau de Saint-Pierre de Maastricht montrant le passage progressif de la craie, en bas au niveau de la Meuse, à un calcaire grossier à la surface du plateau. In BORY DE SAINT-VINCENT (Colonel), 1821.

Pour les coquilles fossiles, Bory de Saint-Vincent renvoie aux descriptions de Faujas de Saint-Fond.

Ainsi, la montagne de Saint-Pierre près de Maastricht offre une falaise qui rappelle celle des falaises de Normandie, constituée d'une roche grenue proche de la craie, très riche en débris fossiles calcaires, beaucoup sans analogues vivant dans le monde actuel et quelques espèces comme les bélemnites et les cornes d'Ammon droites (les baculites) si abondantes dans la craie. Tout ceci permet à Cuvier et Brongniart, dès 1811, de noter qu'elle offre tous les caractères de la craie *qu'on peut tirer de sa structure en grand, et des corps fossiles organisés qu'elle renferme* et ainsi de la rapporter *sans aucun doute* à la formation de la craie⁵⁵.

Enfin, dans son mémoire primé en 1830 par l'Académie de Bruxelles, le tout jeune géologue belge André Hubert Dumont (1809-1857) précisera deux points. Premièrement, le calcaire de Maastricht passe vers le bas à la craie, par *nuances insensibles*,⁵⁶ indiquant par là qu'il n'y a

⁵⁵ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1811, *op. cit.*, p. 13 et 1822, *op. cit.*, p. 88.

⁵⁶ DUMONT A. H., 1832, *Mémoire sur la constitution géologique de la province de Liège*, Bruxelles, Hayez, p. 294.

pas de limite bien marquée avec la craie, pas de rupture, ce qui tend à le rapprocher de la craie même si les fossiles tels que poissons, reptiles, mammifères⁵⁷ tendent à l'en éloigner. Deuxièmement, ce calcaire est recouvert à *Foolz-les-Caves* (Brabant méridional) par une roche tritonienne (tertiaire)⁵⁸. Dumont place clairement le calcaire de Maastricht dans le terrain crétacé.

D'autres terrains tout aussi problématiques

Dans les années 1820, les études de terrain se multipliant, de nouveaux terrains *problématiques* sont décrits. Situés au-dessus de la craie comme le calcaire de Maastricht, ils contiennent une faune fossile très particulière, composée d'un mélange de fossiles caractéristiques de la craie et d'autres qui n'avaient jamais encore été décrits. À quelle formation les attribuer ? Les formations de référence sont en ce début des années 1820, la craie et le calcaire grossier puis, à partir du milieu des années 1820, le calcaire de Maastricht.

C'est le point de départ « stratigraphique » de notre étude : la distinction est simple, tranchée, entre la craie et le calcaire grossier. L'existence de terrains intermédiaires brouille les cartes. Il faut retravailler l'acquis et les débats qui s'en suivent enracinent la géologie moderne.

C'est dans ce contexte que débutent deux histoires parallèles bien que décalées dans le temps : la première au Danemark lors de la description, en 1825, de la coupe de Stevns Klint par Forchhammer qui l'interprète comme des terrains tertiaires nouveaux au-dessus de la craie ; la deuxième, en France, en 1836, lors de l'ouverture à Meudon, d'une tranchée pour le chemin de fer offrant à l'observation de nouveaux terrains entre la craie et les terrains tertiaires les plus anciens connus jusqu'alors dans le bassin de Paris, à savoir l'argile plastique et le calcaire grossier. Nous verrons que ces deux histoires se déroulant de façon totalement indépendante dans un premier temps suivent un cours à peu près analogue et se rejoignent en 1846 lorsque Desor corrèlera les deux formations et nommera ce nouvel étage, l'étage danien. L'histoire de cet étage et la difficulté de son attribution crétacée ou tertiaire illustre parfaitement les profonds changements de la géologie au cours du XIX^{ème} siècle.

Tout d'abord, puisque terrains secondaires et tertiaires sont désormais définis, quels critères autres que la lithostratigraphie pour en raffiner la distinction ? Face aux oppositions

⁵⁷ *Ibid.*, p. 297.

⁵⁸ *Ibid.*, p. 314.

philosophiques et religieuses, la paléontologie peine à s'imposer. Il s'agit de changer de cadre de pensée, d'introduire le temps ; et cela ne va pas de soi.

D'autre part, comment interpréter la différence de faune entre terrains crétacés et tertiaires ? Est-elle certaine ou seulement apparente ? Comment distinguer faune crétacée et faune tertiaire ? Comment les délimiter et ainsi définir une limite stratigraphique ? Nous verrons comment ce concept s'élabore au cours de longs débats dans les sociétés géologiques et scientifiques pour se fixer au moins dans les grandes lignes lors du premier congrès international de géologie de Paris en 1878. Ce concept se modifiera ou plus exactement se précisera progressivement au cours du XX^{ème} siècle

CHAPITRE I - LA CONTROVERSE DANOISE DES TERRAINS INTERMÉDIAIRES

C'est au Danemark que furent décrits par Forchhammer les terrains de Stevns Klint, Faxe et Møn⁵⁹ (fig. 5), terrains intermédiaires dont la position entre terrains crétacés et tertiaires sera si vivement controversée depuis l'époque de leur description (1825).



Figure 5 : Image satellite du Danemark modifiée, avec localisation des différents sites danois dont il est question dans ce travail. © F. Dreyer. Source : <http://www.carte-du-monde.net/pays/danemark/carte-satellite-danemark.jpg>

⁵⁹ L'orthographe des noms danois diffère selon la langue et l'époque. Aussi, nous avons choisi d'utiliser l'orthographe actuelle des lieux danois, tels qu'on les trouve sur les cartes. Ainsi, la ville de Faxe (ou Fakse) est orthographiée Faxøe dans les textes du XIXe siècle, Møn est Möen. Sjælland pour l'île de Sjaelland ou Sjælland, Seeland ou encore Zeeland. La falaise de Stevns (ou Stevns Klint) peut être Stevnsklint, Stevens klint ou falaise de Steven. Cependant, nous garderons l'orthographe des auteurs dans les citations et les traductions.

A posteriori, l'histoire de cette description ne doit pas grand-chose au hasard, mais plutôt à l'affinement progressif du regard que l'on porte sur ces trois sites depuis le milieu du XVIII^{ème} siècle dans un contexte intellectuel danois où les sciences naturelles ont pris une importance croissante (Annexe 1).

Ainsi, Stevns Klint et Faxe en Sjælland et les falaises de Møn sont des localités classiques dans la littérature danoise et importantes dans les recherches géologiques du pays. Plus particulièrement, les falaises de Stevns et Møn, magnifiques falaises, très abruptes, alimentent l'imaginaire danois et sont, aujourd'hui encore, d'un attrait touristique indéniable en dehors de toute considération géologique et bien avant que le site de Stevns Klint ne soit inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO (2014) pour son intérêt géologique : la présence de la fine couche d'argile, marqueur des événements responsables de l'extinction de 50% de la faune et de la flore mondiale, « marqueur de la météorite responsable de la fin des Dinosaures » peut-on lire sur les panneaux installés à Stevns Klint. Les falaises de Møn sont des falaises de craie très blanche et riche en fossiles recherchés par les collectionneurs depuis plusieurs siècles. Quant aux falaises de Stevns, le calcaire qui surplombe la craie contient des bancs de silex ondulés qui confèrent un aspect très original à ce site. En outre, calcaire et craie sont également riches en fossiles.

1. De l'exploitation du calcaire aux collections de fossiles

Dès le Moyen-Age, les bâtisseurs d'églises utilisent la pierre pour leurs édifices. Or le Danemark est recouvert de masses importantes d'argile et de conglomérat impropres à la construction. Les sites où la pierre est exploitable sont relativement peu nombreux. Ainsi, la pierre calcaire de Faxe et celle de Stevns, comme le calcaire de Saltholm⁶⁰, sont très recherchés. Dans les collines de Faxe, du fait de la présence d'un calcaire corallien compact et très fossilifère, une multitude de petites carrières sont rapidement ouvertes, au nord et à l'est de Faxe jusqu'à la mer et aux falaises de Stevns.

A partir du XVIII^{ème}, le calcaire est utilisé dans les fours à chaux⁶¹ et les carrières ne cessent de s'agrandir. Dans son grand Atlas, « *Den Danske Atlas* », publié entre 1763 et 1781, l'évêque Erich Ludvigsen Pontoppidan (1698-1764) mentionne déjà, à côté de Faxe, l'existence de

⁶⁰ Petite île à 4 km à l'est de Copenhague.

⁶¹ GRAVESEN P., 2001, « Den geologiske udforskning af Fakse Kalkbrud fra midten af 1700-tallet til nu », *Geologisk Tidsskrift*, hæfte 2, p. 2.

plusieurs carrières de calcaire taillé à la main et emporté vers les fours à chaux. À la recherche de matériau, l'Université envoie le professeur de médecine et d'histoire naturelle de l'Université de Copenhague, Christian Gottlieb Kratzenstein (1723-1795), en 1767, pour évaluer l'exploitabilité du calcaire de Stevns et en déterminer la rentabilité. Son exploitation va durer quasiment jusqu'à nos jours.⁶²

À côté de cet aspect économique, l'utilisation importante du calcaire de Faxe et de Stevns Klint a permis d'extraire de nombreux fossiles qui rejoignirent les collections. Ces sites deviennent des passages obligés de la géologie danoise.⁶³

Les nombreux fossiles trouvés dans les carrières de Faxe et les falaises de Stevns et Møn alimentèrent de grandes questions sur leur origine animale ou non. Les fossiles ou *Petrefacta* ont longtemps été considérés comme des formations particulières de la roche et de nombreuses légendes circulaient. Que leur origine puisse être les restes d'un organisme vivant à une époque antérieure était tout simplement unimaginable, le Monde ayant été créé en l'état. Mais au Danemark comme ailleurs en Europe, leur origine organique devint de plus en plus vraisemblable jusqu'à ce qu'en 1667, lorsque l'anatomiste renommé et géologue Nicolas Sténon⁶⁴ (1638-1686) démontre, tête de requin à l'appui, que les *Glossopetrae* sont des dents de requins fossilisées, il n'y eut plus aucun doute. Cela se passait en Toscane, mais la conclusion était de validité générale.

De nouvelles questions se posèrent alors, notamment sur les conditions de leur dépôt, tant physiques que climatiques. Comment des animaux marins (oursins, coquillages etc.) pouvaient-ils être maintenant à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du niveau de la mer ? Une explication récurrente est celle d'un grand déluge ou d'une gigantesque inondation qui aurait transporté ces animaux marins mais Søren Abildgaard⁶⁵ (1718-1791) n'y croit guère et propose un soulèvement du fond marin par un *vent puissant* dû à un feu souterrain. Il s'interroge aussi sur le caractère tropical de ces animaux, notamment ceux de Stevns Klint et Faxe. Quelques

⁶² Actuellement, la carrière de Faxe, encore en exploitation, a rassemblé toutes ces petites carrières ouvertes au nord-est de Faxe pour n'en faire plus qu'une seule très profonde. Par contre, celles qui sont situées près de la falaise de Stevns ont cessé toute activité depuis quelques décennies, et le classement du site au patrimoine mondial de l'UNESCO, en rend la reprise impossible.

⁶³ Pour plus de détail sur l'histoire du Danemark dont l'éclatement au XIX^{ème} siècle va influencer considérablement les objectifs de l'histoire naturelle et du développement économique, sur l'Université et la construction de l'espace intellectuel au Danemark aux XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles, voir Annexe 1.

⁶⁴ DREYER F., 2017a, « Sténon, Stenonis Nicolas ou Steensen Niels - (1638-1686) », *Encyclopædia Universalis* [en ligne]. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/stenon-stenonis-steensen/>

⁶⁵ Søren Abildgaard est le père de P.C. Abildgaard à l'origine de la Société d'Histoire naturelle, *Naturhistorie-Selskabet*, en 1789. Voir Annexe 1.

années plus tard, Kratzenstein reprend à son compte cette interrogation à la vue d'un nautilus et d'« *escargots* » qu'il a lui-même ramassés dans le calcaire des carrières de Faxø. Pour lui, ces animaux vivaient là où est la colline de Faxø et par conséquent, il y régnait un climat plus chaud. Il en fit un mémoire « Sur la température de la Terre »⁶⁶.

Ces questions fondamentales et philosophiques, difficiles à concilier avec l'histoire de la Bible, enflammaient l'imagination. Il fallait acquérir des fossiles. Ainsi, les plus beaux spécimens rejoignirent les collections royales comme les collections privées.

Comme les carrières sont ouvertes depuis quatre siècles, il est fort probable que des fossiles aient déjà retenu l'attention et que, même si rien ne l'atteste, quelques raretés fossiles de Faxø et Stevns Klint aient trouvé le chemin des grandes collections du XVII^{ème} siècle, comme le *Museum Wormarium* d'Ole Worm (1588-1654), la *Kunstkammer* du Roi Frederik III (roi de 1648 à 1670) et le premier *Museum* de médecine et d'histoire naturelle de l'Université créé en 1657 par Thomas Bartholin (1616-1680) (voir Annexe 1).

Au XVIII^{ème} siècle, de fabuleuses collections s'établissent au Danemark, celle du comte Otto Thott (1703-1785), celle de Son Excellence le comte Adam Gottlob Moltke (1710-1792) que son fils, le comte Joachim Godske Moltke (1746-1818), offrira à l'Université de Copenhague, la riche collection de Pontoppidan, toutes contiennent de nombreux fossiles de Faxø. L'intérêt pour les fossiles est si grand et les carrières de Faxø si réputées, que Pontoppidan lui-même, a visité les carrières de Faxø à plusieurs reprises et en a récolté des fossiles qu'il a représentés dans *Det danske Atlas*. Le pasteur Johan Hieronymus Chemnitz (1730-1800), conchyliologue averti, avait visité les carrières de Faxø en 1775 et récolté des fossiles pour sa collection, fossiles qu'il pensait être des coquillages tropicaux « *qui avaient peut-être été enfouis en quelques milliers d'années* »⁶⁷.

En 1752, l'inspecteur royal des mines Andreas Birch (1716-1763), à la suite d'un voyage de recherches minéralogiques dans le Danemark, soumet à l'Académie des Sciences un inventaire des objets naturels trouvés dans ce pays. Sa collection d'objets naturels (coquilles, minéraux, *petrefacta*), avec des fossiles de Faxø notamment, sera vendue aux enchères à sa mort le 20 octobre 1763. Les ventes aux enchères regorgent de tels trésors et leurs catalogues précisent

⁶⁶ *Kratzenstein* : Om Jordens Temperatur (Nye Samling af Det kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter I (1781), 306 f.). In GARBOE A., 1959, *Geologiens Historie i Danmark, Fra Mythe til Videnskab*, Copenhague, C. A. Reitzel, vol.1, p. 140 et 267.

⁶⁷ « *Vielleicht über ein paar tausend Jahre begraben gewesen* ». In GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p. 96.

parfois la présence de fossiles de Faxe ou Stevns Klint comme par exemple pour la collection du marchand de vin Glassing⁶⁸.

Ainsi, comme dans le reste de l'Europe, de riches collectionneurs établissent, au XVIIIème siècle, d'immenses collections⁶⁹ riches en fossiles de Faxe, malheureusement sans préciser les relations entre les fossiles et les couches où ils sont prélevés. Seuls sont nommés les lieux où ils ont été ramassés. Le véritable attrait pour les collectionneurs est davantage leurs particularités ou leur beauté qu'un quelconque intérêt géologique. Ce dernier ne sera vraiment compris qu'au début du XIXème siècle. Cependant, des observations plus précises et plus systématiques commencent à se faire comme les recherches de Birch ou de S. Abildgaard.

2. Premières descriptions des terrains de Stevns Klint et Møn, l'affinement du regard

C'est dans cette période où la recherche de matières premières si capitales pour l'avenir industriel du pays est soutenue par le roi, au milieu du XVIIIème siècle, que Søren Abildgaard (fig. 6), fils d'un douanier, né en 1718 à Flekkefjord en Norvège, commence en 1737, des études de sciences de la nature à Copenhague. Il travaille entre autres sur le graphite de Norvège et les mines de crayons fabriquées au Danemark. Mais, peu argenté, il est contraint de trouver un travail rémunéré. C'est ainsi qu'il entre en contact avec l'historien Jacob Langebek (1710-1775) et l'accompagne, en tant qu'illustrateur, au cours d'un voyage d'étude de presque deux ans (1753-1754) en Suède et autour de la mer Baltique⁷⁰. À son retour, sur la



Figure 6 – Søren Abildgaard (1718-1791).

Source Frederiksborgmuseet

http://denstoredanske.dk/Naturen_i_Danmark/Geologien/Geologi_og_geologiske_processer/Udforsknings_historie/1700-tallet

⁶⁸ Catalogue d'enchères : Trykte Auktionskataloger (kgl. Bibl.) 1766, 1778. In GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p. 95 et 262.

⁶⁹ BOURGUET M.-N., 1997, « La collecte du monde : voyages et histoire naturelle (fin XVII^e-début XIX^e siècle) », in BLANCKAERT C. (dir.), *Le Muséum au premier siècle de son histoire*, Paris, Muséum national d'histoire naturelle, p. 163-196.

⁷⁰ Jacob Langebek est un érudit danois, historien très porté sur les monuments et antiquités de la patrie. Il est l'un des fondateurs de l'Académie royale danoise de l'histoire de la Patrie, *Det kongelige danske Selskab for Fædrelandets Historie*, le 8 janvier 1745, puis devient membre de l'Académie des Sciences, *Videnskabernes Selskab*. Il projette un voyage en Suède et dans les Provinces Baltiques, devenues russes en 1821, pour chercher des antiquités reflétant l'histoire de la région. Pour ce voyage, il est accompagné par un dessinateur, Søren Abildgaard, et un serviteur. Partis le 17 avril 1753, ils reviennent à Copenhague à Noël 1754 après le tour complet de la mer

recommandation de Langebek⁷¹, il est employé aux Archives Nationales. Artiste très doué et bon dessinateur, il est chargé de parcourir le Danemark pour en décrire les monuments historiques⁷². Naturaliste dans l'âme, il s'intéresse aussi à la minéralogie et aux techniques d'exploitation des produits minéraux, la tourbe notamment, au sujet desquelles il écrira dans plusieurs magazines comme des magazines économiques⁷³. Il est ainsi amené à visiter deux sites naturels qui, dans ce contexte d'un intérêt grandissant pour l'histoire naturelle et la géologie, en particulier, avaient attiré l'attention du fait de l'arrangement particulier des couches, les sites de Stevns Klint et Møn, qui sont au centre de notre travail. S. Abildgaard écrivit ainsi deux livres à ce sujet, le premier en 1759 sur Stevns Klint⁷⁴ et le second en 1781 sur Møns Klint⁷⁵, et dans lequel il s'interroge longuement, comme nous l'avons vu, sur la présence, dans la craie, des fossiles d'animaux marins ainsi que sur leur allure tropicale, « *indisk* ». Les autres points évoqués dans cet ouvrage sont la formation des silex, la présence de blocs erratiques liée, lui semble-t-il, à une grande inondation.

À Stevns Klint, il s'embarque sur un bateau pour prendre du recul et mieux observer la falaise dans toute sa largeur et sa longueur⁷⁶. Sur la gravure sur cuivre accompagnant sa description de Stevns Klint (fig. 7), S. Abildgaard montre clairement la stratification ondulée du calcaire surplombant la craie et qui fait l'originalité du site.

Baltique. Dans une lettre du 25 janvier 1755 au conseiller à la Chancellerie Carl Deichman, Langebek décrit rapidement le trajet de ce voyage. In RØRDAM H. Fr., 1895, *Lettres de Jacob Langebek publiées par l'Académie royale danoise pour l'histoire de la patrie et la langue en mémoire de la fondation de l'Académie le 8 janvier 1745* [Breve fra Jacob Langebek udgivne af det kongelige danske selskab for Fædrelandets historie og sprog til erindring om selskabets stiftelse den 8. Januar 1745], Copenhague, Græbes Bogtrykkeri, p. 214-216.

⁷¹ Le 10 juin 1755, S. Abildgaard avait sollicité auprès Roi, un poste de dessinateur aux Archives en faisant référence à son voyage avec Langebek. Celui-ci, dans une lettre au Roi du 21 août 1755, met en avant les connaissances acquises par S. Abildgaard au cours de leur voyage ainsi que ses talents de dessinateur lui permettant d'illustrer l'histoire de la patrie. Il sollicite pour S. Abildgaard le poste de « Archiv-Tegnemester », dessinateur aux Archives Nationales. S. Abildgaard sera nommé à ce poste par une ordonnance royale du 12 septembre 1755. In RØRDAM H. Fr., 1895, *op. cit.*, p. 222-223.

⁷² Le 16 janvier 1756, S. Abildgaard avait présenté une demande au Roi pour effectuer un voyage qui lui permettrait de dessiner les divers monuments historiques danois. Le 12 février 1756, dans une lettre au Roi, Langebek montre à quel point un tel voyage serait utile pour les Archives et qu'il serait intéressant de compléter ces dessins par des études d'histoire naturelle et économiques. Il sollicite pour S. Abildgaard qui a toutes les compétences requises pour un tel voyage, une rémunération suffisante. Le 27 février 1756, cette faveur est accordée à Langebek. Pour voyager et dessiner tous les monuments, S. Abildgaard recevra sur la caisse royale 300 Rigdalers par an, aussi longtemps que durera le voyage, ainsi que le transport gratuit par terre et par mer. In RØRDAM H. Fr., 1895, *op. cit.*, p. 235-236.

⁷³ GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p.116.

⁷⁴ ABILDGAARD S., 1759, *Beskrivelse over Stevns Klint og dens naturlige Maerkvaerdigheder*. Copenhague, 50 p.

⁷⁵ ABILDGAARD S., 1781, « *Physik-mineralogisk Beskrivelse over Møns Klint* », Copenhague, 70 p., illustrée de deux gravures. Description physique et minéralogique des falaises de Møn.

⁷⁶ ABILDGAARD S., 1764, *Sören Abildgaards Beschreibung von Stevens Klint und dessen natürlichen Merkwürdigkeiten*. aus dem Dänischen übersetzt, Kopenhagen und Leipzig, F.-C. Mummens Witwe, p. 5 et Tab. I, fig. 2.

La ligne de silex très droite, horizontale et régulière dans la craie est soulignée. À l'extrémité gauche de la gravure (figure du bas, fig. 7), on peut observer un effondrement de la falaise. L'église de Højerup, construite à la fin du XIII^{ème} siècle sous Waldemar IV, bien visible sur la gravure, au bord de la falaise, a perdu son chœur dans un tel effondrement le 16 mars 1928 (fig. 8 et 9).

S. 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 dans deux planches (Annexe 3) quelques-uns des fossiles qu'il rencontre « [...] *dans la craie et le calcaire un grand nombre d'Echinodermes, soit des pommes de mer [Holothuride] minéralisées soit des hérissons de mer [oursins] de différentes sortes [...]* »⁷⁷, auxquels s'ajoutent un *Pectinus auritus*⁷⁸ et une *Conchæ anomia* ou *Anomiten* (fig. 10). Chimiste de formation, il s'intéresse tout particulièrement aux relations entre fossiles et silex, c'est-à-dire à la présence des fossiles dans les silex ou de silex dans les fossiles d'échinodermes. Il ne cherche pas vraiment à réaliser une description du contenu fossilifère des deux formations, les fossiles ayant été ramassés tant dans la falaise elle-même que dans les éboulis sur le rivage⁷⁹. Il s'intéresse davantage à la formation des silex et des fossiles qu'à leur détermination. La distinction entre les couches est ici essentiellement lithologique et stratigraphique, même s'il n'a pas prêté attention à la fine couche d'argile et au calcaire à Cérithes qui seront décrits par Forchhammer soixante ans plus tard.

De plus, il ne note pas l'origine stratigraphique des fossiles qu'il collecte. C'est un peu comme s'il posait sur le paysage un regard de géographe et sur les fossiles celui d'un chimiste collectionneur. Il n'opère pas la jonction entre les deux catégories d'observations, en d'autres termes il ne donne pas de signification stratigraphique aux fossiles, ce que feront quelques quarante ans plus tard Deluc dans une lettre à Blumenbach en 1798 et Smith en 1799.

Cette description de Stevns Klint d'une cinquantaine de pages, assortie de ses trois superbes gravures, incita les naturalistes de l'époque à s'y rendre.

⁷⁷ « [...] *im Kreide oder Kalksteine eine Menge Echiniten, oder mineralisirte Seeäpfel oder Seestachelschweine von verschiedener Art [...]* ». In ABILDGAARD S., 1764, op. cit., p. 22 et p. 22 à 29 pour les descriptions des figures des deux planches de fossiles.

⁷⁸ *Ibid.*, Tab. II fig. 3 (Annexe 3).

⁷⁹ GARBOE A., 1959, op. cit., p.120.

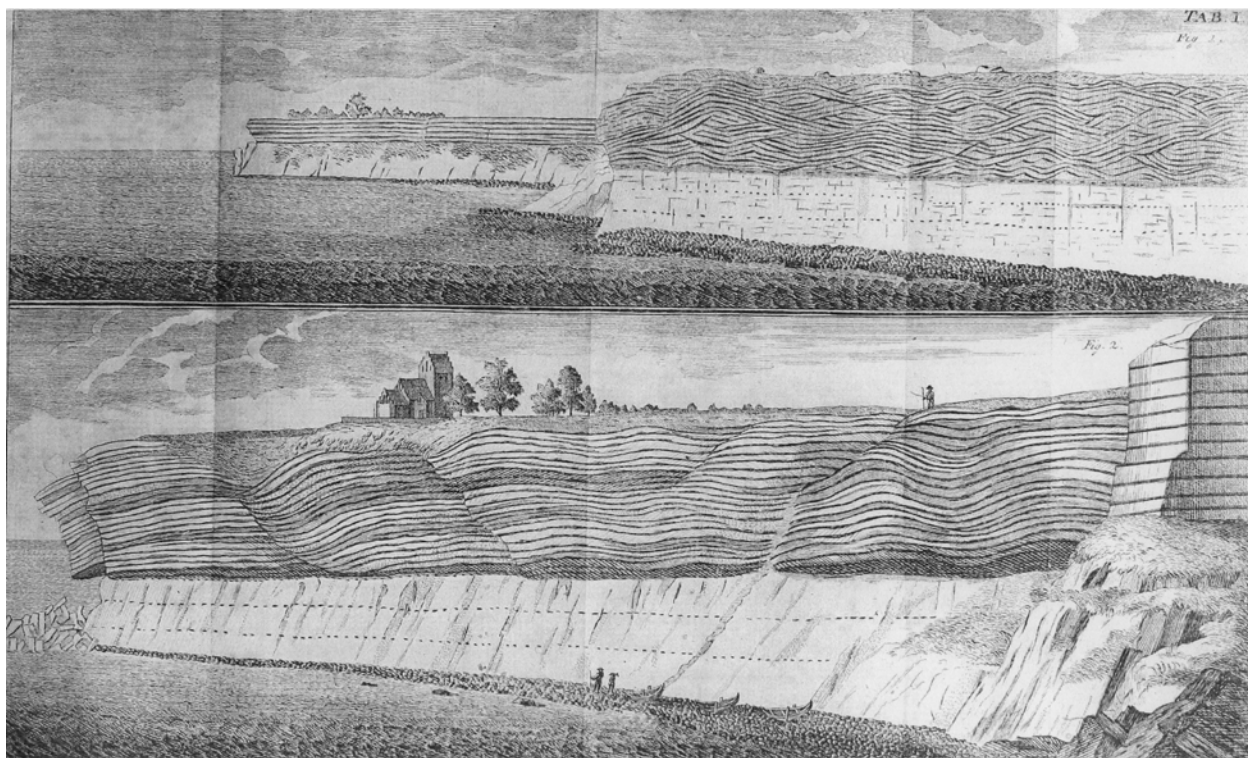


Figure 7 – Falaises de Stevns, Sjælland. Gravure de Søren Abildgaard. In ABILDGAARD S., 1764, TAB. I fig. 1 (en haut): perspective depuis la route de Mannehoved ; fig. 2 (en bas) : la falaise avec « Högeruper Kirche ».



Figure 8 – L'église de Højerup en 2011.
© F. Dreyer

Figure 9 – Manchette du journal *Morgen bladet København*, « Journal du matin, Copenhague » du samedi 17 mars 1928 : « L'église de Højerup s'est effondrée hier dans la mer ». « Le spectaculaire glissement de la falaise hier matin a emporté le chœur de l'église, vieux de 600 ans ». © F. Dreyer



L'ensemble des observations de S. Abildgaard ainsi qu'une partie de ses dessins sont repris dans l'Atlas danois, *Den Danske Atlas* de Pontoppidan. Dans le premier des 7 volumes, se trouvent les observations géologiques et plus particulièrement celles concernant Stevns Klint, Møns Klint et Faxø, troisième site danois, objet de notre travail. Concernant Stevns Klint, Pontoppidan reprend les descriptions de S. Abildgaard et son analyse de la formation des silex. Il reprend aussi, sans ajouter de point de vue personnel, les hypothèses de S. Abildgaard concernant la présence des fossiles au-dessus du niveau marin. Les fossiles de Stevns Klint sont donnés comme correspondant à ceux de Møn, sans distinction entre la craie et le calcaire. Par contre, Pontoppidan décrit les carrières de Faxø et leurs nombreux fossiles, *petrefacta*, qu'il y a trouvés et collectionnés : plusieurs sortes de crabes, huîtres, moules, « *escargots* » univalves

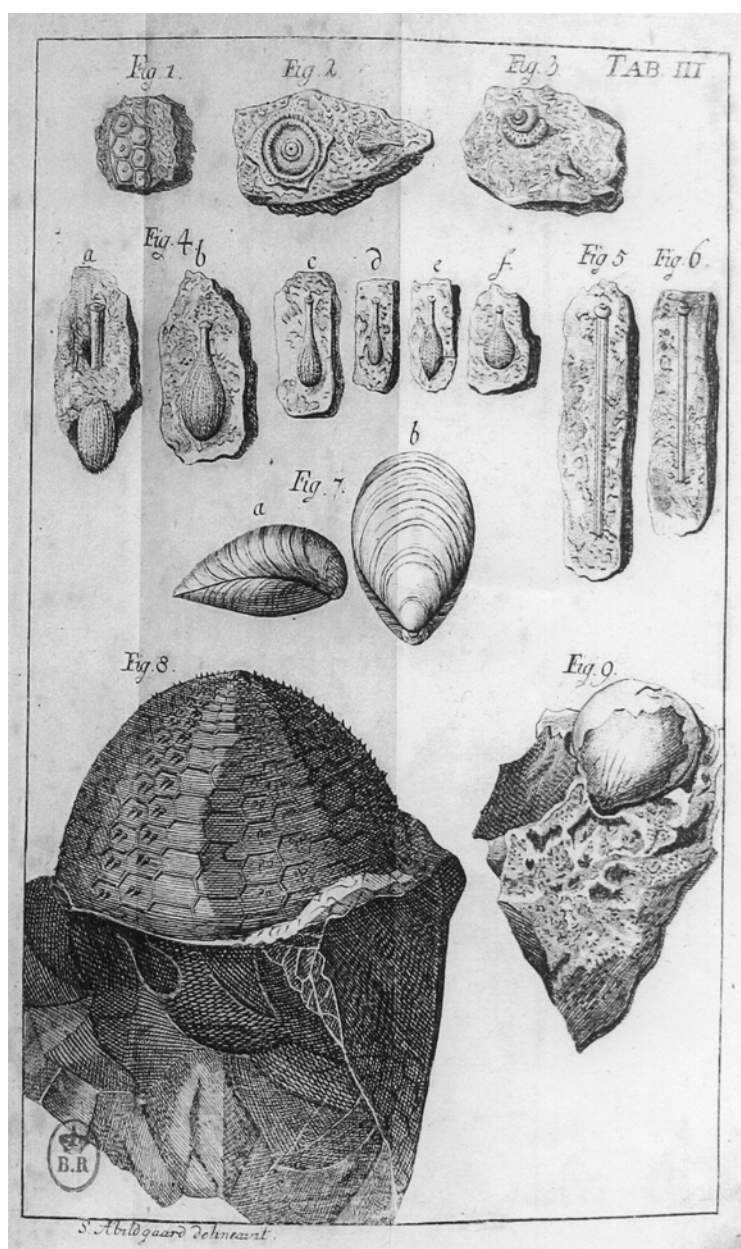


Figure 10 – Planche de dessins de fossiles ramassés dans la craie et le calcaire de Stevns Klint par Søren Abildgaard (1759).

TAB III – Fig. 1. 2 et 3 : Fragments de « coques » d'*Echiniten* trouvés dans la craie; Fig. 4. 5 et 6 : piquants d'oursins, fréquents aussi bien dans les couches supérieures qu'inférieures de la falaise de Stevns ; a et b sont les plus gros ; Fig. 7 a et b : *Concha anomia* ou *Anomiten* de profil et de face; Fig. 8 : un échinoderme incrusté dans le silex. Fig. 9 : *Chamiten* remplie de silex.

mais « *qui ne se trouvent jamais dans nos eaux* » comme les nautilus ou *Cornua Ammonis*, etc. et de nombreux types de plantes marines, surtout des « *herbiers tropicaux des Sargasses* ».

Il précise aussi le caractère particulier de la roche calcaire de Faxø qui est en majeure partie formée de fossiles marins, des morceaux de coraux aux branches épaisses, entremêlées et très serrées. Tous ces fossiles ont été rassemblés dans la collection de Pontoppidan qui en a représenté bon nombre dans *Den Danske Atlas* (Annexe 4) mais souvent sans préciser le lieu d'origine enlevant par là-même tout intérêt géologique à ces objets.

Parmi ceux qui s'intéresseront ensuite à ces trois sites, seul le géologue et philosophe de la Nature, Heinrich Steffens⁸⁰ (1773-1845), apportera un peu de nouveau en signalant *une couche noirâtre de marne, constituée de lamelles très fines*,⁸¹ entre la craie et le calcaire à Stevns Klint. Le regard s'est fait plus précis, mais ce qui est vu est encore incomplet.

Ce qui reste à voir pour que la description soit complète est fondateur de la controverse sur les étages intermédiaires, qui prend forme en 1825. L'auteur en est Forchhammer qui présente à l'Académie royale danoise des Sciences, son mémoire *Om de geognostiske Forhold i en Deel af Sjælland og Naboeøerne*, « Sur les relations géognostiques d'une partie de Sjælland et des îles voisines » concernant les trois sites de Møn, Stevns Klint et Faxø. Ce mémoire publié dans les *Mémoires de l'Académie royale* en 1826 et aux conclusions assez étonnantes comme on va le voir, déclenche alors une vive réaction, directement à l'origine de notre travail.

3. Placer le Danemark dans la continuité de l'espace européen

Il ne fait guère de doute que Forchhammer (fig. 11) fut l'un des personnages centraux de la géologie danoise naissante au début du XIX^{ème} siècle (Annexe 2). Pourtant, son lien avec la culture danoise ne tombait pas sous le sens. Né le 26 juillet 1794 à Husum dans le duché de Schleswig (fig. a, Annexe 1), l'allemand est, de fait, sa langue maternelle. À partir de 1815, Forchhammer suit des études de chimie et pharmacie à l'Université de Kiel et assiste le professeur Christoph Heinrich Pfaff (1773-1852), chimiste et minéralogiste, grand ami de Cuvier (Annexe 2, note 750). Parti à Copenhague, il devient l'assistant de Hans Christian Ørsted

⁸⁰ Heinrich ou Henrik. Voir Annexe 1.

⁸¹ « [...] *eine schwärzliche Mergelschicht, die aus sehr dünnen Platten besteht.* » In GARBOE A., 1959, op. cit., p. 203.

(1777-1851) et l'accompagne dans une expédition géologique et minière dans l'île de Bornholm. Ce fut pour lui l'occasion d'appliquer sur le terrain la géologie qu'il avait étudiée dans les livres. C'est ainsi que ces recherches donnèrent une nouvelle orientation à la carrière de Forchhammer. De chimiste, il devint géologue, mais l'usage de la chimie ne le quittera pas. De retour à Copenhague, il passe sa thèse de doctorat en chimie et approfondit ses connaissances en géologie. C'est au cours d'un premier voyage d'étude en Angleterre et en Écosse, effectué grâce à une bourse *ad usus publicos*, que prend forme sa théorie globale des relations géognostiques du nord de l'Europe.



Figure 11 – Johan Georg Forchhammer (1794-1865) vers 1850.
Par Emilius Ditlev Bærentzen (1799-1868) & Co.
Source
<http://www.past.dk/biographies/000/0020.tkl>

Pour la conforter, il a besoin d'aller aux îles Féroé mais n'a plus d'argent. Forchhammer candidate à nouveau à la fondation *ad usus publicos* et dans sa lettre de recommandation du 11 décembre 1820⁸², Ørsted énonce ainsi la théorie de Forchhammer :

⁸² Recommandation de Forchhammer par Ørsted à Frederik VI le 11 décembre 1820. In RIGSARKIVET, 1902, *Fonden ad usus publicos*, 2 Bind, 1801-1826, Kjøbenhavn, C.A. Reitzel, p. 287-288. « *Fonden ad usus publicos* 1902 vol. 2, p. 284-286 » d'après CHRISTENSEN, D.C., 2013, *Hans Christian Ørsted : reading nature's mind*, Oxford, Oxford University Press, p. 324.

*Les îles Féroé et l'Islande, l'Angleterre et l'Ecosse, le nord-est de la France et l'Allemagne voisine en une bande raccordée au Danemark, ainsi que ce royaume [du Danemark], Bornholm inclus, appartiennent à un grand bassin rempli d'une seule et même suite de formations. Comparer toutes les parties principales de cette bande étirée devrait apporter un éclairage nouveau sur la théorie de la Terre.*⁸³

En d'autres termes, le nord de l'Europe constitue un grand bassin, une sorte de bassin de Paris ou de bassin de Londres à grande échelle, dont une partie est recouverte par la mer du Nord. L'hypothèse n'est pas gratuite. Au moment où Forchhammer énonce sa théorie, il s'est déjà rendu à Bornholm et en Scanie, en Angleterre et en Écosse, ainsi que dans le nord de l'Allemagne (dans le Harz). Il commence donc à avoir une idée assez générale des formations que l'on rencontre dans ces pays et par comparaison et analogie entre eux, il essaie de trouver les points communs. S'ajoutent à ses observations propres, ses rencontres avec des géologues norvégiens, suédois et anglais et ses très nombreuses lectures. Polyglotte, il parle le danois et l'allemand bien sûr mais aussi l'anglais (il a déjà publié sa thèse dans les *Annals of philosophy*), et le français comme le montrent les citations qu'il fait dans certains de ses écrits. Lors de son voyage en Angleterre, peut-être a-t-il rencontré Smith ou simplement vu sa carte géologique de l'Angleterre publiée en 1815, ou celle de son plagiaire, George Bellas Greenwood (1778-1855) publiée en 1819. Il connaît les terrains primitifs et les formations de transition de Bornholm, de Scanie et de Norvège ainsi que celles d'Angleterre dont il a remarqué certaines similitudes. Il sait que la craie est présente sur une grande partie du nord-est de la France, en Angleterre, au Danemark et dans le nord de l'Allemagne. Or, grâce à une collaboration efficace, Alexandre Brongniart et le géologue écossais Thomas Webster (1772-1844) avaient déjà montré que de part et d'autre de la Manche se trouvait, reposant sur la craie, la même série de formations, les formations tertiaires avec leur alternance de formations marines et lacustres. Les fossiles identiques en Angleterre et en France pour chaque formation, suggéraient une histoire commune au Bassin de Paris et au Bassin de Londres⁸⁴. D'autre part, Steffens qui, le premier, a essayé de donner un aperçu géognostique du Danemark, pensait que le terrain de la craie

⁸³ *Færøerne og Island, England og Skotland, det nordostlige Frankrig og det tilgrensende Tydskland i en Strækning, der forbinder sig med Danmark, og hertil dette Rige, Bornholm med indbefattet, hører til et stort Bassin, opfyldt med een og samme Dannelsesfølge. At sammenligne alle Hoveddele af denne Strækning maatte kaste et nyt Lys over Jordklodens Theorie.* In GARBOE A., 1959, op. cit., p. 210.

⁸⁴ RUDWICK M.J.S., 2014, *Earth's Deep History. How It Was Discovered and Why It Matters*, Chicago and London, University of Chicago Press, p.134.

s'étendait du Danemark jusque loin en Russie et il supposait que la mer Baltique avait creusé son chemin vers la mer du Nord.

Émerge donc chez Forchhammer, de l'ensemble de ces connaissances, une vision globale de la géognosie du nord de l'Europe qu'il imagine comme un unique grand bassin où se seraient formées les couches successives selon le système neptunien de Werner. C'est dans cette optique qu'il conduira l'ensemble de ses recherches géognostiques ultérieures ; c'est aussi pour valider, ou invalider, sa théorie qu'il veut se rendre dans les îles Féroé. En effet, si sa théorie est exacte, les grandes formations des terrains primitifs et de transition que l'on trouve à l'extérieur de ce grand bassin, c'est-à-dire en Scanie, Norvège et Angleterre, devraient se trouver aux îles Féroé et en Islande. Or ces formations sont riches en ressources minières. Les îles Féroé pourraient donc regorger de ressources, mais ceci reste à vérifier.

Cette théorie unifiant du point de vue géognostique l'ensemble du nord de l'Europe devait plaire à Ørsted, lui qui, en philosophe de la Nature, croyait à l'unité des forces chimiques et de la nature, et tentait de montrer que les forces chimiques et magnétiques, de même que la lumière sont dues à l'électricité⁸⁵. Depuis sa jeunesse, Ørsted, très lié avec le poète Oehlenschläger, s'était intéressé aux philosophes de la Nature et aux romantiques allemands et avait souscrit à leur philosophie, comme Steffens, lors de son voyage d'étude en Allemagne de 1801 à 1803. Il est possible d'ailleurs qu'Ørsted ait discuté avec Steffens à son retour à Copenhague et l'ait entendu exposer le neptunisme comme une philosophie de la Nature. Forchhammer, baigné dans ce milieu, a certainement été influencé par les travaux géologiques de Steffens même s'il n'en a pas eu conscience et ne les cite jamais dans ses propres travaux⁸⁶.

Ainsi, toujours grâce à la recommandation d'Ørsted, Forchhammer obtient le 6 mars 1821 une nouvelle bourse d'étude de la fondation *ad usus publicos*, d'un montant de 1000 Rdlr. pour faire un voyage géognostique aux îles Féroé.

Au cours de son séjour aux îles Féroé, du 28 avril 1821 au 16 octobre 1821, Forchhammer y observe notamment les coulées de laves de basalte et les veines de charbon, compare celles de Suđuroy (île la plus méridionale des îles Féroé) et Mykines (île à l'extrême ouest) et estime qu'il s'agit de la même veine de charbon présentant jusqu'à 6 pieds d'épaisseur. Les résultats géologiques de son voyage aux îles Féroé ont été publiés en 1823 dans un mémoire *Om*

⁸⁵ THOMASSET T., 2011, « Tout sur les Unités de mesures / Les Hommes / Hans Christian Oersted (1777-1851) », UTC, <http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/index.html>

⁸⁶ PETERSEN K.S., 1997, « Forchhammer og guldalderen i dansk geologi », *Geologisk Tidsskrift*, vol. 2, p. 1.

*Færøernes geognostiske Beskaffenhed*⁸⁷ - Sur la nature géognostique des îles Féroé - avec une carte géologique en couleur de l'archipel et à une plus grande échelle, une « *carte géognostique des îles du sud* », où le charbon fait l'objet d'une étude approfondie. Il y précise aussi la structure et la chimie des basaltes rencontrés (dolérite, porphyre, trapp). L'archipel n'est donc formé que de quelques veines de charbon intercalées entre de puissantes couches⁸⁸ basaltiques, rien de semblable aux terrains primitifs ou de transition du pourtour du grand bassin, Bornholm, Suède, Norvège ou Angleterre. Ainsi, ses observations ne corroborent pas sa théorie générale d'un grand bassin en Europe du Nord. En tout cas, les îles Féroé ne peuvent en faire partie.

À son retour des îles Féroé à la fin 1821, Forchhammer savait donc que le grand bassin du nord de l'Europe qu'il avait évoqué dans sa théorie globale ne pouvait inclure les îles Féroé ni, probablement, l'Islande qui est aussi très volcanique. Mais il ne désespère pas de montrer qu'elle reste par ailleurs valable pour le reste de l'Europe du Nord, tout du moins pour le Danemark. C'est pourquoi, plutôt que de rentrer directement par bateau à Copenhague, il décide de s'arrêter dans le nord du Jutland afin de réaliser une étude rapide des formations géologiques qui avaient suscité une controverse sur leur âge, les années précédentes. Mais les conditions météorologiques sont telles en cette fin d'année que son séjour sera assez bref.

Dès son arrivée à Copenhague, il rassemble les observations qu'il a accumulées lors de ses expéditions à Bornholm, en Scanie, en Angleterre et dans le nord Jutland et en fait une synthèse dans un article qui sera publié en 1822 dans le journal que viennent de créer trois professeurs de sciences de la nature de l'Université, *Det Tidsskrift for Naturvidenskaberne*.

En 1822, l'Académie royale des Sciences et des Lettres de Copenhague est, comme l'Université, encore assez largement dominée par les Lettres. Les sciences de la nature ont une place si restreinte dans ses mémoires, qu'Ørsted, Jens Wilken Hornemann (1770-1841) et Johannes Hagemann Reinhardt (1776-1845), professeurs à l'Université de Copenhague, respectivement en physique, botanique et zoologie, décident de fonder une nouvelle revue, *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, Journal pour les sciences de la nature, édité par Andreas Seidelin, imprimeur de la Cour et de l'Université. Ce journal permettra aux scientifiques de Copenhague, somme toute assez peu nombreux et pour la plupart collaborateurs ou élèves des trois professeurs, de publier et faire connaître leurs travaux. Cette revue ne connaîtra que quinze

⁸⁷ Ce mémoire sera reçu à l'Académie des Sciences en 1823, tiré à part en 1824 et paraîtra en 1826 dans les mémoires de l'Académie royale des Sciences section sciences naturelles et mathématiques, *Kongelige Danske Videnskaberne Selskab, Naturvidenskabelig og Matematisk Afdeling, Skrifter*. Række 4 ; 2,5, p. 159-206, 4 pl.

⁸⁸ Il s'agit bien sûr de coulées basaltiques mais leur origine et leur mise en place sont encore hypothétiques à l'époque. Surtout, aucun consensus n'existe à leur propos.

numéros répartis en cinq volumes entre 1822 et 1828. Il n'y aura de publication ni en 1825 ni en 1827. Les articles présentent le plus souvent des recherches personnelles mais aussi des traductions d'articles parus dans des journaux scientifiques étrangers. Jacob H. Bredsdorff (1790-1841) en géologie et minéralogie, J.F. Schow (1789-1852) en botanique géographique et météorologie seront de grands contributeurs. William Christopher Zeise (1789-1851) et Ørsted le seront en chimie et physique. La contribution de Forchhammer à cette revue sera plus ponctuelle et très variée. Il publiera sa théorie géognostique du Danemark et ses observations dans le nord du Jutland dans le n°3, volume 1 de 1822, puis un article de cristallographie sur les isomorphes dans le n° 11, volume 4 de 1826. Enfin, un résumé de 6 pages de son mémoire de géognosie *Om de geognostiske Forhold paa endeel af Sjælland og Naboeørne* qui concerne Stevns Klint, Faxe et Møn, publié en 1825 dans *Det Kongelige Danske Videnskabers Selskabs Skrifter*, sera inséré dans le n° 12 du volume 4 de 1826.

C'est donc dans ce journal, vitrine des sciences de la nature au Danemark dans les années 1820, que Forchhammer publie en 1822 sa théorie sur la géologie du Danemark sous le titre *Om Danmarks geognostiske Forhold*, « Sur les relations géognostiques du Danemark ». Le titre montre clairement qu'il restreint sa réflexion au Danemark cette fois-ci mais dans son mémoire il se réfère souvent aux pays environnants qu'il connaît bien pour les avoir visités lui-même, l'Angleterre et la Scanie.

1) La théorie de Forchhammer sur le bassin du nord de l'Europe

Forchhammer y expose non seulement sa théorie concernant les relations géognostiques des formations danoises, mais aussi des projections, des prévisions sur ce qu'il pense pouvoir trouver notamment à Vendsyssel dans le nord du Jutland (voir fig. 5). Sa théorie, rappelons-le, est que le nord de l'Europe constitue un grand bassin dans lequel se sont déposées, selon le système neptunien de Werner, les couches successives des *Urbjerge*, formations primitives, aux *Overgangsbjerge*, formations de transition puis aux *Flötsbjerge*, les formations en couches. Forchhammer avait formulé cette thèse à partir de ses observations sur les différentes formations qu'il avait rencontrées à Bornholm et leur comparaison avec les formations de Scanie et d'Angleterre, notamment.

Pour Forchhammer la connaissance de la constitution géognostique du Danemark est essentielle à deux titres, la connaissance scientifique d'une part et les applications pratiques d'autre part. Mais pour mener à bien cette étude, il est nécessaire de déterminer de façon incontestable la

position géognostique de certains points qui pourront être ensuite reliés par l'application de sa théorie.

Cependant, extrêmement prudent, il commence par en préciser les limites :

*Je vais chercher à les [les points incontestables] déterminer autant que possible. Ce ne sera donc qu'une tentative, et très imparfaite, car je n'ai vu qu'une partie des montagnes du pays, à savoir Bornholm, la partie nord du Jylland de Frederikshavn à Gudumlund, la montagne de gypse à Segeberg.*⁸⁹

Il a parfaitement conscience que les études géognostiques sur le Danemark sont encore très parcellaires et qu'il est donc bien difficile d'être affirmatif. D'ailleurs, il termine son mémoire par *Fortsættes*, « À suivre », laissant ainsi la porte ouverte à de nouvelles interprétations au vu de nouvelles données.

Dans la première partie de son mémoire, il présente les terrains primitifs et les formations de transition de Bornholm qu'il met en relation avec celles de Scanie.

Les *Urbjerger*, terrains primitifs sur Bornholm forment une chaîne de montagne parallèle à celles qui en Suède forment une bande de direction NNO-SSE, et similaire c'est-à-dire constituée des mêmes roches, le gneiss étant la roche dominante.

*Au sud et à l'ouest [de ce gneiss] suivent les roches plus récentes, au nord et à l'est la montagne de gneiss est directement limitée par la mer, [...].*⁹⁰

Ainsi, Forchhammer pense que les formations géologiques se présentent au Danemark comme de grandes bandes parallèles d'orientation NNO-SSE indiquant la séquence chronologique des formations, des plus anciennes au nord-est aux plus récentes au sud-ouest. Cette conception, basée sur la théorie neptunienne de dépôts continus dans un océan initial, va guider ses recherches (fig. 12).

Il nous faut ici en particulier déterminer le développement et la succession des formations, ce qui nous conduira en suivant les formations des plus anciennes aux plus jeunes dans une direction ouest, à la grande île [Sjælland] et à la terre ferme

⁸⁹ « Jeg vil søge at bestemme disse saa meget mueligt. Det vil derfor ikkun blive et Forsøg, og højst ufuldkomment, thi jeg har kun seet en Deel af Bjergene i Landet, nemlig Bornholm, Norddelen af Jylland fra Frederikshavn til Gudumlund, Gipsbjerget ved Segeberg. » FORCHHAMMER G., 1822, « Om Danmarks geognostiske Forhold », Tidsskrift for Naturvidenskaberne, vol. 1, 3, p. 371.

⁹⁰ « Imod S., og V. følge, nyere Bjergarter, mod N. og O. begrændses Gneusbjergene umiddelbar af Havet [...] ». *Ibid.*, p. 372.

du Danemark, et dans une direction ouest et sud jusqu'à Rügen et aux côtes frontières d'Allemagne qui apparaîtront bientôt.⁹¹

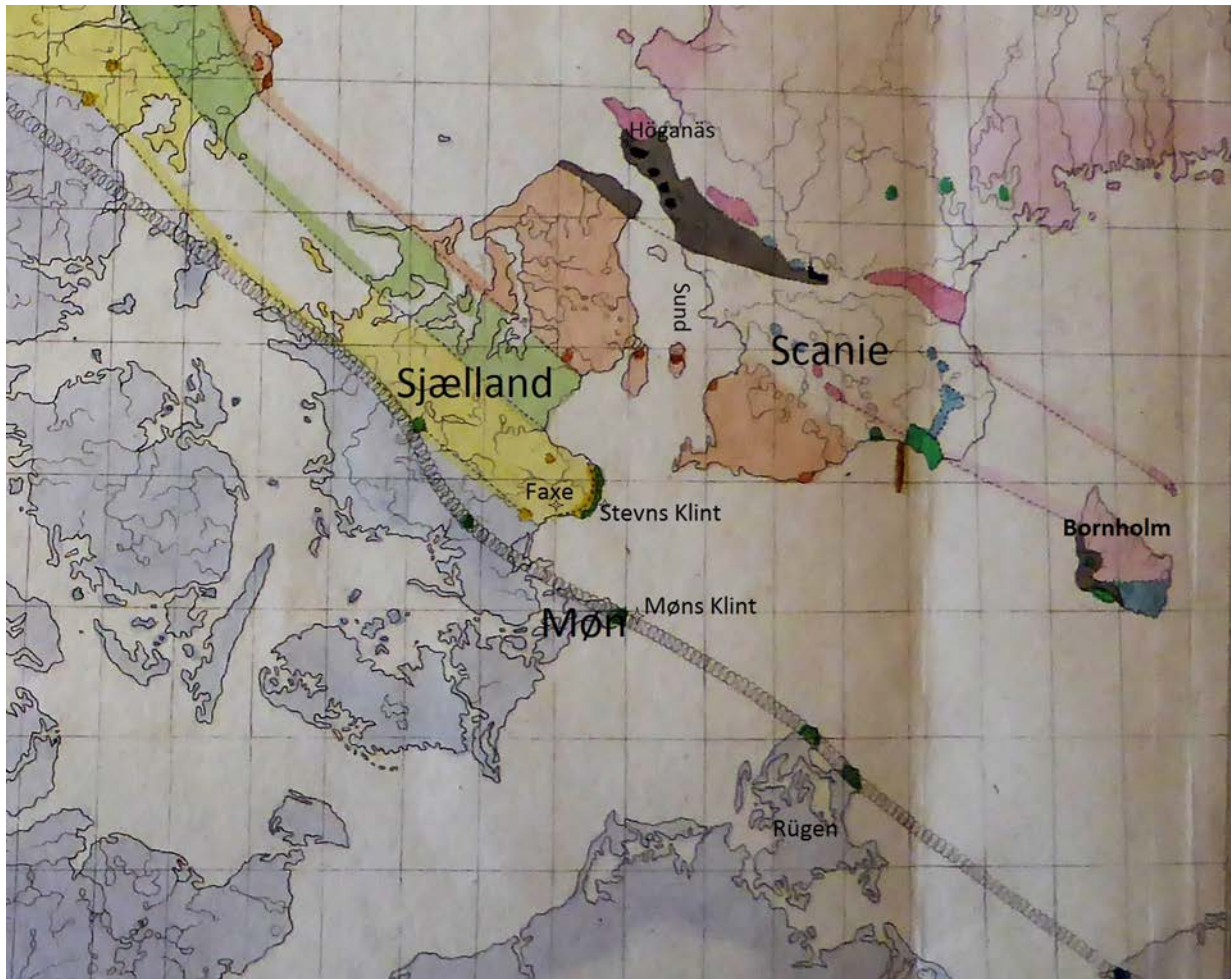


Figure 12 – Carte de la région étudiée montrant les bandes d'orientation nord-ouest - sud-est telles que Forchhammer les conçoit. Extrait de la carte réalisée par Forchhammer en 1835 montrant la localisation des différents sites considérés dans ce travail. © F. Dreyer.

(Rose : Urbjerg ou formations primitives ; gris : Bornholms Kulformation ou formation houillère de Bornholm ; orange : calcaire de Saltholm ; vert clair : skrivekridt ou craie blanche ; jaune : Liimsten et blegekridt ; bleu : Rullesteeneformation (pierres roulées et blocs erratiques).

Forchhammer trouve effectivement, le grès de la formation de transition que l'on trouve en Norvège et en Suède et qui, à Bornholm, est *partout au plus près du gneiss*, et précise qu'il « *distingue très clairement en de nombreux endroits la ligne qui sépare les deux roches et les deux périodes et la relation est telle qu'il ne peut y avoir le moindre doute que le grès est plus*

⁹¹ « [...] det er os her især om at gjøre, at bestemme Udviklingen og Dannelses-Følgen imod V., som vil lede os til de større Öer og det faste Land af Danmark, hvor vi til Rügen og Tydslands tilgrændsende Kyster, som snart vil vise sig, gaae frem fra den ældre til de yngre og yngste Dannelser i vestlig og sydlig Retning. » Ibid., p. 372.

jeune que le gneiss. Plus loin vers le sud et le sud-ouest, on trouve une roche verte, analogue du Grauwacke »⁹² et des schistes appartenant tous aux formations de transition.

De plus, il s'intéresse au pendage des couches et montre que les roches de la formation de transition « *sont presque horizontales mais on peut observer un pendage de direction S-SO.* »⁹³ Dans les faits, il observe au contact du gneiss des pendages variables mais, dans l'ensemble, le pendage principal et par conséquent le véritable, celui qu'il faut prendre en compte, lui semble être celui de direction S-SO. Puis en continuant vers le sud-ouest, il trouve la formation de charbon de Bornholm sans trouver le contact avec la formation de transition. Vu le pendage de cette dernière, elle devrait passer sous la formation de charbon qu'« *il faut [...] considérer comme plus jeune que la période de transition.* »⁹⁴ Etc...

Par conséquent, il réalise ici une étude extrêmement détaillée des différentes roches qu'il rencontre : nombreux détails minéralogiques et chimiques des roches ainsi que des fossiles qu'il trouve bien qu'ils soient très rares sur Bornholm, tout du moins dans les zones étudiées ; pendages et contacts entre les couches quand cela est possible. Enfin, il prend appui aussi largement sur ses observations en Angleterre avec laquelle il fait des analogies sur la nature des roches et leur succession.

Son étude est nécessairement parcellaire et il comble les lacunes par la simple logique de la géognosie soutenue par ce que sa théorie suppose de trouver.

Prenons l'exemple de la formation du sable vert car il la détaille avec grande précision et aussi parce que cette couche dont il fait l'analogue du sable vert⁹⁵ d'Angleterre et de France, est susceptible d'être un fort bon aquifère permettant de creuser des puits artésiens, cette couche prendra une importance considérable quelques années plus tard.

Dans un premier temps, par un raisonnement analogue à celui qu'il avait tenu pour dater le charbon, il démontre que la formation du sable vert est plus jeune que celle du charbon. Puis, il présente les différents aspects que prend cette formation (nous dirions les facies) et la rapproche par sa minéralogie et ses fossiles communs de celle d'Angleterre où elle s'étend jusqu'à la craie.

⁹² « [...], man skjelner paa mange Steder Linien, som adskiller begge Bjergarter og begge Perioder, meget tydelig, og Forholdet er saaledes, at der ikke kan blive den mindste Tvivl om, at Sandstenen et yngre end Gneusen. Videre imod S. og S.V. finder man en grøn Steenart, analog med Graavakken, [...] ». *Ibid.*, p. 373.

⁹³ « [...] ligge her næsten horizontale, alligevel kan man bemærke en herskende Faldretning imod S.S.V. » *Ibid.*, p. 373.

⁹⁴ « [...] maa man ansee den for yngre end Overgangstiden [...] ». *Ibid.*, p. 374.

⁹⁵ Le sable vert correspond à la glauconie crayeuse et au Quadersandstein, du Crétacé supérieur (Turonien) mais inférieur à la craie blanche.

Enfin, comme il n'y a que du sable vert et pas de craie à Bornholm et qu'on a déjà la craie (et pas de sable vert) à Møn et à Stevns Klint en Sjælland, le contact entre le sable vert et la craie doit se produire sous la mer qui les sépare de Bornholm.

*Si la mer n'avait pas empêché une étude plus approfondie, on aurait pu avec une grande certitude chercher le contact de ce sable vert et de la craie ; mais la mer le cache.*⁹⁶

Cependant, il précise que si on suit la direction sud-ouest, en partant de Bornholm on arrive à Rügen et la côte nord de l'Allemagne alors qu'en partant de Scanie, on arrive en Sjælland et à Møn. Par conséquent, si l'on veut être rigoureux, il faut davantage d'investigations pour étayer cette opinion et déterminer les formations présentes de part et d'autre de la mer Baltique.

La théorie de Forchhammer présente des conséquences pratiques : de l'eau pour Copenhague ; du charbon pour le Royaume. Selon la thèse de Forchhammer, la formation de sable vert qui est un bon aquifère doit se trouver sous la craie en Sjælland et notamment sous Copenhague. Comme le montre les carnets de notes de Forchhammer conservés aux Archives, des forages seront effectués dans la région quelques années plus tard dans l'espoir d'atteindre cette formation du sable vert et réaliser des puits artésiens, afin d'alimenter en eau la ville. Également, à la pointe nord du Jutland, en raison de la proximité des montagnes primitives de Norvège, on devrait pouvoir trouver des roches sinon primitives du moins des formations de transition ou des *Flötsbjerg* (comme le charbon ou la formation du sable vert) antérieures à la craie. De la même façon, « *l'idée de trouver en la cherchant, la continuité des veines de charbon se montrant près de Höganæs [en Scanie], aussi de ce côté du Sund*⁹⁷, *en Sjælland du nord était très naturelle.* »⁹⁸ Des forages ont été réalisés mais n'ont pas répondu aux attentes. Par contre a été remonté un peu de minerai de fer comme celui qui accompagne le charbon à Bornholm, et que l'on trouve aussi, d'après Hausmann, en Scanie, ce qui laisse libre cours aux espoirs et n'invalide pas la théorie.

La théorie de Forchhammer présente aussi, bien-entendu, des conséquences sur la géognosie du Danemark. Forchhammer, nous venons de le voir, pensait probable la présence de formations antérieures à la craie dans le nord du Jutland. Cependant, les opinions étaient contradictoires à

⁹⁶ « *Hvis Havet ikke forhindrede videre Undersøgelse, vilde man med en stor Sikkerhed kunne opsøge Forbindelsen af det grønne Sand og Kridtet ; men Havet hindrer det.* » FORCHHAMMER G., 1822, *op. cit.*, p. 376.

⁹⁷ Le Sund ou Øresund est le détroit entre le Danemark et la Suède, qui permet le passage de la mer Baltique à la mer du Nord. Sa largeur minimale est de 4 km.

⁹⁸ « [...] *den Tanke at opsøge Fortsættelsen af de ved Höganæs forekommende Kulflötser, ogsaa paa denne Side af Sundet i det nordlige Sjælland, var meget naturlig.* » FORCHHAMMER G., 1822, *op. cit.*, p. 377.

ce sujet. Steffens pensait qu'il y avait du Muschelkalk tandis que Bredsdorff qui a exploré le nord Jutland à l'été 1820 conclut son mémoire ainsi :

De ce que je voyais dans ce voyage, aussi bien que ce qui m'est par ailleurs connu, je pense que l'on pourrait envisager comme résultat, que l'on ne peut pas s'attendre à trouver dans le Jylland du Nord du Muschelkalk ou l'une des formations qui sont plus âgées que la craie.⁹⁹

Forchhammer aboutit aux mêmes conclusions mais ne considère pas la question réglée pour autant. Il laisse penser qu'il est possible qu'on puisse en trouver. Par contre, ce qu'il a trouvé en de nombreux endroits et en grande quantité dans la région de Vendsyssel est une argile bleu-gris qui est *probablement plus ancienne que la craie*. Pourtant, quelques lignes plus loin, il avance ceci : *À première vue, on serait enclin à considérer ces puissantes couches d'argile ou de marnes comme appartenant à « det opskyllede Land »¹⁰⁰ et donc comme étant beaucoup plus jeunes que la craie*. Pour lui, cette contradiction n'est qu'apparente car cette argile bleue ne peut pas appartenir à « det opskyllede Land » pour plusieurs raisons : l'épaisseur, l'homogénéité, la présence de sources salées et sa ressemblance en de nombreux endroits avec le Muschelkalk d'Angleterre. C'est donc une formation particulière qu'il reste à corréliser et dont il faut chercher les relations avec les autres formations et ses analogues, comme celle d'Angleterre. Un autre argument important est que la craie dans cette région a un « [...] *pendage sud-sud-est, de sorte que nous avons à chercher sa base, la formation plus ancienne, vers le nord où nous trouvons la couche d'argile à Vendsyssel [...]. Tout s'accorde pour considérer l'argile bleu-gris du Jylland comme étant la même formation que celle d'Angleterre* »¹⁰¹, c'est-à-dire du Muschelkalk.

⁹⁹ « Af det, jeg paa denne Rejse saae, saavel som hvad der ellers er bleven mig bekendt, troer jeg at kunne ansee som Resultat, at man ikke kan vente i Nørrejylland at finde Muskelkalk eller nogen af de Formationer, som ere ældre end Krideformationen. » BREDSDORFF, J.H., 1822, « Geognostiske Bemærkninger paa en Rejse i Jylland i Juli og August 1820 », Tidsskrift for Naturvidenskaberne, vol. 1, 1, p. 107.

¹⁰⁰ « Ved første Öjekast vilde man være tilbøjelig til at ansee disse mægtige Leer- eller Mergel-Lag for at høre til det opskyllede Land [...] » FORCHHAMMER G., 1822, *op. cit.*, p. 379-380.

« det opskyllede Land » signifie littéralement « terre, sol lessivé ». Cette formation de surface est composée non seulement d'argile, mais aussi de blocs et galets de roches d'origine diverse (roches scandinaves ou fragments de craie comme l'avait montré Steffens). Elle correspond à la formation que Pingel appellera en 1827 le *diluvium*, (in PINGEL C., 1828), formation attribuée alors à un grand flot, un déluge. Hausmann avait montré lors de son voyage en Scandinavie en 1806-1807 que ce flot venait du nord-est. Dans les années 1820, cet « opskyllede Land » qui recouvre la quasi-totalité du Danemark et masque les formations antérieures, pose la question de l'origine et de la formation de ces masses parfois importantes et surtout très perturbées. Il n'a été montré que quelques décennies plus tard qu'il résulte du retrait de l'inlandsis.

¹⁰¹ « [...] *falde imod S.S.O., saa at vi have at opsøge dets Basis, den ældre Dannelse, imod Nord, hvor vi træffe paa Leerlagene i Vendsyssel [...]. Alt stemmer for at ansee det blaaagraae Leer i Jylland for at være samme Dannelse som det i England.* » FORCHHAMMER G., 1822, *op. cit.*, p. 380-381.

Ainsi à partir du pendage S-SE de la craie et de la position géographique de l'argile bleue, au nord de la craie, ainsi que de l'analogie avec le Muschelkalk d'Angleterre, il suppose que l'argile bleue est plus ancienne que la craie.

Suit un long argumentaire sur la corrélation entre les sources salées et le gypse dans le Holstein comme l'a montré Steffens et donc la possibilité de trouver du gypse facile à exploiter dans le Jutland. Il termine son mémoire, en réaffirmant l'ancienneté de l'argile bleue : « *Avec ces montagnes se terminent au Danemark, pour autant que je sache, toutes les formations précédant la craie. (À suivre).* »¹⁰²

Ainsi, une formation qui appartient « à première vue » à *det opskyllede Land* donc au *Diluvium*, devient après une analogie et un raisonnement logique en rapport avec sa théorie, une couche plus ancienne que la craie. En absence d'argument décisif, ses conclusions reposent sur des spéculations. Vu la brièveté de son périple, il n'a pas eu l'occasion d'observer un éventuel contact stratigraphique entre la craie et l'argile bleue et n'a pas trouvé de fossiles indicateurs. Mais il est évident aussi qu'il est ouvert aux arguments qui confirmeraient ou infirmeraient sa thèse. Ses spéculations vont déclencher des réactions immédiates et pousser d'autres à aller sur le terrain compléter ses observations et valider ou invalider ses conclusions.

Les réactions critiques

Dès l'été suivant, en juillet et août 1823, Bredsdorff retourne dans le nord du Jutland et publie ses observations dans le même journal, *Det Tidsskrift*, en 1824. Son étude détaillée ne lui permet pas de donner un âge formel pour l'argile bleue de Vendsyssel ni son lien avec les autres formations mais il n'est pas convaincu par l'hypothèse de Forchhammer. Il écrit :

*Je ne présenterai pas ici certaines objections que j'ai faites à l'hypothèse du Dr Forchhammer, et lui ai écrites pour l'en informer, car je soupçonne que dans la suite de son traité sur les relations géognostiques du Danemark il les prendra en considération, et j'estime plus approprié qu'elles soient lues en relation avec les commentaires qu'elles doivent entraîner.*¹⁰³

¹⁰² « *Med disse Bjerge sluttes i Danmark, saavidt jeg veed, alle Dannelser foran Kridtet. (Fortsættes).* » *Ibid.*, p. 389.

¹⁰³ « *Nogle Indvendinger, som jeg har gjort imod Dr. Forchhammers Hypothese, og skriftlig meddelt ham, vil jeg ikke her fremsætte, da jeg formoder, at han i Fortsættelsen af sin Afhandling om Dannemarks geognostiske Forhold vil tage Hensyn paa dem, og jeg anseer det for meest passende, at de læses i Forbindelse med de Bemærkninger, som de maatte forandelige.* » BREDSDORFF, J.H., 1824b, « *Geognostiske og mineralogiske Iagttagelser paa en Rejse i Nørre-Jylland i Juli og August 1823* », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 3, 9, p. 268.

D'autre part, a été trouvée dans l'argile bleue près d'Odden une coquille dont Bredsdorff n'a pas pu obtenir d'échantillon, malheureusement car « *leur étude exacte sera l'un des meilleurs moyens de déterminer l'âge de cette argile.* »¹⁰⁴ Nous sommes en 1824 et Bredsdorff affirme ici ce qui était déjà bien connu mais qui n'est pas encore admis par tous, loin s'en faut, à savoir que les fossiles sont des marqueurs essentiels pour donner l'âge relatif des couches. Les résistances étaient telles que ce débat restera vif pendant encore de longues années. Deux ans plus tard, Hr. Jantzen, pasteur de Horne et Asdal, envoie à Bredsdorff un exemplaire du coquillage dans de l'argile bleue, échantillon que Bredsdorff envoie à l'examen du Prof. Reinhardt et du Dr. Beck. Tous deux attribuent ce coquillage à l'espèce *Saxicava rugosa Lamarck* c'est-à-dire *Mytilus Pholadis Zoolog. Dan.*, espèce qui vit encore actuellement en mer du Nord. Ainsi l'argile bleue est un dépôt marin récent, et de ce fait plus jeune que la craie¹⁰⁵.

Ceci sera confirmé par le géologue danois Christian Pingel (1793-1852) lorsqu'il ira dans le Jutland, en 1827, pour étudier ce qu'il appelle le *Diluviet (Diluvium)* particulièrement épais dans le nord. Par l'observation de la côte ouest du Jutland, il confirme les conclusions de Bredsdorff et montre que cette argile bleue fait partie du *Diluvium*. D'autre part, il souligne :

[...] *il y a quelques années, elle [l'argile bleue] a été remarquée sur la côte est de Vendsyssel, [...]. Après quelques observations dans la région de Frederikshavn et Sæby, on a estimé qu'elle était d'un temps encore plus ancien que la craie. Cette erreur n'aurait sûrement pas eu lieu si on avait prolongé la première étude jusqu'à la côte ouest si instructive du point de vue géognostique.*¹⁰⁶

Cette allusion à peine voilée aux travaux de Forchhammer est assez injuste et reflète quelque animosité plutôt qu'un constat scientifique sur un point déjà fortement suggéré par Bredsdorff. Certes, Forchhammer n'était pas allé sur la côte ouest de Vendsyssel mais il n'en avait pas eu le temps. La science avance pas à pas et Forchhammer avait fait le premier pas en décrivant très précisément l'argile bleue et en en proposant un âge par analogie avec l'Angleterre. Il avait ainsi attiré l'attention des autres géologues sur ces terrains. Bredsdorff fit le deuxième en y découvrant un fossile d'une espèce encore vivante permettant d'affirmer que cette argile bleue

¹⁰⁴ « *Deres nøjagtige Undersøgelse vil være eet af de bedste Midler til at afgjøre dette Leers Alder.* » *Ibid.*, p. 261.

¹⁰⁵ BREDSDORFF, J.H., 1826, « *Blaaleret ved Odden* », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 4, 12, p. 378.

¹⁰⁶ « [...] *det for nogle Aar siden iagttoges paa østkysten af Vendsyssel [...] Efter nogle enkelte Iagttagelser i Omegnen af Fredrikshavn og Sæbye ansaae man det en Tidlang endog for ældre end Kridtet. Dette Misgeb vilde sikkerligen ikke have fundet Sted, hvis man havde udvidet den første Undersøgelse til den i geognostisk Henseende langt instructivere Vestkyst.* » PINGEL C., 1828, « *Om Diluviet og Alluviet i det nordlige Jylland* », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 5, 14, p. 125.

était postérieure à la craie¹⁰⁷ et Pingel fit le troisième en l'attribuant au *Diluvium*, six ans après sa première description. Chacun avait apporté sa pierre à l'édifice.

En réalité, depuis 1820, lorsqu'il se rend sur le terrain, Forchhammer a une idée assez précise de ce qu'il cherche : la vérification de sa théorie « wernérienne ». Les lieux sont donc choisis avec soin et on peut remarquer qu'il sillonne la côte nord et est du Jutland et de Sjælland, et la côte ouest de Bornholm et de la Scanie. Il cherche à faire la jonction entre les deux, à comprendre ce que cache la mer, les formations et leurs contacts entre le grès et la craie.

Ses écrits montrent une recherche très méthodique. L'idée force de sa méthode est la description minutieuse des couches et de leurs contacts. Ainsi sur place, chaque couche fait l'objet d'une étude approfondie des caractéristiques lithologiques, minéralogiques et chimiques. Ses descriptions sont éloquentes à ce sujet¹⁰⁸. Les fossiles, nous le verrons, ne sont pas oubliés. Il détermine les positions des affleurements, cherchant la continuité de la couche étudiée - l'argile bleue dans le nord Jutland et le sable vert à Bornholm - et note le pendage, ce qui n'est pas si commun à l'époque. Ces éléments lui permettent d'avoir une représentation tridimensionnelle de chacune d'entre elles. Il allie la finesse de son observation à la rigueur et la finesse de ses descriptions. Elles sont suffisamment précises et fiables pour que Bredsdorff et Pingel retrouvent aisément ces couches sur le terrain.

Après les observations vient l'interprétation. Par des analogies avec les formations déjà connues, il analyse ses observations à la lumière et à l'appui de sa théorie. Cependant, son modèle suppose une sédimentation continue et n'envisage aucune déformation, aucun dérangement des couches ou de fracture qui pourraient modifier ses prévisions; en tout cas il n'en évoque pas.

Ce sont alors ses interprétations plutôt hâtives, réalisées à partir de sa théorie mais avant d'avoir exploré l'ensemble, qui ont prêté le flanc aux critiques. Dans le même temps, elles ont (et vont) déclenché les réactions des autres géologues qui ne manqueront pas d'aller sur le terrain pour les vérifier. Dans ce contexte, Forchhammer apparaît avant tout comme un homme de terrain, infatigable, certainement mû par la curiosité scientifique, mais aussi pressé, hâtif, qui n'hésite pas à publier (trop) rapidement ses observations et surtout les conclusions qu'il en tire.

L'image « colle » à Forchhammer. Il en est conscient. Dans ce premier mémoire de 1822, il souligne que ces premières recherches ne sont qu'une ébauche d'une étude qui devra couvrir

¹⁰⁷ La craie et les couches inférieures ne contiennent aucune espèce encore vivante.

¹⁰⁸ FORCHHAMMER G., 1822, *op. cit.*.

l'ensemble du Royaume afin de mieux comprendre la géognosie du Danemark, qu'elles ne sont pas encore suffisamment avancées pour être affirmatif sur ses conclusions et qu'elles sont donc « à suivre », expression avec laquelle il termine son mémoire.

À dire vrai, au moment de la publication de ce mémoire, seule la géologie de Bornholm a été jusqu'ici réellement étudiée. Le reste du Danemark demeure mal connu notamment parce qu'il est, pour l'essentiel, recouvert par *det opskyllet Lag* et les *Rullestene* (*Geschiebe* ou blocs erratiques) qui caractérisent le *Diluvium*. L'objectif scientifique de Forchhammer est de poursuivre ses explorations dans le Danemark pour lever la première carte géognostique du pays et valider - ou non - sa théorie. C'est la naissance d'une géologie moderne au Danemark.

2) Chercher la continuité de la série chronologique entre le Danemark et la Scanie

Dès l'été 1822, dans la même optique et avec les mêmes méthodes, il reprend ses recherches en Scanie qui est si proche de Vendsyssel, pour déterminer si les formations de Scanie identiques à celles de Bornholm sont dans les mêmes relations géognostiques, ceci dans l'espoir de corroborer ses hypothèses concernant Vendsyssel. Il y retrouve le professeur Sven Nilsson (1787-1883) naturaliste, paléontologue et archéologue de Lund qui l'accompagne dans ses recherches (fig. 5).

Au cours des années 1822 à 1824, ses investigations se concentrent de part et d'autre de l'Øresund pour comprendre les relations géognostiques entre les formations suédoises et les formations danoises. Après la Scanie, il explore plusieurs régions du Danemark, notamment les formations de la craie du Danemark, celles de Sjælland et de l'île de Møn, répondant par-là à l'intérêt du Prince Christian Frederik¹⁰⁹. Fêré de géognosie et de paléontologie, celui-ci avait compris lors d'un voyage à l'étranger l'importance accordée à ces formations et souhaitait qu'une telle étude soit entreprise au Danemark. L'accent devait être mis sur les relations paléontologiques, raison pour laquelle il avait attaché Beck à sa collection particulière. Selon plusieurs historiens¹¹⁰, il n'y eut malheureusement pas de coopération entre celui-ci et Forchhammer, alors que Forchhammer aurait pu tirer beaucoup de l'expérience de Beck en ce domaine. Cette remarque tout à fait envisageable à la fin des années 1820 et pour les années 1830, ne nous semble pas pouvoir être retenue pour les premières années 1820, c'est-à-dire lors

¹⁰⁹ Sa Majesté le Prince Christian Frederik de Danemark (1786-1848), couronné en 1839 sous le nom de Christian VIII.

¹¹⁰ GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p. 228 et GRAVESEN P., 2001, *op. cit.*, p. 12.

des premières études de Forchhammer sur le terrain à Stevns Klint, Faxe et Møn, entre 1822 et 1824. Beck était alors tout juste diplômé de zoologie et commençait à peine à s'intéresser à la malacologie.

Les terrains tertiaires décrits par Forchhammer en 1825 : Stevns Klint, Faxe et Møn

C'est donc sur les sites de Faxe et Stevns Klint en Sjælland au sud de Copenhague et sur l'île de Møn au Danemark que Forchhammer a fait des observations pour le moins surprenantes. Nous nous intéresserons plus particulièrement aux formations de la falaise de Stevns où le calcaire « danien » repose sur la craie, et au calcaire de la carrière de Faxe, tous deux au cœur du problème, mais nous ne pourrions passer sous silence la craie de Møn. En effet, au cours de son étude, Forchhammer observe des relations géognostiques qui l'amènent à affirmer que les *grandes quantités de galets* répandues au Danemark, les falaises de Stevns et Møn, et le calcaire de Faxe appartiennent à la formation tertiaire¹¹¹ alors qu'il avait été admis que la formation de galets était récente et que les falaises de Stevns et Møn appartenaient à la formation crétacée.

Ces conclusions, qu'il communique début 1824, sont si contradictoires avec les faits établis jusque-là qu'elles sont rejetées par les géologues qui l'incitent à en retarder la communication 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. Observations et conclusions seront présentées à l'Académie royale des Sciences au début de l'année 1825 et publiées dans un mémoire *Om de geognostiske Forhold i en Deel af Sjælland og Naboeøerne*, « Sur les relations géognostiques dans une partie de Sjælland et des îles environnantes », dans un tiré-à-part de *Det kongelige danske Videnskabers Selskabs Skrifter* de 1825 et dans les Mémoires de l'Académie royale des Sciences de 1826¹¹². Dans ce mémoire, il décrit la falaise de Stevns qui montre au-dessus de la craie des couches calcaires certes très différentes de la craie mais pas vraiment en discordance et plutôt considérées à l'époque comme crétacées. Cependant, Forchhammer remarque entre la craie et ce calcaire, un calcaire différent et peu épais qu'il retrouve à Faxe plus développé, et qu'il attribue au Tertiaire (fig. 13 et 14). Ceci pose évidemment un problème important. Comment un terrain supposé tertiaire pourrait-il être placé entre deux terrains supposés crétacés ? Quels sont les arguments qui autorisent Forchhammer à considérer le

¹¹¹ « *tertiære Sammdanning* » dans le texte, in FORCHHAMMER G., 1826, « Om de geognostiske Forhold i en Deel af Sjælland og Naboeøerne », *Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Natur. og Math.*, II. Deel, p.247-248.

¹¹² FORCHHAMMER G., 1826, « Om de geognostiske Forhold i en Deel af Sjælland og Naboeøerne », *Det Kongelige Danske Videnskaberne Selskabs Naturvidenskabelige og Mathematisk Afhandlinger*, II. Deel, p. 245-280, 4 pl. (et aussi tiré-à-part, *Særskilt Aftryk af det kongelige danske Videnskabers Selskabs Skrifter*, 36 p, 4 pl. colorées, 1825).

calcaire de Faxø comme étant tertiaire, d'une part, et le calcaire qui le recouvre est-il crétacé ou tertiaire, d'autre part ?

Le calcaire de Faxø assimilé au calcaire grossier

Forchhammer décrit successivement les sites de Stevns Klint, Faxø et Møn dans son mémoire.

Stevns Klint, site majeur

- La description de la falaise par Forchhammer en 1825

Pour chacune des formations qu'il observe à Stevns Klint (fig. 14), Forchhammer fait une description extrêmement précise et complète, à la fois des caractères purement lithologiques (minéralogiques et chimiques), stratigraphiques avec les bancs de silex notamment et paléontologiques avec les fossiles qu'il y a découverts. Un caractère qui lui paraît essentiel, est la disposition ou stratification très particulière des bancs de silex sur laquelle il s'attarde longuement et qui lui semble être caractéristique des couches qui les contiennent. Outre le fait qu'elle donne son aspect très original à la falaise de Stevns, la stratification des lits de silex (rectiligne dans la craie à la base de la falaise ou ellipsoïde¹¹³ dans la partie supérieure) semble à Forchhammer un bon indicateur stratigraphique pour retrouver les couches de même âge en différents endroits (sites de Stevns Klint, Faxø, etc.).

Après une longue description de la falaise de Stevns Klint, il conclut ainsi :

« *Nous avons à Stevnsklint cinq couches¹¹⁴ très différentes, caractérisées par leur composition, leurs relations stratigraphiques¹¹⁵ et leurs fossiles.* »¹¹⁶ Forchhammer résume ainsi ces 5 couches :

- 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 couche.*

Fossiles : en particulier des Alcyonia. De la pyrite ici et là.

¹¹³ Lyell les décrira en 1835 comme des stratifications entrecroisées, notion qui n'existait pas encore en 1824 et qui pose à Forchhammer et aux autres géologues des difficultés d'interprétation.

¹¹⁴ Dans son mémoire, Forchhammer utilise de façon répétée le terme *Lag*, c'est-à-dire « couche » aussi bien pour les lits de silex que les formations calcaires plus épaisses. Nous avons conservé cette uniformité dans la traduction.

¹¹⁵ Forchhammer emploie ici le terme *Schichtning* dérivé du terme d'origine allemande *Schicht* qui a selon Ellenberger (1994, p. 50) une forte connotation de *répartition ordonnée*, le plus souvent dans le temps, et que nous avons traduit ici par stratigraphique.

¹¹⁶ « *Vi have da paa Stevnsklint 5 meget forskjellige Lag, characterserede ved deres Sammensætning, deres Schichtningsforhold, og deres Forsteniger.* » In FORCHHAMMER G., 1826, op. cit., p.260.

- 2) *Couche d'argile caractérisée par de l'argile avec des particules vertes, de la pyrite et du charbon. Fossiles, Zoophytes¹¹⁷, dents de requin.*
- 3) *Calcaire à Cérithes – Ceritkalksteen -, caractérisé par un calcaire plus dur avec des poussières vertes.*
Fossiles de Cerithium, Trochus, Arca, Turbinolia &ct. Contient très souvent de la pyrite.
- 4) *Calcaire corallien¹¹⁸, 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, Cranioæ.
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.¹¹⁹*

Les figures citées (fig. 14) indiquent la géométrie des bancs de silex et par une coloration très délicate au pastel, la position relative non pas des cinq couches mais de la craie, du calcaire à Cérithes et du calcaire corallien.

Il est à noter que Forchhammer représente le calcaire à Cérithes par une bande gris clair, ondulée mais d'épaisseur régulière et jamais manquante. Bien qu'il indique que la fine couche d'argile semble à plusieurs endroits manquer totalement, il *ne croit guère que* le calcaire à Cérithes manque complètement en quelque lieu. D'ailleurs il remarque que la pierre est différente selon les lieux, tantôt c'est un calcaire massif, dur et jaune gris qui ressemble à la craie et tantôt il se rapproche du calcaire corallien.¹²⁰

¹¹⁷ Animaux (corail, éponge, méduse) qui, par leur aspect et leur développement, ressemblent à une plante.

¹¹⁸ Ce calcaire corallien - Coralitkalksteen - correspond à ce que l'on appelle aujourd'hui le calcaire à Bryozoaires ou Bryozokalken, dans la mesure où le terme de calcaire corallien pourrait aussi être donné au calcaire à Cérithes et au calcaire de Faxé, et où ce que Forchhammer considérait comme des fragments de coraux contient aussi une multitude de fragments de bryozoaires.

¹¹⁹ FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p.260-261. (Annexe 5).

¹²⁰ Il semble peu probable que la falaise (fig. 13), malgré les éboulements, ait considérablement changé. Or une observation précise montre que le calcaire à Cérithes souligné par la fine couche d'argile remplit des cuvettes à la surface de la craie et que ces cuvettes sont séparées par de la craie comme le montrent la photo (fig. 13).



Figure 13 – La falaise de Stevns aujourd’hui : le calcaire corallien avec ses stratifications « ellipsoïdes » surplombe la craie ; entre les deux des cuvettes de calcaire à Cérithes soulignées par un lit d’argile noire (détail ci-dessous).
© F. Dreyer.



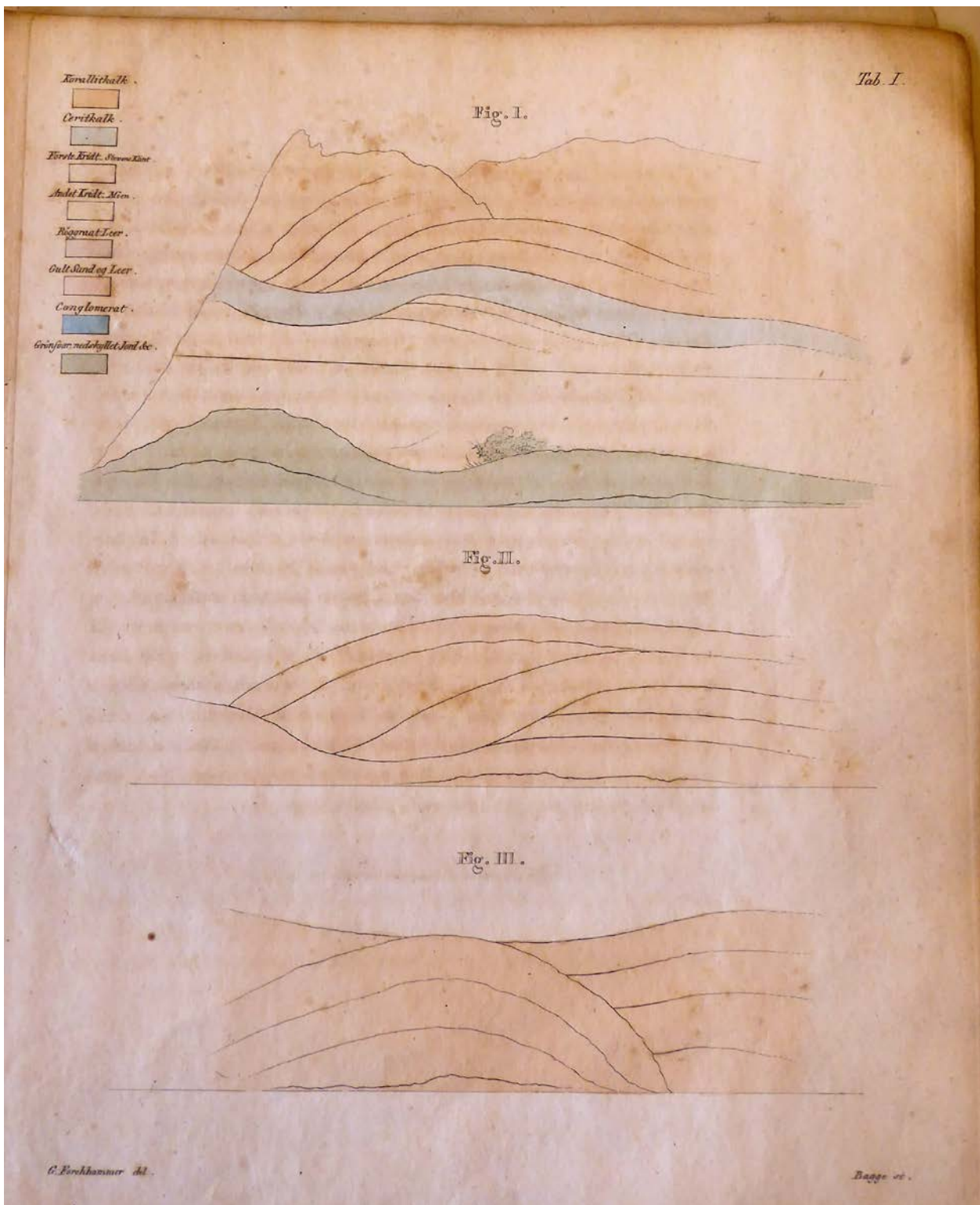


Figure 14 – La falaise de Stevns Klint (Fig. I) et les stratifications ellipsoïdes (Fig. II et III) représentées par Forchhammer in FORCHHAMMER G., 1825.

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

- Le contenu paléontologique des couches

Soixante-cinq ans après Søren Abildgaard, Forchhammer réalise une étude plus exhaustive non seulement des caractéristiques physiques et chimiques mais aussi des fossiles, pour chacune des cinq couches qu'il a décrites.

Ainsi, pour Forchhammer, la craie de Stevens Klint a les mêmes caractéristiques que les formations de la craie des autres pays : silex gris fumé à cassure conchoïdale et en nodules, et fossiles comme les *Alcyonia*. « *Il n'y a aucune raison de penser que la craie à Stevnsklint est différente de celle des autres pays.* »¹²¹ 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 contenant jamais de craie, n'en fait donc pas partie. Les mêmes arguments sont valables pour le calcaire à Cérithes, mais, surtout, ce calcaire présente une caractéristique très importante, la présence de fossiles complètement différents de ceux de la craie, des « *fossiles considérés comme caractérisant l'époque tertiaire [...]* »¹²². La plupart des fossiles sont des Univalves dont des cérithes¹²³. Le genre *Cerithium* étant particulièrement caractéristique de ce banc calcaire, il nomme celui-ci *calcaire à Cérithes* (Ceritkalksteen).

- L'interprétation de Forchhammer

L'ensemble de ses observations le conduit à un rapprochement de ce *calcaire à Cérithes* avec le calcaire grossier, d'une part, et de la couche d'argile avec l'argile plastique des environs de Paris, d'autre part:

*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 ceci 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.*¹²⁴

¹²¹ « *Alt tilsammentaget er der ikke en eneste Grund til at antage Kridtet i Stevnsklint som forskjellig fra det i andre Lande.* » FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p. 261.

¹²² « *Forsteninger der betragtes som karakteriserende for den tertiaire Tid [...]* ». *Ibid.*, p. 263.

¹²³ Il y a trouvé : un Trochus. Trochus niloticæformis Slotheim ; deux Cerithier ; une Ampullaria (?), une Cyprea ; un Buccinum ; une Patella ; une Arca ; un Mytilus ; un Pecten ; une Turbinolia ; un Dentalium ; un Echinit. *In Ibid.*, p. 254. (Liste en annexe 6).

¹²⁴ « *Ved disse Forsteninger og ved Stenens Leiring ovenpa Kridtet, ved en Mængde grønne Partikler, den indeholder, karakteriseres 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.

Ainsi il compare le *calcaire à Cérithes* au *calcaire grossier* du bassin de Paris (Annexe 6) 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 leur lithologie et leur contenu paléontologique. Lorsqu'il écrit son mémoire, Forchhammer a à sa disposition la *Description géologique des environs de Paris* éditée en 1822 par Cuvier et Brongniart qu'il cite en référence pour la détermination d'un fossile de Faxé¹²⁵. Comme nous l'avons vu dans le contexte géologique, Cuvier et Brongniart, en 1822, n'ont observé, au-dessus de la craie, que l'argile plastique surmontée du calcaire grossier et ils considèrent, de ce fait, que ces deux formations caractérisent le début du *terrain de sédiment supérieur*, aussi nommé *terrain tertiaire*. Notons que là où Cuvier et Brongniart utilisent l'expression *terrain tertiaire*, expression descriptive, Forchhammer utilise une expression temporelle *tertiaire Tid*, (*Tid* = temps, époque, période) ce qui suppose une histoire, une succession des fossiles dans le temps. D'autre part, toujours d'après Cuvier et Brongniart, les terrains de *sédiment moyen* ne contiennent aucun univalve hormis une espèce de *Trochus*¹²⁶. Les cérithes sont, à l'époque, inconnus dans les terrains secondaires. La position stratigraphique, juste au-dessus de la craie, la présence de nombreux univalves dont les cérithes ainsi que des caractères lithologiques comme la présence de grains verts, ont conduit assez logiquement Forchhammer à le comparer au *calcaire grossier* du bassin de Paris. La fine couche d'argile sous le calcaire à Cérithes, particularité de Stevns Klint a certainement joué un rôle important. En effet, cette couche d'argile n'est pas présente à Maastricht ni en aucun autre endroit où l'on observe des couches au-dessus de la craie qui ne correspondent pas au calcaire grossier. D'autre part, Forchhammer a devant lui un problème de taille : un ensemble d'espèces fossiles non décrites dans la craie mais aussi non décrites dans les terrains tertiaires connus jusque-là. Inconnues, non décrites, non nommées, il ne peut, à ce moment-là, qu'en donner les genres, genres qui correspondent davantage à ceux que l'on trouve dans les terrains tertiaires qu'à ceux que l'on trouve dans la craie.

- Un calcaire bien embarrassant

De plus, en détaillant le calcaire corallien qui surmonte le calcaire à Cérithes, Forchhammer se trouve confronté à un autre problème tout aussi important. Si le calcaire corallien a bien une lithologie comparable au calcaire grossier (présence de silex corné), son contenu

¹²⁵ *Ibid.*, p.268.

¹²⁶ Liste en Annexe 7.

paléontologique¹²⁷ le rapprocherait davantage de la craie (Annexe 7). Il note, en effet, parmi les très nombreux fragments de fossiles, la présence de fossiles « *tout à fait entiers et bien conservés* »¹²⁸ caractéristiques de la craie notamment des *Ananchytes ovata*, des *Ostrea vesicularis* et *Belemnites mucronatus*. Il insiste bien sur l'état de conservation des fossiles suggérant par là qu'ils ont bien vécu à l'époque des dépôts et sont donc bien à leur place dans des dépôts tertiaires. Il évoque des cas similaires et cite à ce propos, le « *Mémoire sur les terrains de sédiment supérieurs calcaireo trappeus du Vicentin* pag. 10 de Brogniart¹²⁹ »¹³⁰. Ce dernier a trouvé dans le calcaire grossier du nord de l'Italie une *Gryphea columba*, fossile de la craie. Aussi Forchhammer s'autorise à dire, comme Brogniart, « *ce fait est embarrassant* [sic], *mais il est assez bien constaté.* »¹³¹ Pourtant, Brogniart est beaucoup plus prudent que Forchhammer dans ses observations. En effet, il n'a trouvé, jusque-là, qu'un seul exemplaire de cette *Gryphea*, et bien qu'elle soit parfaitement conservée et donc qu'elle semble être à sa place, il insiste sur la nécessité d'autres découvertes :

*Ce fait est embarrassant : quoique isolé, il est bien constaté ; car j'ai détaché moi-même cette Gryphée de la couche calcaire dans laquelle elle était engagée ; elle ne paraissait pas y avoir été enveloppée à l'état de fossile. [...] Ce fait encore isolé ne peut donc infirmer les généralités qui résultent des autres observations beaucoup plus nombreuses et s'accordant toutes ensemble.*¹³²

Forchhammer ne prend pas autant de précautions dans la mesure où se trouvent dans le calcaire corallien les trois espèces citées, en quantité non négligeable, et qui ne sont connues jusqu'ici que dans les terrains de sédiments moyens, c'est-à-dire jamais dans les terrains tertiaires. Forchhammer semble effectivement bien embarrassé et cherche à expliquer la présence de ces fossiles : il 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. Il propose aussi l'hypothèse que :

¹²⁷ Il a trouvé les fossiles suivants : « *Ananchytes ovata ; Spatangus (Prof. Brogniart [sic] le considère comme nouveau) ; Belemnites mucronatus ; Ostrea vesicularis ; 2 Terebratulæ ; Crania ; Pentacrinus fragments* ». In FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p.257.

¹²⁸ « *men ogsaa fuldkomment vedligeholdte Forsteninger af Arter...* ». *Ibid.*, p. 263.

¹²⁹ Avec cette orthographe dans le texte de Forchhammer.

¹³⁰ FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p. 264. Il s'agit du *Mémoire sur les terrains de sédiment supérieurs calcaireo-trappéens du Vicentin...* d'Alexandre Brogniart, 1823, Paris, F. G. Levrault, p. 10.

¹³¹ En français et avec cette orthographe dans le texte.

¹³² BRONGNIART Alex., 1823, *Mémoire sur les terrains de sédiment supérieurs calcaireo-trappéens du Vicentin et sur quelques terrains d'Italie, de France, d'Allemagne, etc.*, qui peuvent se rapporter à la même époque, Paris, F.G. Levrault, p. 10 et 11.

[...] le calcaire à Cérithes de Stevnsklint est une ébauche d'un temps nouveau qui a commencé trop tôt pour pouvoir évoluer et arriver à une perfection. Mais je soutiens, qu'il [le calcaire à Cérithes] s'est développé, et avec une perfection que le calcaire corallien n'a pas atteint à Stevns, à savoir dans le calcaire de Faxøe qu'il faut examiner davantage.¹³³

Ainsi, il a mis en évidence à Stevns, juste au-dessus de la craie, deux calcaires. L'un, le calcaire inférieur ou calcaire à Cérithes, contient des fossiles dont les genres le rapprochent du calcaire grossier et marquerait le début de temps nouveaux, le temps tertiaire. L'autre, le calcaire supérieur ou calcaire corallien, contient des fossiles qui le rapprochent de la craie, mais sa position stratigraphique nettement au-dessus de la craie et sa lithologie très différente montrent qu'il est d'une époque postérieure¹³⁴.

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 Faxøe, 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 au niveau des 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 Faxøe, un calcaire contenant de nombreux débris de coraux et des univalves présente un développement particulièrement important et constitue l'essentiel du calcaire exploité dans les carrières de Faxøe. Ce calcaire qu'il compare au calcaire à Cérithes de Stevns Klint, a une telle épaisseur que l'on n'atteint ni la couche d'argile ni la craie.

Faxøe : un calcaire à Cérithes tertiaire

Sur le flanc nord-est de la colline de Faxøe, 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

¹³³ « Ceritkalkstenen paa Stevnsklindt var et Rudiment af den nyere Tid, som alt fortidlig havde begyndt, at udvikle sig for at kunne komme til nogen Fuldkommenhed. Men jeg indvender, at den har udviklet sig, og det med en Fuldkommenhed, som Corallitkalkstenen paa Stevns ikke opnaaer, nemlig i Faxøe Kalksteen, som strax skal nærmere undersøges. » In FORCHHAMMER G., 1826, op. cit., p. 265.

¹³⁴ Ibid., p. 265.

avec celles d'un calcaire constitué principalement de vestiges de coraux en bon état et entremêlés¹³⁵ (fig. 15).

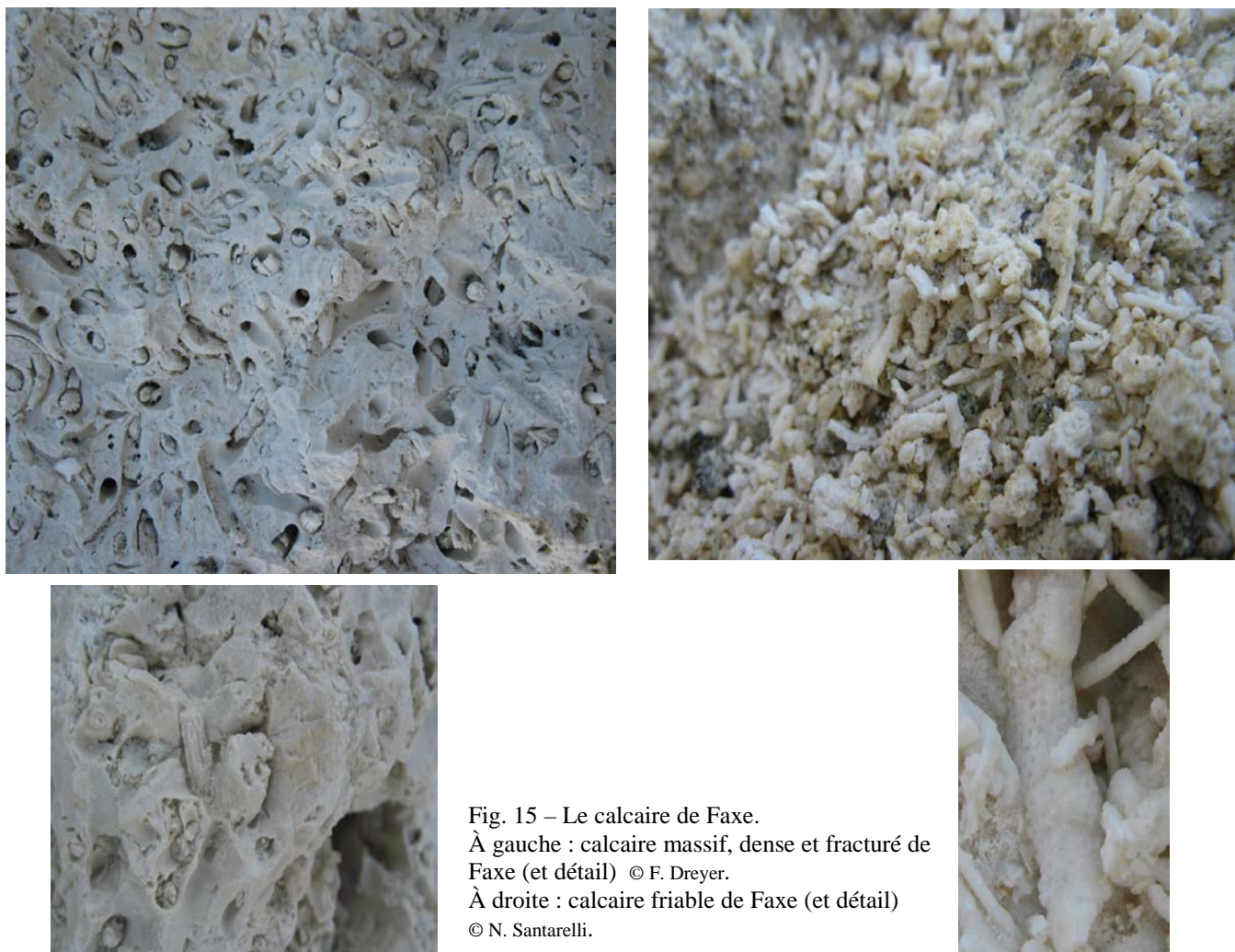


Fig. 15 – Le calcaire de Faxé.
 À gauche : calcaire massif, dense et fracturé de Faxé (et détail) © F. Dreyer.
 À droite : calcaire friable de Faxé (et détail)
 © N. Santarelli.

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 les fossiles du calcaire de Faxé¹³⁶ un petit crabe

¹³⁵ Les stratifications, plus ou moins nettes, sont très perturbées ; elles tombent avec un grand angle en direction ouest dans certaines zones et un angle faible vers l'est dans d'autres. *In Ibid.*, p. 267.

¹³⁶ « 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 uns 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 *Gryphæa*. 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*. » *In Ibid.*, p. 269. Annexe 6.

très caractéristique de ce calcaire, le *Brachiurites rugosus* Schlotheim (fig. 16) et le *Nautilus danicus* Schlotheim (fig. 17).



Figure 16 – *Brachiurites rugosus* Schlotheim ou *Dromiopsis rugosa* (20mm). Carrière de Faxé.
© N. Santarelli.

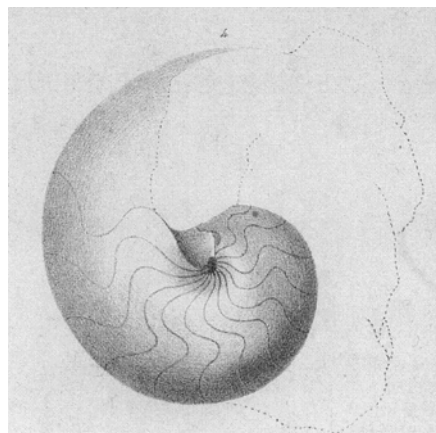


Figure 17 – *Nautilus danicus* Schlotheim
In LYELL Ch., 1837-1840, Pl. 18.

Le calcaire de Faxé possède en commun avec le calcaire à Cérithes de Stevns Klint, une *Turbinolia* conique, l'un des fossiles les plus fréquents, un *Favosites*, le *Trochus niloticiformis* Schlotheim et des dents de requins. Une couche de Faxé a exactement les mêmes caractères que le calcaire à Cérithes des falaises qui s'étendent de Rødvig à Stevns, la variété dense et fracturée. Aussi, Forchhammer estime que toutes les conditions sont réunies pour reconnaître dans le calcaire de Faxé 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. »¹³⁷ Pourtant, on notera que sur la longue liste de fossiles trouvés à Faxé, beaucoup plus longue que celle du calcaire à Cérithes de Faxé, seuls trois fossiles et des dents de requins sont communs. Ces fossiles communs n'incluent pas le fossile le plus fréquent du calcaire à Cérithes et qui le caractérise : les cérithes. Forchhammer fait ici une analogie des deux calcaires qui ne repose que sur quatre fossiles et une lithologie comparable du calcaire à Cérithes avec une forme mineure du calcaire de Faxé.

Ainsi, 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. Les citations qu'il fait de la *Description des environs de Paris* de Cuvier et Brongniart (1822) et du *Mémoire sur les terrains de sédiment supérieurs calcaireo-trappéens*

¹³⁷ « [...] jeg troer man kan ansee dette vigtige Puncts geognostiske Forhold for afgjort. » *Ibid.*, p. 269.

du Vicentin de Brongniart (1823) montrent qu'il était parfaitement au courant de ce qu'il se disait et s'écrivait en stratigraphie à cette époque et de l'utilisation des fossiles qui prenait de plus en plus d'importance pour établir les relations géognostiques des terrains de régions parfois très éloignées.

Møn, l'erreur de Forchhammer

Forchhammer décrit les falaises de Møn comme constituées d'une roche ressemblant à la craie, laissant des traces sur les doigts mais plus dure et plus blanche que celle de Stevns Klint et ne permettant pas d'écrire. Ses couches de silex sont rarement régulières mais plus souvent très perturbées et tordues faisant penser aux ellipsoïdes du calcaire corallien de Stevns Klint. Forchhammer affirme ainsi que par leurs lits de silex en ellipsoïdes et leurs nombreux fossiles communs, la craie de Møn et le calcaire corallien sont analogues et doivent appartenir à la même formation.

De plus, Forchhammer observe à Møns Klint une marne bleue associée à un sable contenant des gros blocs plus ou moins roulés de granite, gneiss, et hornblende (fragments des *Urbjerger*) qui selon les endroits reposent sous la craie, au-dessus de la craie ou sont inclus dans la craie¹³⁸. Il n'a pu les distinguer de cette même formation de marne et sable qui s'étend sur une grande partie du pays. Pour Forchhammer, cette formation et la craie de Møn ne peuvent constituer, stratigraphiquement, qu'une seule et même formation qui, avec le calcaire corallien au-dessus du calcaire à Cérithes tertiaire, ne peuvent donc appartenir qu'à une grande formation tertiaire.

Ces conclusions inattendues sont pour le moins stupéfiantes, la craie de Møn ayant jusque-là toujours été considérée comme de la craie blanche ou *Skrivekridt* (craie à écrire) et par conséquent comme appartenant à la formation crétacée. Les réactions seront immédiates.

La réception des conclusions de Forchhammer : le début d'une controverse

Comme l'a précisé Forchhammer lui-même, ses conclusions avaient provoqué au début de 1824, bien avant la publication de son mémoire, de vives protestations lorsqu'il en avait discuté avec les autres géologues danois, protestations concernant Møn et non Stevns Klint.

Les réactions au Danemark

En préambule de son mémoire, Forchhammer rappelle ces réactions :

¹³⁸ *Ibid.*, p. 276.

*La divergence entre ces résultats et ce que l'on a observé auparavant, la contradiction ainsi apparue avec plusieurs faits qui sont réputés être pleinement confirmés, ont incité des hommes dont la perspicacité et la position exigeaient mon entière estime, à me conseiller d'en différer l'annonce jusqu'à ce que j'aie à nouveau visité les sites et exploré les relations.*¹³⁹

Fait-il allusion au Prince Christian Frederik ? Selon Garboe, celui-ci, avant même la publication du mémoire de Forchhammer, aurait demandé à Pingel, Beck et Edouard Graf von Vargas Bedemar (1770-1847), conservateur de la collection de minéralogie du Prince Christian Frederik, d'aller à Møn chercher des preuves pour réfuter les allégations de Forchhammer¹⁴⁰.

Vargas Bedemar qui était déjà allé sur ces sites et avait publié ses observations en 1820¹⁴¹, ne souhaitant pas s'opposer à Forchhammer, ne donne pas suite à la demande du Prince.

Bredsdorff, quant à lui, s'était déjà rendu en Sjælland notamment à Herfølge à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest des falaises de Stevns et à moins de deux kilomètres de la mer. Paraissent en 1824 ses observations¹⁴² sur la carrière de Herfølge dans lesquelles il décrit sous la couche superficielle de graviers, une succession de trois couches de calcaire alternant avec trois lits plus ou moins continus de silex gris cendrés. Le calcaire de ces couches est irrégulier, composé de deux variétés de calcaire de nature et dureté différentes, très riche en fossiles, sans doute de nombreuses espèces mais Bredsdorff ne cite que le plus fréquent une *Terebratula*. Cependant il attend des précisions, des déterminations de fossiles, de la part du paléontologiste allemand de grand renom, le Baron Ernst Friedrich von Schlotheim (1764-1832) auquel il a envoyé des échantillons.

¹³⁹ « *Det Afvigende i disse Resultater fra det man før havde iagttaget, de Modsigelser som derved fremkom med flere Facta, der bleve ansete for fuldkommen stadfæstede, bevægede, Mænd, hvis Indsigter og Stilling fordrede min hele Agtelse, at tilraade mig, endnu at udsætte Bekjendtgjørelsen deraf indtil jeg atter havde besøgt Stederne og paa nye undersøgt Forholdene. Omstændighederne tillod det ikke förend om Efteraaret 1824, og jeg var saa heldig at finde den fuldkomneste Stadfæstelse af mine forrige Iagttagelser, saaledes at der ikke kunde blive nogen Tvivl meer for mig.* » FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p. 248.

¹⁴⁰ GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p.231.

¹⁴¹ VARGAS BEDEMAR E., Graf von, 1820, « Ueber die Kalk- und Kreide- Formazion von Faxöe, Stevns- und Möens- Klint », *Mineralogisches Taschenbuch für das Jahr 1820 von Karl Caesar Ritter von Leonhard*, Erste Abteilung, p. 40-64.

¹⁴² BREDSORFF, J.H., 1824a, « Om Kalksteenbrudet ved Herfølge », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 3, 8, p. 168-172.

Sous cet ensemble et au-dessus de la craie se trouve *une très mince couche d'une substance friable brun-noir* que Bredsdorff pense être de *l'ocre ferreux peut-être lié à quelque oxyde de manganèse*¹⁴³.

Enfin, il compare cet ensemble calcaire-silex gris au calcaire supérieur de Stevns Klint.

*Que les couches de Herfølge aient été formées en même temps et selon un processus similaire à celles de Stevns Klint ne fait probablement aucun doute mais si pendant un certain temps elles ont formé une couche uniforme qui a été interrompue par des révolutions ultérieures, ou non, nous ne pouvons le déterminer.*¹⁴⁴

Ainsi, même s'il n'ose l'affirmer, Bredsdorff pense que le calcaire de Herfølge correspond au calcaire supérieur de Stevns Klint qui aurait pu former une couche continue sur l'est de l'île de Sjælland. Il a d'autre part observé cette mince couche brun-noir d'ocre ferreux friable à Herfølge mais ne semble pas avoir observé d'équivalent à Stevns Klint. Pourtant, Forchhammer cite dans son mémoire le travail de Bredsdorff et pense que cette mince couche pourrait correspondre à la fine couche d'argile qu'il a observée à Stevns Klint. Bien qu'il se soit rendu par deux fois à Herfølge pour les comparer, il n'a pu voir ni la craie ni ce qui la recouvre immédiatement, la partie inférieure de la carrière étant comblée. Par contre, il y a vu le calcaire à Cérithes qu'il a trouvé en bas de la carrière mais sans fossiles¹⁴⁵. Forchhammer confirme donc non seulement l'analogie entre le calcaire de Herfølge avec le calcaire de Stevns Klint mais aussi la présence du calcaire à Cérithes sans pouvoir conclure, cependant, en ce qui concerne la fine couche d'argile.

Bredsdorff termine son mémoire ainsi : *« Le temps au cours duquel ces couches se sont formées, pourrait se situer après la période où la vraie craie est apparue, mais elle la suit alors probablement de très près. »*¹⁴⁶

On remarque donc que Bredsdorff n'imagine pas pour le calcaire de Herfølge un âge beaucoup plus récent que celui de la craie ; en tout cas il n'envisage pas un instant une période tertiaire.

¹⁴³ « Under dette findes et meget tyndt Lag af en sortebruun smulrig Masse, som jeg ansaae for Jernokker, maaske forbunden med noget Manganoxyd. » *Ibid.*, p. 169.

¹⁴⁴ « At Lagene ved Herfølge ere dannede paa samme Tid og ved en lignende Proces med dem i Stevns Klint, er saaledes neppe nogen Tvivl underkastet, men om de til en Tid have udgjort en sammenhængende Bedækning, som ved senere Revolutioner er bleven afbrudt, eller ikke, det kunne vi ikke afgjøre. » *Ibid.*, p. 172.

¹⁴⁵ FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p. 262.

¹⁴⁶ « Tiden, hvori disse lag have dannet sig, maa falde efter den Periode, hvori det egentlige Kridt er fremkommet, men sandsynligviis er den fulgt meget nær derpaa. » BREDSORFF, J.H., 1824a, *op. cit.*, p. 172.

À l'inverse Forchhammer, fossiles à l'appui, ce que n'avait pas encore Bredsdorff, donne un âge tertiaire au calcaire à Cérithes.

Ainsi Forchhammer a donné un éclairage nouveau sur la falaise de Stevns : il a vu le calcaire à Cérithes que personne jusque-là n'avait vu, que personne n'avait distingué du calcaire corallien ; le premier, il s'est donné aussi la peine de chercher les fossiles et, connaissant leur importance stratigraphique, de les rapporter à chacune des couches qu'il avait décrites.

La description de la falaise de Stevns ne soulève pas de réaction en tant que telle. Tous semblent convenir de sa validité. Il n'est pas question non plus de l'âge du calcaire à Cérithes, en tout cas rien dans les travaux publiés dans les années qui suivent ne l'atteste. Sa corrélation avec le calcaire de Faxø n'est pas non plus remise en cause, Vargas Bedemar les avait d'ailleurs déjà comparés dans son mémoire de 1820¹⁴⁷.

Ce qui, dans les conclusions de Forchhammer, déclenche réellement la controverse, est l'âge supposé tertiaire de la craie de Møn qui, pour l'ensemble des intervenants, ne peut être que crétacée.

C'est d'ailleurs à Møn que Beck ira en août 1825, sur la demande du Prince Christian Frederik, pour étudier les fossiles de la craie, longue liste qu'il publiera sans autres commentaires en 1828, en allemand d'abord¹⁴⁸ puis au Danemark¹⁴⁹. Cette liste de plus de cent espèces, les mieux connues et les plus importantes, dont il précise genre, espèce et souvent synonyme, montre que tous ces fossiles sont crétacés. Il ne fera l'étude des fossiles de Stevns Klint et de Faxø que bien plus tard et à partir des fossiles présents dans les collections du Prince Christian Frederik, ce qui n'a guère de sens.

Le véritable problème posé aux géologues danois, celui qui restera encore irrésolu à la fin des années 1820 est celui de l'existence de ces masses d'argile, sable et fragments de roches, incluses dans la craie de la falaise de Møn. Ces masses constituent une formation ressemblant fort à celle qui recouvre le pays et dont ils ne savent pas interpréter l'inclusion dans la craie. Aucun cadre théorique ne leur permet de fournir une explication à leurs observations.

En 1826, à la fin d'une publication sur Bornholm, Pingel confirme les observations de Forchhammer à Møn en signalant « *une couche puissante [...] d'environ 25 pieds d'argile bleue*

¹⁴⁷ VARGAS BEDEMAR E., Graf von, 1820, *op. cit.*, p. 51 et 40-41.

¹⁴⁸ BECK H.H., 1828a, Taschenbuch für die gesammte Mineralogie mit Hinsicht auf die neuesten Entdeckungen, 22ème année, vol. 2. Zeitschrift für Mineralogie von Karl Caesar Ritter von Leonhard, vol. 2, p. 580-582.

¹⁴⁹ BECK H.H., 1828b, « Forsteninger i Möens Klint », *Tidsskrift for Naturvidenskabene*, vol. 5, 15, p. 373-375.

reposant sur deux pieds de sable ; sur l'argile et sous le sable, se trouve la couche massive de craie blanche. »¹⁵⁰ Mais son interprétation est fort différente de celle de Forchhammer. Il rapproche ces couches d'argile et de sable de la craie grise plus ancienne qui se trouve à la base de la craie blanche, et fournit à l'appui, des fossiles caractéristiques de la craie grise « [...] *par exemple les ammonites qui [...] ne sont jamais trouvées dans la craie blanche.* »¹⁵¹ L'ensemble fait donc partie de la grande formation de la craie. Ainsi, Pingel réfute les assertions de Forchhammer en quelques lignes à la fin d'un mémoire ne concernant pas la région. Par contre, pas un mot sur les calcaires surplombant la craie blanche à Stevns Klint.

Dans le microcosme de la géologie danoise, le problème stratigraphique posé par Møn est au centre des débats. C'est même le seul débat. Il rend secondairement caduque l'interprétation de Forchhammer à propos de Stevns Klint et occulte la question de l'existence d'un calcaire tertiaire au-dessus de la craie blanche à Stevns Klint, âge tertiaire pourtant assez bien argumenté. Celui-ci n'est même pas discuté en tant que tel. En bref, la question est totalement ignorée.

Dans son *Aperçu sur les travaux des membres de l'Académie royale des Sciences* du 31 mai 1824 au 31 mai 1825, Ørsted fera un résumé du mémoire de Forchhammer, assez complet et fidèle de 4 pages¹⁵². Notons que les assertions de Forchhammer dans son mémoire sont suffisamment frappantes pour que des comptes rendus en soient faits dans plusieurs pays d'Europe dès la publication du tiré-à-part de 1825.

La diffusion en Europe :

À l'étranger, la première mention du mémoire de Forchhammer que nous avons trouvée est un bref article paru en France dès le mois de février 1826.

En effet, paraît alors un premier résumé de deux pages et demi dans le *Bulletin des Sciences naturelles et de Géologie de Férussac*¹⁵³. Bien que signé D., son auteur reste inconnu¹⁵⁴. Ce

¹⁵⁰ « *Et saadant mægtigt Leje, [...] omtrent 25 Fod Blaaleer, hvilende paa 2 Fod Sand; over Leret og under Sandet laae mægtige, hvide Kridtlag.* » PINGEL C., 1826, « Om Jernsandet og det grønne Sand paa Bornholm », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 4, 12, p. 280.

¹⁵¹ « [...] *f. Ex. Ammoniter, der, saavidt jeg veed, aldrig ere fundne i det hvide Kridt.* » *Ibid.*, p. 280-281.

¹⁵² ØRSTED H.C., 1828, « Oversigt over Selskabets Forhandlinger og dets Medlemmers Arbejder fra 31 Maj 1824 til 31 Maj 1827 », *Kongl. Danske Vidensk. Selskabs Naturvidenskabelige og Mathematiske Afhandlinger*, III Deel, p. XXVI-XXIX.

¹⁵³ ANONYME, 1826, « Observations géognostiques sur l'île de Sélande et les îles voisines », par le Dr. G. Forchhammer. (*Ørsted, Oversigt over det K. Danske Vidensk. selsk. Forhandli., 1825.*), *Bulletin des Sciences naturelles et de Géologie*, tome 7, Article n°233, p. 291-293.

¹⁵⁴ L'article est signé D., cependant cette signature n'apparaît pas dans la liste des collaborateurs. Trois auteurs du *Bulletin* semblent possibles : Desnoyers ou Dufrénoy, qui n'ont pas de signature, ou encore le rédacteur principal en géologie et minéralogie, M. Delafosse mais celui-ci signe, en principe, G. DEL. La signature pourrait donc être

résumé est une traduction fidèle et assez complète de la synthèse du mémoire de Forchhammer qu'en a donnée Ørsted dans son Aperçu des mémoires de l'Académie royale des Sciences. L'auteur du résumé reprend les principales observations de Forchhammer mais les conclusions finales sont cependant légèrement biaisées par la traduction. En effet, alors qu'Ørsted précise que Forchhammer pense que la couche d'argile à Stevns, les calcaires de Stevns et Faxø ainsi que la craie de Møn seraient subordonnés à la grande formation de pierres roulées recouvrant le Danemark et formée au commencement de l'époque tertiaire, pour l'auteur du résumé, il s'agirait seulement des lits d'argile contenus dans les calcaires de Stevns, Faxø et dans la craie de Møn, rendant la conclusion assez confuse. D'autre part, le traducteur se contente de relater que *M. Forchhammer ne croit pas que l'on puisse considérer les fossiles crayeux, trouvés dans cette formation nouvelle, comme provenant de montagnes crayeuses bouleversées* alors qu'Ørsted, après cette remarque, insiste sur la grande difficulté posée par la présence de fossiles *Kridttidens* (littéralement : « du temps de la craie » c'est-à-dire crétacés), au-dessous et au-dessus du calcaire à Cérithes contenant ses fossiles propres, difficulté qui ne pourra être levée que par comparaison avec d'autres pays.

Deux remarques s'imposent. La première est la différence de registre lexical utilisé concernant les fossiles ; le terme de « crayeux » est utilisé par le traducteur français signifiant qu'il s'agit de fossiles de la craie alors qu'en danois est utilisé *Kridttidens*, un terme marquant le temps, la période, l'âge c'est-à-dire le Crétacé. On retrouve ici la difficulté observée en France de donner un caractère temporel aux différentes couches composant l'écorce terrestre. La deuxième remarque et non des moindres, est que le traducteur laisse totalement de côté, comme si cela le gênait, le réel problème soulevé par la succession des faunes fossiles observée à Stevns Klint, la présence de fossiles crétacés au-dessus d'un terrain que Forchhammer considère comme tertiaire.

Au mois d'août 1827, ce premier résumé est traduit en anglais, presque in extenso et mot pour mot, par H.T. De la Beche¹⁵⁵ dans le recueil d'informations et/ou traductions de géologie étrangère qu'il propose régulièrement au *Philosophical Magazine* qui vient de fusionner avec les *Annals of Philosophy*.

attribuée soit à J. Desnoyers soit à A. Dufresnoy. Desnoyers ayant signé un autre article par son nom complet, on peut supposer que l'article a été rédigé par Dufresnoy.

¹⁵⁵ DE LA BECHE H.T., 1827, « Collections in Foreign Geology.-[No. II.] 4. *Geological Observations on Sieland and the Neighbouring Islands (Denmark)* ; by Dr. G. Forchhammer », *The Philosophical Magazine*, New series, vol. 2, N°8, p. 98-100.

À ce premier aperçu du travail de Forchhammer, s'ajoutera en février 1827, toujours dans le Bulletin des Sciences naturelles et de Géologie, un nouveau compte-rendu¹⁵⁶ réalisé cette-fois-ci à partir du mémoire lui-même qui vient d'être publié dans le volume 2 des Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Copenhague. L'auteur de cet article est très probablement le même que celui de 1826 (il fait référence au résumé publié l'année précédente) et il apporte des précisions sur les différentes couches observées à Stevns Klint : épaisseurs des couches, fossiles, silex, stratifications ellipsoïdes qui avaient été éludées dans le premier résumé (les figures présentes dans le mémoire en facilitant la compréhension), etc. La précision donnée en 1826 concernant l'analogie entre la fine couche d'argile et l'argile plastique d'une part, et le calcaire à Cérithes et le calcaire grossier d'autre part, n'est pas rappelée mais, en 1827, l'auteur du compte-rendu énonce clairement qu' « il [Forchhammer] en conclut qu'il y a de grandes analogies entre le calcaire corallite de Sélande et la craie de Mœen, et il regarde les deux formations comme étant du commencement de l'époque tertiaire. »

C'est cet article plus complet qui sera traduit en allemand et publié dans le *Taschenbuch* de Leonhard, en 1828¹⁵⁷.

Cette traduction paraît dans la partie *Miszellen*¹⁵⁸ ou Mélanges du premier volume de 1828 du *Taschenbuch* de Leonhard. L'auteur de cette traduction fait clairement référence non seulement au mémoire de Forchhammer mais aussi à l'article n° 142 paru dans le Bulletin des Sciences Naturelles et de Géologie de 1827¹⁵⁹. La comparaison de la notice allemande et de l'article français montre que la traduction allemande est très fidèle et quasiment complète. S'y trouve d'ailleurs la même erreur que dans l'article français concernant l'épaisseur du calcaire à Cérithes de Stevns Klint. A propos de cette couche, l'auteur de l'article français précise que « en quelques endroits elle manque même entièrement ; [...] » ce qui donne en allemand « *stellenweise fehlt diese Lage gänzlich* » alors que Forchhammer, rappelons-le, *ne croit guère*

¹⁵⁶ Anonyme, 1827, « De l'état géognostique d'une partie de la Sélande et des îles voisines » ; par G. Forchhammer, avec 4 pl. enluminées. (*Det Kong. Danske Videnskab. Selskabs naturvidenskab. ogmathemat. Afhandl.* ; vol. 2, 1826, p. 247.) *Bulletin des Sciences naturelles et de Géologie*, tome 10, Article n°142, p. 207-210. L'article n'est pas signé cette fois-ci mais l'auteur est probablement le même.

¹⁵⁷ Leonhard est professeur de minéralogie à l'Université de Heidelberg. *Taschenbuch für die gesammte Mineralogie mit Hinsicht auf die neuesten Entdeckungen* herausgegeben von Karl Caesaar Ritter von Leonhard. Zwei und zwanzigster Jahrgang. I. Band. Heidelberg, 1828, p. 54-57. Il s'agit aussi du *Zeitschrift für Mineralogie*, herausgegeben von Karl Cäsar von Leonhard, Jahrgang 1828, I. Band, Heidelberg, p. 54-57.

¹⁵⁸ *Miszellen* correspond à la partie « Mélanges » que l'on trouve notamment à la fin de certains numéros du Bulletin de Férussac, ensemble de courtes notices et informations diverses.

¹⁵⁹ « G. Forchhammer lieferte eine geognostische Schilderung von Seeland und den nachbarlichen Inseln » (*Kong. Danske Vidensk Selskabs Afhandl.* : 1826, II, 247 und FÉRUSSAC, *Bullet. de Géol.* ; 1827, Fevr. ; p. 207).

que le calcaire à Cérithes manque complètement en quelque lieu.¹⁶⁰ Par contre, l'auteur de l'article français parlait de « l'île Faxø »¹⁶¹. La phrase correspondante, non nécessaire à la compréhension du texte, n'est pas traduite en allemand. L'auteur connaissait-il les lieux ou tout du moins la géographie du Danemark ?

Ainsi, les observations et les interprétations de Forchhammer sont diffusées en Europe. Quelle fut leur réception ?

On peut en avoir une idée en s'appuyant sur la correspondance de Forchhammer. Un an auparavant, en 1827, est publiée en Allemagne une analyse de sept pages, un résumé commenté cette fois-ci, du tiré-à-part de 1825 du mémoire de Forchhammer. Datée du 19 juillet 1827, elle paraît dans les *Göttingische gelehrte Anzeigen*¹⁶². L'auteur est inconnu. Qui pourrait-il être ?

La correspondance de Forchhammer conservée aux Archives du *Statens Naturhistoriske Museum* de Copenhague (ASNM) nous fournit une piste. Nous y avons trouvé deux lettres de Hausmann, professeur de minéralogie et technique depuis 1811 à Göttingen, adressées à Forchhammer en 1826 et 1827. Plusieurs arguments nous laissent penser que l'auteur de l'analyse parue dans les *Göttingische gelehrte Anzeigen* est Hausmann.

La première lettre de Hausmann à Forchhammer date du 5 juillet 1826, en réponse à Forchhammer qui lui avait envoyé le 4 septembre 1825 une lettre accompagnant le tiré-à-part de son mémoire de 1825. Ce courrier était arrivé alors que Hausmann était en voyage en France et en Italie. L'intérêt de ces deux lettres réside dans le fait qu'elles concernent presque exclusivement le site de Stevns Klint et les formations décrites par Forchhammer comme étant tertiaires et dont Hausmann discute, précisément, l'attribution tertiaire. C'est donc la première véritable discussion sur ces terrains situés juste au-dessus de la craie, présents à Stevns Klint. Sont-ils tertiaires ou non ? Hausmann se montre d'abord très sceptique dans sa lettre du 5 juillet 1826¹⁶³. Après quelques formules de politesse, il entre dans le vif du sujet : les raisons qui ont conduit Forchhammer à considérer le calcaire à Cérithes et le calcaire corallien de Stevns Klint, le calcaire de Faxø et la craie de Møn comme étant tertiaires.

¹⁶⁰ La même erreur se trouve dans la traduction française du *geological Manual* de H.T. De la Beche par Villiers de Brochant en 1837.

¹⁶¹ Cette erreur est liée à la terminaison « -øe » qui signifie « île », erreur fréquente. In FISCHER-BENZON R. v., 1866, *Ueber das relative Alter des Faxekalkes und über die in demselben vorkommenden Anomuren und Brachyuren*, Kiel, Schwers'che Buchhandlung, p.1.

¹⁶² ANONYME, 1827, « Kopenhagen », *Göttingische gelehrte Anzeigen*, II. Band, 114. Stück, p. 1129-1136, avec erreur de pagination (1029 au lieu de 1129).

¹⁶³ Lettre de Hausmann à Forchhammer du 5 juillet 1826. Fonds Forchhammer, ASNM. Transcription de la lettre manuscrite par Mme Inger Marie Refskou Poulsen. Notre traduction. (Correspondance, lettre 1).

Hausmann affirme qu'il pourrait être d'accord avec lui s'il ne croyait pas qu'à *chaque nouvelle avancée en géognosie, l'on n'est jamais assez sceptique*¹⁶⁴ et présente, à l'appui, certaines objections qu'il soumet à la réponse de Forchhammer (fig. 18). Les objections de Hausmann sont au nombre de trois essentiellement. Les deux premières, les plus importantes, portent sur les fossiles et la troisième, sur les stratifications ellipsoïdes.

La première objection est que les cérithes ne sont pas caractéristiques des terrains tertiaires.

*Il me semble que la présence de cérithes n'est pas une caractéristique très certaine des formations tertiaires, du fait que des cérithes se présentent aussi dans des couches beaucoup plus anciennes par exemple dans une division de notre formation de calcaire à gryphites ; [...]*¹⁶⁵

écrit-il dans sa lettre (fig. 18, Correspondance, lettre 1).

Même si les cérithes sont extrêmement abondants dans le calcaire grossier, on en trouve aussi dans des terrains bien antérieurs comme le calcaire à *Gryphea*. Ceci rejoint les travaux d'autres géologues. La présence de cérithes dans des terrains plus anciens est connue depuis peu. Dans l'ouvrage sur lequel Forchhammer s'était appuyé, ouvrage publié en 1822, Cuvier et Brongniart pensaient que les cérithes étaient caractéristiques du calcaire grossier tertiaire mais dès 1821 Constant Prévost avait observé des cérithes dans un terrain inférieur à la craie dans les falaises de Normandie et en janvier 1822, M. de la Jonkaire annonçait devant la Société d'Histoire naturelle la présence de cérithes dans *un terrain argilo-sableux situé au-dessous de la craie [... dans] les dernières assises du calcaire oolithique*¹⁶⁶, dans les Ardennes. Or la présence de cérithes dans le calcaire du même nom était un des arguments majeurs de Forchhammer pour en faire un analogue du calcaire grossier.

¹⁶⁴ « [...], daß man bei jedem neuen Vorschrift in der Geognosie nicht skeptisch genug seyn könne [...] ». Lettre de Hausmann à Forchhammer du 5 juillet 1826, Fonds Forchhammer, ASNM.

¹⁶⁵ « Es scheint mir, daß das Vorkommen von *Cerithien* kein ganz sicheres Kennzeichen tertiärer Gebilde ist, indem in weit älteren Lagern z.B. in einer Abtheilung unserer Gryphitenkalk-formation, ebenfalls *Cerithien* vorkommen; [...] ». Lettre de Hausmann à Forchhammer du 5 juillet 1826, Fonds Forchhammer, ASNM.

¹⁶⁶ « Sur la présence de Cérithes dans un terrain inférieur à la craie ; par M. de La Jonkaire » Article de M. de Bonnard *In Bulletin des Sciences par la Société Philomatique de Paris*, 1822, p. 10 et *In « Résumé des travaux de la Société d'Histoire naturelle de Paris, pendant l'année 1821 »* par Ad. Brongniart (lu dans la séance du 12 avril 1822), paru dans le premier tome des Mémoires de la Société d'Histoire naturelle de Paris, 1823, p. 18. L'auteur de ce résumé, Adolphe Brongniart, souligne que l'existence de certains fossiles du calcaire grossier dans des couches inférieures à la craie (comme celle des cérithes) est un *fait remarquable et digne de toute l'attention des géologues, puisqu'elle peut apporter des modifications importantes à leurs opinions sur différentes formations*. Ceci correspond parfaitement au sens qu'Hausmann donne à son objection.

Kritische Bemerkungen i Anledning af Forchhammer's Gøttlingaa' den 5. Juli 1826.
Anmærkelser om Lagene i Steens Kluit (Lensesatte i: De geog.
terhold paa Sjælland og Nævederne). Hausmann

Vaarseløst for!

Et specielt er, at det vedkommende som Envisning kan være fejlsat
 sammenligning med tidligere Gabelde is, indend i vidt udvalgte områder
 z. B. i mine Afdelinger i den gamle Gøttingaalk-formation, uanset
 hvilken sammenhæng; det er dog en ganske anden sag, at det
 mine Mærke har været, nemlig den uoplyste og fejlsatte, den
 ubestemmeligheden af den gamle Egidius den fælles med den
 nye tidligere Gabelde, uoplyst og fejlsat. Heri anføres
 den fælles med den gamle Envisning som en af de vigtigste
 punkter for den nye. Den nævnte sammenhæng z. B. Pecten-
mus musonatus - den er ganske uoplyst og fejlsat for
 den gamle med den nye og er ganske uoplyst og fejlsat
 sammenligning med den nye; den nye nævnte den nye bestemt
 gamle Musonius og z. B. Pecten musonatus, som den
 tidligere den nye ganske uoplyst og fejlsat. Et specielt er at
 uoplyst og fejlsat den nye, at den Musonius den fælles
 med den nye Envisning, den er den gamle den gamle

den nye tidligere Gabelde nævnte med den nye.

Den gamle Envisning er den nye den nye den nye
 Hausmann

Figure 18 – Extraits de la lettre du 5 juillet 1826 de Hausmann à Forchhammer, correspondant aux deux premières objections que Hausmann oppose à Forchhammer quant à l'attribution tertiaire du calcaire à Cérites. (Transcription notes 165-167 et Correspondance, lettre 1).
 Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

La deuxième objection de Hausmann est qu'il faudrait un échantillon beaucoup plus important de fossiles d'espèces connues pour être tertiaires pour pouvoir faire de ce calcaire une formation tertiaire.

[...] ; par conséquent pour apporter la preuve qu'une masse est tertiaire, en dehors du rapport des couches, la concordance de la plus grande partie des fossiles avec ceux de la formation tertiaire doit être requise. Votre énumération des fossiles ne me paraît pas en donner maintenant d'information suffisante. Vous nommez plusieurs fossiles, par exemple *Belemnites mucronatus* – qui sont si particulièrement caractéristiques de la craie et qui par conséquent doivent être considérés seulement comme des étrangers accidentels ; par contre vous ne nommez pas précisément des pétrifications certaines par exemple *Pectunculus pulvinatus*, qui sont d'excellents marqueurs pour les couches tertiaires. Il me paraît donc qu'il est nécessaire de prouver que la plupart des fossiles conviennent avec ceux qui seraient reconnus comme appartenant au calcaire grossier ou à d'autres formations tertiaires.¹⁶⁷

Hausmann considère donc la liste de fossiles de Forchhammer comme insuffisante pour pouvoir la rapporter à une formation précise, particulièrement à la formation tertiaire et surtout elle ne contient pas de fossile indubitablement tertiaire. Pire, elle contient certains fossiles plutôt crétacés comme *Belemnites mucronatus*, censés être accidentels dans le calcaire corallien. Pour ces raisons, Hausmann demande à Forchhammer, avec beaucoup de précautions, « *si cependant il ne serait peut-être pas approprié de considérer vos couches comme des membres plus jeunes de la formation de la craie qui seraient la transition avec les formations tertiaires.* »¹⁶⁸

¹⁶⁷ « [...] ; daß daher zur Führung des Beweises, daß eine Masse tertiär sey, außer dem Lagerungsverhältniß, die Uebereinstimmung des größeren Theils der Petrefacten mit denen tertiärer Gebilde, erforderlich seyn dürfte. Ihre Aufzählung der Petrefacten scheint mir nun darüber keinen hinreichenden Aufschluß zu geben. Sie nennen mehrere Petrefacten z.B. *Belemnites mucronatus* – die so ganz besonders charakteristisch für die Kreide sind und die daher nur als zufällige Fremdlinge angesehen werden müßten; dagegen nennen Sie nicht bestimmt gewisse Versteinerungen z.B. *Pectunculus pulvinatus*, welche für tertiäre Lager vorzüglich bezeichnend sind. Es scheint mir also nothwendig zu seyn darzuthun, daß die Mehrzahl der Petrefacten mit denen übereinkommen, die als Bürger des Grobkalkes oder anderer tertiärer Gebilde anerkannt worden. » Lettre de Hausmann à Forchhammer du 5 juillet 1826, Fonds Forchhammer, ASNM.

¹⁶⁸ « [...] : ob es nicht doch vielleicht passender sey, Ihre Lager als jüngere Glieder des Kreidegebildes anzusehen, die den Uebergang in die tertiären Gebilde vermitteln? » Lettre de Hausmann à Forchhammer du 5 juillet 1826. Fonds Forchhammer, ASNM.

La troisième objection est que les stratifications ellipsoïdes ne peuvent être un argument en faveur d'un âge tertiaire dans la mesure où on en trouve dans des terrains antérieurs dans le nord de l'Allemagne, ce que Hausmann a abondamment démontré et détaillé dès 1824¹⁶⁹.

Hausmann est donc bien dubitatif quant à un âge tertiaire du calcaire à Cérithes et du calcaire corallien, trouvant que les arguments de Forchhammer ne sont pas assez convaincants pour accepter ses conclusions d'emblée, d'autant qu'il a déjà observé, lui-même, dans les environs de Goslar, des couches ressemblant fort au calcaire corallien de Stevns Klint par ses fossiles comme par ses relations avec l'équivalent de la craie dans la région, si concordantes qu'il pensait les considérer *comme membres plus jeunes de la formation de la craie*¹⁷⁰. Pour Hausmann, ce calcaire est un intermédiaire entre la craie et le calcaire grossier qu'il a trouvé à côté de Goslar, près de Hildesheim, un calcaire grossier typique avec toute une série de fossiles qui lui sont caractéristiques. Il suggère donc à Forchhammer de poursuivre ses recherches et lui demande de lui envoyer des échantillons des couches de Stevns Klint, avec des fossiles.

Malheureusement, il n'a pas été possible de retrouver la réponse de Forchhammer à Hausmann, ni les échantillons. Les archives de l'Université comme celle du *Museum* des Sciences de la Terre de Göttingen ne possèdent ni fossiles, ni archives de la correspondance de Hausmann, seulement quelques lettres mais pas celles qui auraient pu nous intéresser. Les « *Copibog* » de Forchhammer, c'est-à-dire les registres des copies des lettres qu'il envoyait, trouvés aux ASNM, ne commencent que dans les années 1840. Nous savons seulement par la lettre envoyée par Hausmann à Forchhammer en 1827 que ce dernier lui a envoyé des échantillons et une lettre argumentée, l'ensemble ayant quelque peu modifié la façon de voir de Hausmann.

La deuxième lettre de Hausmann du 6 octobre 1827¹⁷¹ (Correspondance, lettre 2) a un ton beaucoup moins dubitatif.

Tout d'abord très sceptique dans sa première lettre, comme il le rappelle, il apparaît maintenant tout à fait d'accord avec Forchhammer : « *Maintenant, je suis totalement de votre côté et je crois que vos découvertes ouvriront la voie à beaucoup d'autres.* »¹⁷² Pour expliquer son

¹⁶⁹ HAUSMANN, J.F.L., 1824. « Uebersicht der jüngere Flößgebilde im Flußgebiete der Weser, mit vergleichender Berücksichtigung ihrer Aequivalent in einigen anderen Gegenden von Deutschland und in der Schweiz », *Studien des Göttingischen Vereins Bergmännischer Freunde*, vol. 1, p.404-408.

¹⁷⁰ « [...], daß ich sie als jüngere Glieder der Kreideformation betrachten mögte. » Lettre de Hausmann à Forchhammer du 5 juillet 1826. Fonds Forchhammer, ASNM.

¹⁷¹ Lettre de Hausmann à Forchhammer du 6 octobre 1827. Fonds Forchhammer, ASNM. Transcription de la lettre manuscrite par Mme Inger Marie Refskou Poulsen. Notre traduction. (Correspondance, lettre 2).

¹⁷² « *Nunmehr bin ich ganz auf Ihre Seite und glaube, daß Ihre Entdeckungen eine Nacheinanderfolge von vielen Anderen eröffnen werden.* » Lettre de Hausmann à Forchhammer du 6 octobre 1827. Fonds Forchhammer, ASNM.

revirement, il adresse à Forchhammer, avec sa lettre, des échantillons à partir desquels « *vous verrez maintenant qu'il ne m'est pas difficile d'accepter les vues qui m'imposaient auparavant des doutes, dès que ces doutes sont levés par de nouvelles recherches.* »¹⁷³ Ainsi, les observations et les résultats de Forchhammer auxquels il faut ajouter les échantillons reçus de Forchhammer, ont beaucoup interpellé Hausmann et, même si celui-ci, par principe, se montrait très sceptique, il les a *constamment gardés à l'esprit et mis en œuvre*. Il a vérifié, comparé ses propres échantillons avec ceux de Forchhammer et est même retourné sur le terrain, dans le nord de l'Allemagne.

Ainsi près d'Osnabrück, il retrouve une marne qu'il avait attribuée à la formation de la craie car il n'en connaissait que des Echinites caractéristiques de la craie. Ceux-ci y sont particulièrement nombreux et bien préservés mais il y a aussi *en grande quantité* de nombreux fossiles caractéristiques du calcaire grossier – *Grobkalk* - comme *Pectinites fragilis Schl.*, *Pectunculus pulvinatus*. Pour Hausmann, pas de doute, cette marne est bien de la formation du calcaire grossier. Mais demeure une interrogation, la même que celle de Forchhammer à propos du calcaire corallien : la présence de fossiles caractéristiques de la craie comme les Echinites dans des formations plus jeunes que la craie comme le calcaire grossier. Comment l'expliquer reste pour Hausmann comme pour Forchhammer *incertain et difficile*. Ces fossiles sont trop bien préservés pour supposer qu'ils puissent provenir de la formation de la craie remaniée. Supposer qu'ils vivaient *au temps et au lieu de leur dépôt*, reste problématique les autres fossiles (du calcaire grossier) sont en désaccord. On le voit, accepter un mélange d'espèces de la craie et d'espèces du calcaire grossier est encore embarrassant. Et pourtant, comme le fait remarquer Hausmann :

[...] *l'observation enseigne aussi dans des formations plus anciennes que certaines formes d'animaux passent par plusieurs couches très différentes tandis que d'autres aussi spécifiques, se limitent souvent à des masses de dépôt insignifiantes.*¹⁷⁴

Le passage de certaines espèces d'une couche à l'autre est donc admis mais de là à penser qu'il en passe de la craie aux formations tertiaires, il y a un pas difficile à franchir.

¹⁷³ « *Aus den Anlagen werden Sie nun ersehen, daß es mir nicht schwer wird Ansichten, bei denen sich mir vorher Zweifel aufdrängten, anzunehmen, sobald diese Zweifel durch weitere Forschungen gehoben werden.* » Lettre de Hausmann à Forchhammer du 6 octobre 1827. Fonds Forchhammer, ASNM.

¹⁷⁴ « [...] *auch bei älteren Formationen die Beobachtung lehrt, daß gewisse Formen von Thieren durch mehrere sehr verschiedene hindurchgehen, während andere auch einzelne, oft genug unbedeutenden Lagermassen sich beschränken.* » Lettre de Hausmann à Forchhammer du 6 octobre 1827. Fonds Forchhammer, ASNM.

Ainsi, Hausmann a trouvé des formations avec un mélange d'espèces de la craie et du calcaire grossier qui l'amène à être d'accord avec Forchhammer, et comme lui, il reste démuné pour expliquer ce phénomène. Il est tout aussi démuné pour comprendre la position de la formation de sable riche en pierres roulées du nord – *Geschiebe* - dans le nord de l'Allemagne, plus ou moins incluse dans la formation du calcaire grossier et qu'il considère comme un équivalent de la formation *appelée argile plastique*. Les problèmes posés par les couches juste au-dessus de la craie sont identiques au Danemark et dans le nord de l'Allemagne et les deux géologues semblent d'accord pour les placer dans la formation du calcaire grossier c'est-à-dire une formation tertiaire.

Cette position correspond tout-à-fait aux différents commentaires présents dans les *Göttingische gelehrte Anzeige* de 1827.

Hausmann, auteur de l'analyse du mémoire de Forchhammer parue dans les *Göttingische gelehrte Anzeige* (1827)

Comme nous l'avons vu dans la première lettre de Hausmann à Forchhammer datée du 5 juillet 1826, Hausmann s'excuse du retard de sa réponse lié au fait qu'il était en voyage fin 1825 dans le sud de la France et le nord de l'Italie. Ce voyage est évoqué dans une analyse très détaillée de la « *Description géologique des Environs de Paris* de MM. G. Cuvier et Alex. Brongniart, [...] 1822 », parue le 30 juin 1827 dans les *Göttingische gelehrte Anzeigen*¹⁷⁵. En effet, l'auteur de l'analyse ou *Referent*, comme il se nomme dans le texte pour se distinguer de l'auteur de l'ouvrage analysé et comme nous l'appellerons par la suite, le *Referent* donc présente dans cette analyse des détails qu'il a pu observer lui-même récemment dans le sud de la France (Alpes maritimes) et le nord de l'Italie. Il corrobore ou rapproche les observations et conclusions de Brongniart de ses propres observations en France, Italie et Allemagne. Il les élargit au Danemark en faisant à plusieurs reprises référence aux travaux de Forchhammer dont il précise qu'il donnera plus de détails ultérieurement. Ce sera deux semaines plus tard, le 19 juillet 1827.

Immédiatement à la suite de l'analyse de la *Description*, un deuxième article analyse le « *Mémoire sur les Terrains de Sédiment supérieurs Calcaréo-Trappéens du Vicentin, et sur*

¹⁷⁵ Les *Göttingische gelehrte Anzeigen* ou « Annonces savantes de Göttingen » sont un magazine de comptes-rendus critiques des ouvrages scientifiques et littéraires contemporains. C'est la plus ancienne revue scientifique de langue allemande encore publiée (1739). Elles sont publiées en moyenne trois fois par semaine et correspondent à l'analyse d'un à quatre ouvrages maximum. L'analyse de la *Description* de Cuvier et Brongniart de 1822 est sur deux numéros, les numéros 103 et 104, tous deux datés du 30 juin 1827, II. Band, 103. Stück, p. 1017-1024 et 104. Stück, p. 1025-1036. Les numéros, d'une dizaine de pages, sont rassemblés dans des recueils ou volumes (*Band*) publiés trois fois par an.

quelques Terrains d'Italie, de France, d'Allemagne etc. qui peuvent se rapporter à la même Époque, par Alexandre Brongniart, [...] 1823 »¹⁷⁶. Pourquoi l'analyse de ces deux ouvrages qui ont déjà plus de quatre ans ? Remarquons que ce sont deux ouvrages cités par Forchhammer dans son mémoire et sur lesquels ce dernier s'appuie pour donner un âge tertiaire au calcaire à Cérithes. Le *Referent* du mémoire de Forchhammer est de toute évidence le *Referent* de la *Description* de Cuvier et Brongniart et du *Mémoire* de Brongniart. Il a probablement sinon lu pour la première fois, tout du moins repris ces ouvrages pris en référence par Forchhammer pour les mettre en parallèle avec ses assertions et a ainsi jugé nécessaire d'en faire une analyse avant de présenter les travaux de Forchhammer.

Le *Referent* est-il Hausmann ? Un faisceau d'éléments le laisse supposer :

- Hausmann est professeur à l'Université de Göttingen qui est partie prenante dans la publication des *Göttingische gelehrte Anzeigen*, et il semble probable qu'il publie en premier lieu dans ce journal.

- Hausmann a lu *in extenso* le mémoire de Forchhammer dès 1826 et a échangé des lettres avec lui sur ce sujet. Comme nous l'avons vu, il s'est montré très intéressé par les hypothèses de Forchhammer, dans la mesure où il a déjà observé des terrains qui lui semblent analogues dans le nord de l'Allemagne. Comme le montre sa deuxième lettre du 6 octobre 1827, il semble avoir été assez convaincu par le contenu de la réponse de Forchhammer à sa première lettre du 5 juillet 1826 et par les échantillons que Forchhammer lui a envoyés pour pouvoir en faire une analyse dans le journal. La publication de l'analyse du mémoire de Forchhammer précède de quelques mois sa deuxième lettre à Forchhammer. Il est allé entre-temps faire quelques vérifications dans le nord de l'Allemagne.

- Dans les *Göttingische gelehrte Anzeigen*, le *Referent* remarque « *que les études de Forchhammer rendent très souhaitable une révision précise des couches de craie se trouvant en des endroits séparés dans les environs de la mer Baltique* »¹⁷⁷ et Hausmann dit à Forchhammer dans sa première lettre que « *non seulement [il] a fait avancer significativement les connaissances géognostiques de sa patrie mais aussi allumé une nouvelle lumière pour les autres pays baltes et livré de nouvelles contributions aux connaissances des plus jeunes*

¹⁷⁶ ANONYME, (1827), « Paris », *Göttingische gelehrte Anzeigen*, 1827, II. Band, 104. Stück, p. 1036-1039.

¹⁷⁷ « [...], daß Forchhammers Untersuchungen eine genaue Revision der in der Umgebung der Ostsee an einzelnen Stellen sich findenden Kreidelager, sehr wünschenswerth machen. » ANONYME, (1827), « Paris », *Göttingische gelehrte Anzeigen*, 1827, II. Band, 103, Stück, p. 1022.

*formations en couches ou Flötz*¹⁷⁸ et des formations tertiaires. »¹⁷⁹ Ainsi, pour Hausmann comme pour le *Referent*, le travail de Forchhammer donne un nouvel éclairage sur les formations tertiaires et la géognosie des pays environnant la mer Baltique.

- Le *Referent* précise dans l'analyse de la *Description* qu'il a publié une vue d'ensemble sur les *Flöße* récentes dans la région du fleuve de la Weser¹⁸⁰ or Hausmann a publié un tel aperçu en 1824, « *Uebersicht der jüngere Flößgebilde im Flußgebiete der Weser, [...]* »¹⁸¹, de près de 200 pages. Quelques lignes plus loin, le *Referent* signale qu'il a réussi à observer la même relation des couches dans la région de Goslar et de Hildesheim¹⁸², couches dont Hausmann détaille la nature dans ses lettres à Forchhammer, comme nous l'avons vu précédemment.

- Mais surtout le *Referent* a voyagé dans le Sud de la France et le nord de l'Italie peu de temps avant les écrits, comme Hausmann. Ainsi, l'évocation du voyage en Italie est un argument fort, d'autant plus fort que Hausmann, dans sa deuxième lettre adressée à Forchhammer le 6 octobre 1827, quelques mois après la publication des analyses dans les *Göttingische gelehrte Anzeigen*, joint une lettre de Brongniart qui contient « *quelques informations dont mon dernier voyage dans le sud a été la source, à cause de quoi, en même temps, quelque chose dans mon point de vue sur les couches (Flöße) de la Weser est rectifié, [...]* »¹⁸³. De même, le *Referent* fait le lien entre ce qu'il a observé dans les Alpes-Maritimes et dans la région de la Weser.

Par conséquent, l'analyse donnée dans les *Göttingische gelehrte Anzeigen*, concorde parfaitement avec le contenu des lettres de Hausmann à Forchhammer. Il n'y a donc guère de doute que Hausmann soit le *Referent*, l'auteur de l'analyse du mémoire de Forchhammer dans les *Göttingische gelehrte Anzeigen*, comme de l'analyse des Mémoires de Cuvier et Brongniart.

¹⁷⁸ Les *formations en couches ou Flötz* : De l'allemand Flöß, m.e. (de flit-en, battre), mine ou couche horizontale. In Dictionnaire étymologique des racines allemandes, avec leur signification française, et leurs dérivés classés par familles, suivi d'un vocabulaire étymologique des mots étrangers germanisés – Frédéric Gustave Eichhoff, W. de Suckau. Paris, Thiérot, Libraire-éditeur, 1840, p. 68.

Les Flötz ou Flöße (ou Flöt en danois) sont les formations en couches jusqu'à la craie, autrement dit fin primaire et secondaires. Les formations tertiaires, qui ne sont pas présentes dans la région de Freiberg où Werner a défini les Flötz, n'en font pas partie.

¹⁷⁹ « *Sie haben dadurch nicht allein die geognostische Kunde ihres Vaterlandes um ein Bedeutendes weiter gefördert, sondern auch für die übrigen Baltischen Länder ein neues Licht angezündet und für die Kenntniß der jüngeren Flötz - und tertiären Gebilde neue Beiträge geliefert.* » Lettre de Hausmann à Forchhammer du 5 juillet 1826. Fonds Forchhammer, ASNM.

¹⁸⁰ ANONYME, (1827), « Paris », *Göttingische gelehrte Anzeigen*, 1827, II. Band, 103. Stück, p. 1023.

¹⁸¹ « Aperçu sur les plus jeunes formations en couches – Flöße – dans le bassin de la Weser, avec examen comparatif de leur équivalent dans quelques autres régions en Allemagne et en Suisse. » HAUSMANN, J.F.L., 1824, *op. cit.*, p. 381- 567.

¹⁸² ANONYME, (1827), « Paris », *Göttingische gelehrte Anzeigen*, 1827, II. Band, 103. Stück, p. 1024.

¹⁸³ « [...] *einige Mittheilungen, zu denen besonders meine letzte südliche Reise Veranlassung gab, wodurch zugleich einiges in meiner Uebersicht der Weserflötze berichtet wird, [...]*. » Lettre de Hausmann à Forchhammer du 6 octobre 1827. Fonds Forchhammer, ASNM.

Comme dans sa deuxième lettre à Forchhammer, Hausmann affirme dans l'analyse de la *Description* que, d'après les recherches de Forchhammer, il est « *très vraisemblable que ni les couches calcaires qui recouvrent la craie à Stevns-Klint ni la craie de Moen n'appartiennent à la même formation que cette couche inférieure [la craie] mais qu'elles doivent être plutôt considérées comme une formation tertiaire.* »¹⁸⁴ Quant à l'analyse du mémoire de Forchhammer, elle présente le contenu du mémoire sans aucune contradiction ni interrogation excepté celle qui concerne le gypse de Lüneburg et de Segeberg au sujet duquel il avait déjà interrogé Forchhammer dans sa première lettre.

En conclusion, Hausmann, comme les géologues danois, se montrait très dubitatif dans sa première lettre du 5 juillet 1826, invitant Forchhammer à poursuivre ses recherches concernant les fossiles de Stevns Klint. Mais des échanges d'échantillons et de nouvelles observations dans le nord de l'Allemagne ont amené Hausmann à lever ses doutes et à se ranger aux côtés de Forchhammer. Il confirme donc que les couches au-dessus de la craie à Stevns Klint, à savoir le calcaire à Cérithes et le calcaire corallien, sont très vraisemblablement de la formation du calcaire grossier, et doivent être, ainsi, considérées comme tertiaires.

Soutenu par Hausmann et malgré les doutes de ses pairs danois, il décide, confirmant ses dires, de publier en anglais dans l'*Edinburg Journal of Science*¹⁸⁵, en 1828, soit trois ans après la publication de la version danoise. Cependant, il s'y montre plus prudent et plus modéré.

La publication de 1828 en Angleterre et la réaction des britanniques

Dans la publication anglaise de 1828, « Sur la formation de la craie au Danemark », Forchhammer reprend l'ensemble de ses observations mais il est plus concis, un peu plus précis, et surtout beaucoup plus prudent et moins affirmatif dans ses conclusions. Il apporte aussi quelques modifications au texte de 1826 et l'attribution qu'il fera du calcaire de Faxe au tertiaire est infiniment plus nuancée.

Un paradoxe : des fossiles crétacés au-dessus de fossiles tertiaires ?

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*

¹⁸⁴ « [...] die neueren Untersuchung Forchhammer's machen es sehr wahrscheinlich, daß weder die Kalkmassen welche am Stevns-Klint die Kreide decken, noch die Kreide von Moen, mit jener unteren Lage zur nämlichen Formation gehören, sondern vielmehr als tertiäre Gebilde angesprochen werden müssen. » ANONYME, (1827), « Paris », Göttingische gelehrte Anzeigen, 1827, II. Band, 103. Stück, p. 1022.

¹⁸⁵ FORCHHAMMER G., 1828, « On the Chalk Formation of Denmark », *Edinburgh Journal of Science*, IX, p.56-68.

analogie étroite avec ceux du calcaire grossier, même si ce ne sont peut-être pas les mêmes espèces. »¹⁸⁶ C'est la première fois qu'il suggère la nécessité de déterminer les espèces et de ne pas se contenter des genres, mais comme ces fossiles ne sont pas des espèces fossiles de la craie et qu'ils ne sont pas exactement identiques à ceux du calcaire grossier, ils n'ont pas encore été décrits, leur nom d'espèce n'existe pas. Il ne considère plus le calcaire à Cérithes comme étant « le » calcaire grossier mais comme lui étant étroitement analogue.

En revanche, 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 encore 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* »¹⁸⁷, 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. Les grands problèmes soulevés par l'utilisation des fossiles en stratigraphie et les précautions nécessaires sont ici sous-jacentes. La persistance d'espèces crétacées dans des formations tertiaires est ici affirmée.

Pour le calcaire de Faxø¹⁸⁸, 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. Il considère que, dans la majeure partie de l'est du Danemark, les strates se succèdent ainsi :

¹⁸⁶ « [...] *the close analogy which they bear to those of the calcaire grossier, although they are perhaps not the same species.* » *Ibid.*, p. 60.

¹⁸⁷ « [...] *but many also in such state of preservation, that they cannot be derived from other perhaps destroyed beds of chalk.* » *Ibid.*, p. 61.

¹⁸⁸ Dans le texte de l'*Edinburg Journal of Science*, il est écrit par erreur Taxøe au lieu de Faxøe. Ceci est d'ailleurs relevé par Lyell dans son mémoire de 1835. *In Trans. Geol. Soc. London* p. 246.

1. la craie de Stevensklint, complètement analogue à celle d'Angleterre¹⁸⁹ ; 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 crayeux¹⁹⁰, 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.¹⁹¹

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, 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 ?

Ce qu'il avance ensuite concernant le calcaire de Faxø est sans doute plus intéressant pour notre sujet. 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* »¹⁹², 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 recouvert 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 les deux 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

¹⁸⁹ 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.

¹⁹⁰ Il s'agit du calcaire corallien.

¹⁹¹ « *1. Chalk of Stevensklint, 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* ». FORCHHAMMER G., 1828, op. cit., p.67.

¹⁹² « [...] *if we allow fossils to serve as a principal point of determination* ». Ibid, p. 67.

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, les falaises de Møn et celles de Rügen¹⁹³ comme appartenant à la formation tertiaire en dépit de leurs fossiles. C'est donc le critère stratigraphique qu'il met ici en avant pour placer la séparation à cette place, mais il y ajoute une autre raison qui est, « *bien qu'il soit indéniable que l'une passe dans 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* »¹⁹⁴, c'est-à-dire à la fois un critère paléontologique et un critère lithographique.

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.

Les réactions britanniques

C'est par cet abrégé en anglais de son mémoire, dans l'*Edinburgh Journal* de 1828 que Forchhammer fait véritablement connaître son travail en Angleterre, comme l'atteste la correspondance de Lyell.

- L'attente de Lyell : des noms

En effet, Lyell qui souhaitait des informations sur l'Islande, lui écrit dans une lettre du 21 octobre 1829 (Correspondance, lettre 3) :

Nous avons tous lu avec grand intérêt et profit votre article sur la formation de la craie au Danemark, et j'ai été particulièrement heureux de voir que nous avons un collègue de travail en géologie si loin dans le Nord de l'Europe et qui peut correctement apprécier non seulement les lois de la superposition, et les moyens apportés par la composition minérale pour l'identification des formations, mais (et

¹⁹³ La craie des falaises de Møn et de Rügen est de la craie blanche.

¹⁹⁴ « [...] *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.* » FORCHHAMMER G., 1828, op. cit., p. 67, p. 68.

*ceci est bien plus important, et généralement beaucoup moins attendu) qui peut aussi comparer les restes organiques. Nous sommes convaincus que vous allez poursuivre vos recherches et particulièrement en collectant et en déterminant les noms d'espèce des coquilles et zoophytes dans ces quelques groupes de roches que vous avez décrits.*¹⁹⁵

Lyell confirme ainsi que le texte de Forchhammer a été lu, que ses observations sur le terrain sont tout à fait conformes aux lois de la géologie mais il pointe la faiblesse de ce travail à savoir l'absence de nom d'espèce pour les fossiles de ces différentes roches, noms sans lesquels le travail reste incomplet et son interprétation difficile. Lyell espère que Forchhammer pourra donner ces noms mais comment faire avec des espèces inconnues jusque-là ? Il souligne le mot « espèce » comme le montre sa lettre manuscrite (fig. 19).

Deux remarques s'imposent : la première est que Lyell considère le Danemark comme un pays perdu « si loin dans le Nord de l'Europe » alors qu'il est à la même latitude que l'Ecosse, évidemment très au nord de Londres ; la deuxième est son étonnement qu'un géologue de ce pays puisse mener des études géologiques de valeur, d'autre part.

Il est aussi fort probable que cette lettre soit le premier contact entre Lyell et Forchhammer. En effet, cette missive est précédée en première page, par une introduction du minéralogiste anglais Robert Allan (1806-1863) membre de la *Geological Society*, datée du 15 octobre 1829, qui présente Lyell à Forchhammer et lui demande de répondre à l'attente de Lyell concernant le voyage qu'il projette de faire en Islande et auquel Allan participera s'il en a l'opportunité. Cette première lettre de Lyell à Forchhammer marque le début d'une correspondance amicale et régulière entre les deux hommes, qui se poursuivra jusqu'à la mort de Forchhammer.

¹⁹⁵ « *We have all read your paper on the Chalk formation in Denmark with great interest & profit, & I was particularly glad to see that we have a fellow labourer in geology so far to the North of Europe who can duly appreciate not only the laws of superposition, & the means afforded by mineral composition of identifying formations, but (what is much more important, & much less generally attended to) who can compare the organic remains. We trust you will persevere in your investigations & particularly in collecting and ascertaining the names of species of shells & zoophytes in those several groups of rocks which you describe.* »
Lettre de Lyell à Forchhammer, 21 octobre 1829. Fonds Forchhammer. Correspondance étrangère. ASNM.

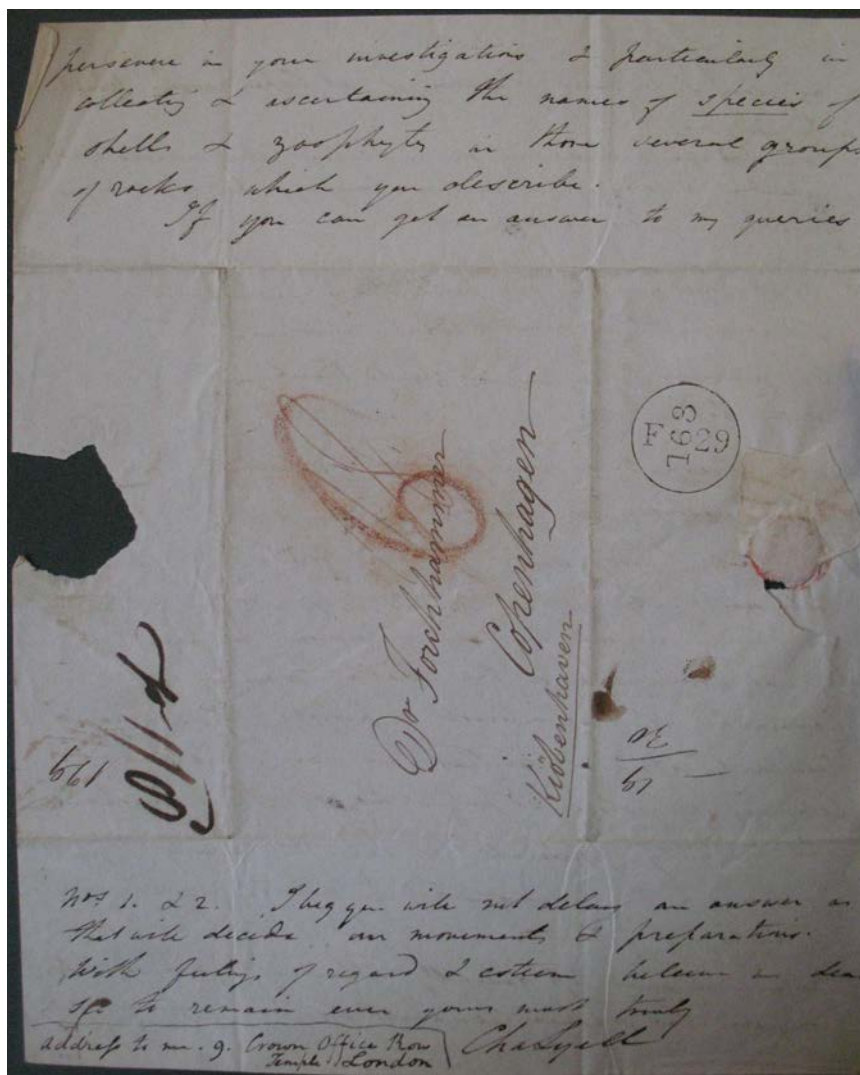


Figure 19 – Fin de la lettre de Lyell à Forchhammer du 21 octobre 1829 montrant l'importance qu'attache Lyell à la détermination du nom d'espèce et pas simplement du nom de genre.
Source : Fonds Forchhammer, ASNM.
Cliché F. Dreyer.

- Une diffusion plus large

Les interprétations de Forchhammer en 1828 vont être présentées succinctement en 1832 dans un court texte « *Cretaceous Rocks at Stevensklint, Seeland* » dans *A geological Manual* de De la Beche¹⁹⁶. Celui-ci s'intéresse tout particulièrement à la description de ces roches par

¹⁹⁶ *A geological Manual* a été traduit en français par A.J.M. Brochant de Villiers (1772-1840) sous le titre *Manuel géologique* en 1837, avec quelques erreurs. Il est intéressant de noter l'utilisation répétée, en anglais, en 1832, des termes crétacé et supracrétacé ainsi que les différences de sens ou de vocabulaire dans la traduction française: les « rocks » deviennent les « terrains » ; les « remains of the genera » (restes des genres) deviennent les « espèces fossiles ». Le terme espèce ne semble pas adapté ici, seul le nom des genres étant donné, ce qui montre qu'à cette époque encore la détermination des espèces demeurait insuffisamment établie et utilisée. Le calcaire juste au-dessus de l'argile « *is nowhere entirely wantig* » (il ne manque nulle part complètement) a été traduit par « et quelquefois même ce calcaire manque tout-à-fait », « *alternation* » devient « alternative » alors que dans le sens de la phrase cela correspondrait davantage à alternance) ; et enfin, « *the supercretaceous period* » qui a un sens temporel très net est traduit par les terrains supracrétacés. Cette remarque avait déjà été formulée à propos du texte

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 Forchhammer, H. 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.*¹⁹⁷

Pour la première fois concernant les sites danois, il est fait référence à Maastricht, où les changements semblent avoir été plus progressifs qu'à Stevns Klint. On peut se demander si la précision faite par Forchhammer *bien qu'il soit indéniable que l'on passe de l'une dans l'autre par degrés* n'est pas de circonstance, car en contradiction avec l'idée qu'il se fait du passage de la craie au tertiaire. En effet, nulle part dans ses observations il ne soutient une telle interprétation. Il insiste au contraire sur les faunes fossiles totalement différentes (de façon exclusive) et sur la lithologie, elle aussi différente.

Les assertions de Forchhammer dans son texte anglais de 1828 relayées par H. De la Beche dans son *Geological Manual* en 1832, vont avoir un certain retentissement parmi les géologues anglais. Est-ce l'affirmation que des roches contenant des fossiles de la craie blanche recouvrent des roches contenant des fossiles supposés tertiaires à Stevns Klint, d'une part, et que la craie blanche de Møn, à fossiles de la craie ordinaire, soit contemporaine des blocs erratiques, d'autre part, est-ce donc cette affirmation clairement exposée par H. De la Beche qui aurait ravivé l'intérêt de Lyell ? Probablement puisque Lyell note dans son journal que, au cours de son voyage vers Copenhague, il lit Forchhammer et De la Beche à propos de la craie¹⁹⁸. D'autre

danois. In DE LA BECHE H.T., 1837, *Manuel géologique*, trad.franç. de la 2^e éd. par A.-J.-M. BROCHANT DE VILLIERS, Bruxelles, Méline, Cans et Cie, p. 463-464.

¹⁹⁷ « *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 more 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.*» DE LA BECHE H.T., 1832, *A geological Manual*, 2^e éd., London, Treuttel and Würtz., p. 517.

¹⁹⁸ Journal. To his wife. Copenhagen, May 28, 1834. In LYELL CH., edited by LYELL K. M., 2010a, *Life, letters and journals of Sir Charles Lyell, Bart*, vol.1, Cambridge, Cambridge University Press, p. 408.

part, le 21 mai 1834, il écrit : « *J'ai lu Forchhammer et je suis tout à fait certain que la géologie des îles danoises, Møen et Seeland en particulier, est l'une des choses les plus importantes que j'ai à faire, [...]* »¹⁹⁹ ce qu'il confirme dans une lettre en français qu'il adresse à Forchhammer à son arrivée à Copenhague, le 28 mai 1834 (Correspondance, lettre 4) : « *Votre interessante memoire sur la crai de Denmark si bien connu chez nous et publié en Brewst. [...], n°17 - a excité beaucoup de disscussion - surtout, sur le point sur quel vous insistez, la superposition de la crai a un sable aux galets et blocs de granite de en Moen. Je dois visiter cet endroit.* »²⁰⁰ Son intention est donc de visiter Møn et Stevns Klint mais il est évident que le point crucial pour lui est Møn et ses relations géologiques si surprenantes. L'organisation de son voyage est parfaitement établie : « *Je pense que je pourrais partir d'ici Vendredi matin a bonne heure par terre par Seeland – visiter Stevensklint – et puis a Moen Samedi – et puis Dimanche matin je retournerai ici par le bateau a vapeur qui vient de Kiel et qui touche a Gronsund en Moen. J'ai arrangé ça avec le Capitaine du bateau-a-vapeur.* » La lettre étant datée du mercredi 28 mai, deux jours avant son départ prévu pour la Seeland, « *C'est trop d'esperer que vous pourriez m'accompagner car je dois partir apres demain et je sais bien que vous etes toujours tres occupé.* »²⁰¹ C'est déjà la deuxième missive (la première, fig. 20) qu'il adresse à Forchhammer depuis son arrivée le matin même à Copenhague, montrant par-là à quel point il est désireux de le rencontrer et de discuter avec lui de nombreux points de géologie sur le Danemark mais aussi le Holstein qu'il vient de visiter. « *C'est un grand objectif pour moi d'obtenir que Forchhammer vienne avec moi, [...]* »²⁰², dit-il dans son journal. Et il aura gain de cause puisqu'il obtiendra de Forchhammer qu'il l'accompagne sur les sites de Stevns Klint et Møn. « *Après un travail de six heures au Museum avec Forchhammer, il a accepté de venir à Møen, en Seeland etc., avec moi. Nous partons demain à six heures.* »²⁰³

¹⁹⁹ « *I have been reading Forchhammer, and am quite sure that the geology of the Danish isles, Møen and Seeland in particular, on my way to Copenhagen, will be one of the most important things I have to do.* » Journal. To his wife. On board ship for Hamburg : May 21, 1834. *Ibid.*, p. 407.

²⁰⁰ Bien que Forchhammer sache l'anglais, Lyell choisit d'écrire cette lettre en Français. Lettre de Lyell à Forchhammer, 28 mai 1834, (lettre XXXVIII). Fonds Forchhammer. Correspondance étrangère. ASNM.

²⁰¹ Lettre de Lyell à Forchhammer, 28 mai 1834, (lettre XXXVIII). Fonds Forchhammer. Correspondance étrangère. ASNM. (Correspondance, lettre 4)

²⁰² « *It being a great object for me to get Forchhammer to go with me, [...]* ». Journal. To his wife. Copenhagen, May 28, 1834. LYELL CH., edited by LYELL K. M., 2010a, *op. cit.*, p. 410.

²⁰³ « *After six hours' work with Forchhammer in the museum, he agreed to go to Møen, Seeland, &c., with me. We start to-morrow at six o'clock.* » Journal. To his wife. Copenhagen, May 29, 1834. *Ibid.*, p. 410.

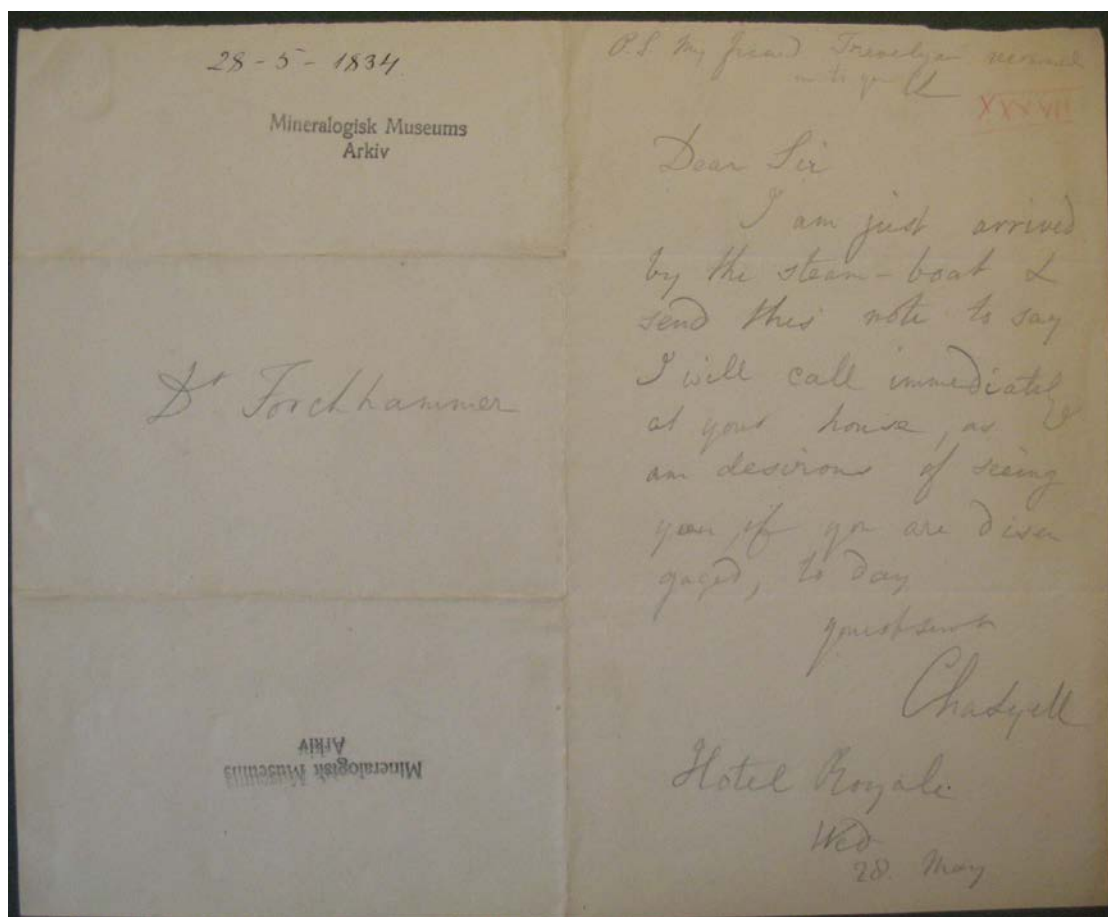


Figure 20 – Message de Lyell à Forchhammer à son arrivée à Copenhague le 28 mai 1834. © F. Dreyer. Ce message sera suivi, le même jour, d'une deuxième missive lui exposant ses projets d'aller à Møn et Stevns Klint et le priant de se joindre à lui. Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Comme le montre le journal de Lyell, tout se passe comme il l'avait prévu. Ils prirent même le temps de visiter au passage les carrières de Faxø. Si l'on considère la distance parcourue, deux cent miles anglais soit un peu plus de trois cents vingt kilomètres par la route, en plus du ferry entre Sjælland et Møn, vu la lenteur des voyages à l'époque, cela représente peu de temps accordé à chaque site. Ils passeront une demi-journée à peine à Stevns Klint et Faxø, assez cependant pour observer les relations entre les couches mais certainement pas pour échantillonner significativement des fossiles même si le calcaire de Faxø est très fossilifère²⁰⁴. Ils consacreront une journée à Møn, si fondamental pour Lyell. Les falaises de Møn, très abruptes, étant peu accessibles et la plage très étroite, ils prirent un bateau pour pouvoir les observer avec davantage de recul et ainsi mieux visualiser les relations entre la craie et le conglomérat (argile et sable). Sur le bateau devant Møn, la discussion a dû être vive car les

²⁰⁴ Lyell a quand même ramassé un certain nombre de fossiles puisqu'il les fait déterminer par Beck lorsqu'à son retour il va le voir au *Museum* du Palais. Journal. To his wife. Malmö, June 4, 1834. In *Ibid.*, p. 413.

pêcheurs racontèrent qu'ils avaient entendu des cris et vus de grands gestes comme si Lyell et Forchhammer se disputaient. Mais Garboe suggère que les gesticulations étaient liées au désir d'indiquer ce que chacun voyait et que les cris pouvaient être dus à des difficultés linguistiques²⁰⁵, mais ce dernier point semble peu probable car Lyell lui-même écrit que *Forchhammer parle et comprend l'anglais comme un Anglais*.²⁰⁶ En outre, les relations entre les deux hommes semblent avoir été plutôt amicales et de respect mutuel au vu de leur abondante correspondance. D'ailleurs, Forchhammer avait dû apprécier Lyell si l'on considère la lettre d'introduction très élogieuse qu'il fit de Lyell au professeur Nilsson de Lund²⁰⁷, (Correspondance, lettre 5) trois jours à peine après leur retour, montrant par là qu'il ne tenait aucune rigueur à Lyell quant à leur controverse sur Møn et Stevns Klint.

De retour à Copenhague, Lyell écrira dans son journal : « *J'ai vu la jonction de la craie supérieure et les couches de Ciplly ou Maestricht*²⁰⁸, et me suis assuré que le Dr. Forchhammer avait mal interprété les falaises de Möen et leurs relations géologiques. Mais le cas était des plus difficiles, [...] ».^{209, 210} Pourtant Forchhammer n'a pas été convaincu facilement comme le dit Lyell lui-même : « *Le Dr. Forchhammer n'a pas souscrit pleinement à ces opinions en 1834,*

²⁰⁵ GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p. 232.

²⁰⁶ « *Forchhammer speaks and understands English like an Englishman.* » Journal. To his wife. Copenhagen, June 1, 1834. LYELL C., edited by LYELL K. M., 2010a, *op. cit.*, p. 412.

²⁰⁷ Forchhammer écrit ainsi : « Le porteur de cette lettre est Mr. Lyell, l'un des plus remarquables géognostes et qui à mon avis attaque précisément la question du bon côté. Il est aussi l'un des hommes les plus agréables que je connaisse, de sorte que je suis convaincu que faire sa connaissance sera pour vous aussi intéressant que cela a été pour moi. » Lettre de Forchhammer à Nilsson, du 4 juin 1834. Lyell le remerciera dans ses lettres envoyées l'une de Lund en juin 1834 (lettre XXXIX) et l'autre de Götteborg en juillet 1834 (lettre XL). D'autre part, Lyell semble avoir confiance en son jugement sur divers points notamment en ce qui concerne l'altération des minéraux et le métamorphisme (lettre XLI du 13 janvier 1835), etc. Fonds Forchhammer. Correspondance étrangère. ASNM.

²⁰⁸ Juste avant son arrivée à Copenhague, Lyell rappelait à sa femme, dans son journal, que Deshayes lui avait dit que les fossiles de Scanie étaient ceux de Maestricht et Ciplly, et, en se fondant sur les *Crania* et autres coquilles mentionnées par Forchhammer, il pensait trouver qu'il en était de même pour Møn. Ainsi, il part au Danemark avec une idée préconçue et semble aller sur le terrain pour confirmer l'idée qu'il s'est faite concernant les fossiles de Stevns Klint, Faxø et Møn.

²⁰⁹ « *I have seen the junction of the upper chalk and Ciplly or Maestricht beds, and satisfied myself that Dr. Forchhammer has misinterpreted the Möen cliffs and their geological relations. But the case was a most difficult one, [...]* ». Journal. To his wife. Copenhagen, June 1, 1834. LYELL C., edited by LYELL K. M., 2010a, *op. cit.*, p. 411.

²¹⁰ Dans son journal, en date du 4 juin 1834, Lyell relate que lors de la visite du Prince Christian de Danemark à la collection pour étudier les coquilles, celui-ci en vint à discuter de Møn. « [...], *ma tâche était délicate. Il aurait été facile de charger Forchhammer au profit de Vargas, Beck et les autres, qui pensent qu'il a tort, et auraient été heureux de saluer ma décision bien qu'à certains égards je pense qu'ils ont tort aussi. J'ai insisté sur la difficulté du cas et déclaré que si je n'avais pas étudié les deux cas, île de Wight et Norfolk, je serais peut-être tombé dans ce que j'ai appelé l'erreur de Forchhammer. Qu'il a dix ans d'expérience de géologie de plus maintenant que lorsqu'il a écrit sur Möen. En bref, j'ai pris soin de rendre justice à Forchhammer, louant aussi la franchise avec laquelle il a maintenant tendance à abandonner l'opinion à laquelle il était si manifestement attaché.* » In *Ibid.*, p. 413.

*mais il semble les avoir adoptées depuis, pour la plupart, dans un excellent mémoire sur la géologie du Danemark, [...] ».*²¹¹

Mais avant de publier, après leur expédition de trois jours, Lyell et Forchhammer continuent leurs échanges épistolaires. Selon Garboe, Forchhammer note à plusieurs reprises dans son journal de 1834 des envois de fossiles à Lyell. Réciproquement, Lyell fait allusion à ces envois dans plusieurs lettres adressées à Forchhammer, (celles du 13 janvier et du 18 octobre 1835²¹², notamment – Correspondance, lettre 6). Au cours de l'année 1835, tous deux publièrent les interprétations de leurs observations conjointes et semblent avoir trouvé une position consensuelle. Lyell lit le 13 mai 1835, à la Geological Society of London, un mémoire intitulé *On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Møn* et publié avec dessins, coupes et planche, dans les *Transactions of the Geological Society of London* de 1837-1840. Un résumé en a été publié dans les *Proceedings of the geological Society of London* dès 1835 et dans lequel Lyell précise que le « *Dr. Forchhammer est maintenant d'accord avec moi sur les principales conclusions [...] »*²¹³. Forchhammer, quant à lui, intègre ses observations dans une étude de l'ensemble des relations géognostiques du Danemark et publiée à la fin de l'année 1835, un livre de 112 pages avec schémas et carte, intitulé *Danmarks geognostiske Forhold [...]*.²¹⁴

²¹¹ « *Dr. Forchhammer did not fully concur in these opinions in 1834, but he appears to have since adopted them for the most part, in an excellent memoir on the geology of Denmark, [...] »*. LYELL Ch., 1835-1836, « Address to the Geological Society, delivered at the Anniversary, on the 19th of February, 1836 », *Proceed. of geol. Soc. of London*, vol. II, p. 366.

²¹² Fonds Forchhammer. Correspondance étrangère. ASNM.

²¹³ « *Dr. Forchhammer now agrees with the author in the principal conclusions [...] »*. LYELL Ch., 1835b, « On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Møen », *Proceed. of geol. Soc. of London*, vol. II, p. 192.

²¹⁴ Danmarks geognostiske Forhold : forsaauidt som de ere afhaengid af Dannelser, der ere sluttede. Fremstillede i et Indbydekseskraft til Reformationsfesten den 14^{de} novbr. 1835. « 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 ».

3) Lyell tranche : le calcaire de Faxe est un récif corallien crétacé

Les observations de Lyell et Forchhammer à Stevns Klint

Tous deux commencent par une description de la falaise de Stevns Klint qui résume parfaitement la situation (fig. 21 et 22).

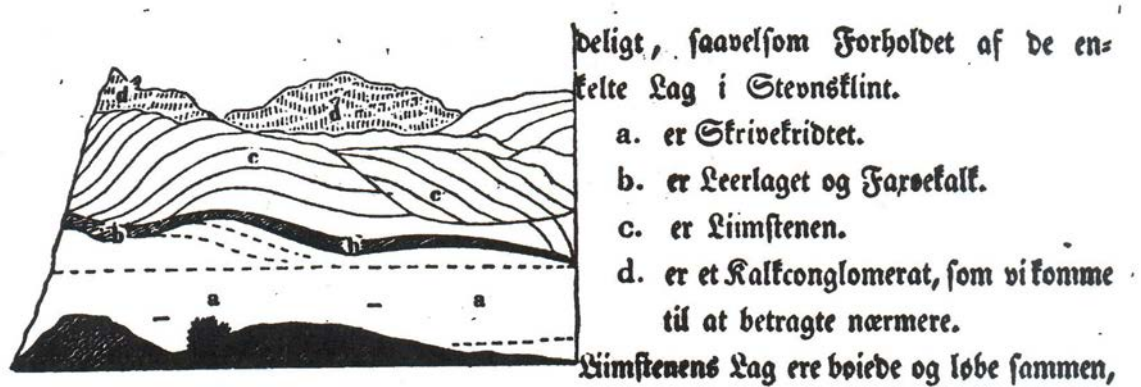
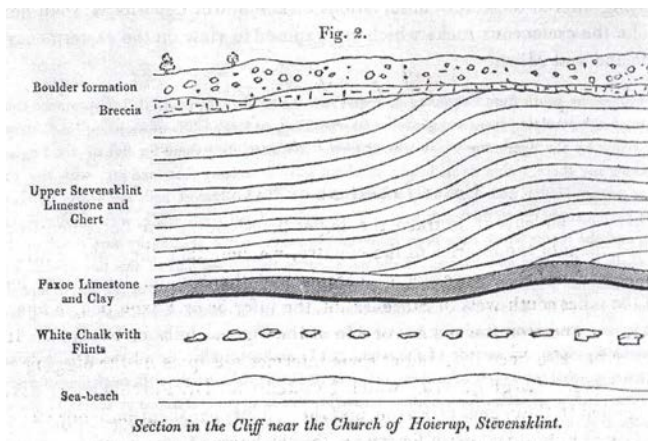
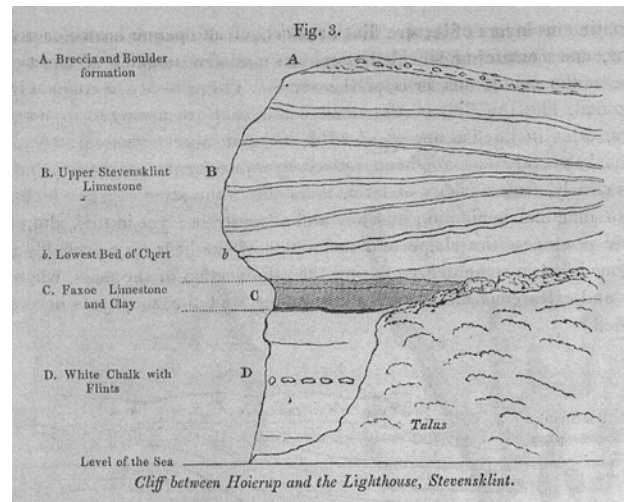


Figure 21 – Coupe de la falaise de Stevns Klint par Forchhammer (1835, p.82) : a. la craie blanche, b. la couche d'argile et le calcaire de Faxe, c. le calcaire, d. le conglomérat calcaire que nous venons d'examiner en détail.



Face



Coupe

Figure 22 – La falaise de Stevns Klint par Lyell (1835). In LYELL Ch., 1837-1840.

A la base de la falaise, on trouve la craie blanche appelée par Forchhammer, en 1835, *Skivekridt*²¹⁵ et caractérisée par les mêmes fossiles que ceux de la craie supérieure de France et d'Angleterre. « Immédiatement au-dessus de la surface de la craie, à Stevnsklint, un lit d'une argile bitumineuse et feuilletée, d'un à quelques pouces, marque nettement le début d'un

²¹⁵ *Skivekridt* ou « craie à écrire » (nom danois de la craie blanche).

nouvel ensemble de strates, sans analogue dans le système Crétacé supérieur en Angleterre. »²¹⁶ Au-dessus de l'argile, un calcaire dur, jaunâtre, de un à trois pieds d'épaisseur, est appelé calcaire de Faxø, car c'est là qu'il est le plus développé. Il contient des fossiles communs avec la craie blanche (Forchhammer en cite 10 dont *Baculites Faujasii* - ammonite hétéromorphe, déroulée - non citée en 1825) et des fossiles qui lui sont particuliers, notamment de nombreux univalves.

Le calcaire de Faxø est surmonté par une roche crayeuse et blanche contenant un grand nombre de coraux brisés avec des bivalves et autres coquilles de la craie blanche. Cette roche en surplomb est appelée *the upper Stevnsklint limestone* par Lyell. Forchhammer l'appelait le calcaire corallien en 1826, Nous éviterons cette dernière dénomination, basée sur la lithologie de la roche et qui prête à confusion car le calcaire de Faxø contient lui aussi des coraux.

Forchhammer détaille un peu les fossiles présents mais reste relativement bref.

Les conclusions de Forchhammer en 1835

Dans *Danmarks geognostiske Forhold*, Forchhammer est relativement peu disert, il n'accorde qu'à peine plus de trois pages au calcaire de Faxø. C'est un exposé assez laconique (très inhabituel au vu de ses précédents écrits) des observations sur le calcaire de Faxø suivi d'une sorte de mea culpa et d'une vague explication à l'importance du développement du calcaire de Faxø. Ce n'était pas à proprement parler le grand dessein de son livre.

Dans cette brève description du calcaire de Faxø se trouve la liste des fossiles²¹⁷ (Annexe 8). « *On ne peut pas nier que de nombreux fossiles relient cette formation à la formation de la craie* » pourtant il n'en cite que 10 espèces ; « *mais elle en a aussi beaucoup qui lui sont propres, [...]* »²¹⁸. Il dénombre dans le calcaire de Faxø (à Faxø et Stevns Klint) quarante espèces dont la plupart n'ont encore jamais été décrites. Il s'agit, de ce fait, de noms de genre, non pas d'espèce, excepté pour une, la *Terebratula flustracea*. Notons que tous les fossiles de la craie, déjà décrits et connus, sont désignés selon le système binominal utilisé par J. B. Monet de Lamarck (1744-1829) en France et par Ernst Friedrich von Schlotheim (1764-1832) dès

²¹⁶ « *Immediately upon the surface of the white chalk, at Stevnsklint, is a layer of bituminous laminated clay, from one to several inches in thickness which marks strongly the beginning of a new set of strata, and to which we have nothing analogous in our upper cretaceous system in England.* » LYELL Ch., 1837-1840, « On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Møen », Trans. Geol. Soc. London 2^o series, V, p.246.

²¹⁷ FORCHHAMMER G., 1835, *Danmarks geognostiske Forhold*, Kjöbenhavn, Kongelig og Universitets-Bogtrykker J.H. Schultz, p.77.

²¹⁸ « *Man kan ikke nægte, at mange Forsteninger forbinde denne Formation med Kridformationen, [...] men den har ogsaa meget Eiendommeligt, [...]* ». *Ibid.*, p.77.

1814, en Allemagne. Par contre, tous les fossiles propres au calcaire de Faxe n'ont qu'un nom de genre et devront être décrits avec précision et nommés. Forchhammer n'est pas à proprement parlé paléontologue ; il connaît bien les ouvrages de paléontologie, notamment ceux de Deshayes, mais il est avant tout minéralogiste. Ce travail appartenait à son compatriote Henrick Beck (1799-1863), zoologiste puis paléontologue, travail auquel celui-ci s'est attelé et sur lequel Lyell s'appuiera comme nous le verrons plus tard. L'imprécision des déterminations des fossiles, à cette époque, rend bien difficile les corrélations entre les différentes couches et les différentes régions. Seule une comparaison extrêmement minutieuse des coquilles fossiles entre elles permettrait ces corrélations. Certains naturalistes tels, par exemple, Beck au Danemark et Deshayes en France, font ce travail long et délicat. Curieusement, Forchhammer s'appuie moins sur les travaux de son compatriote Beck que sur ceux de Deshayes dont il connaît bien, de toute évidence, les études. C'est ainsi qu'il suggère, avec beaucoup de précautions cette fois, en s'appuyant sur les travaux de Deshayes, que l'on peut rapprocher les fossiles de Faxe de ceux de Maastricht et Ciply.

Il reconnaît, alors, avoir été frappé par l'écart important entre la série des formations de Stevns Klint et la craie, d'une part, et la grande quantité d'univalves jusqu'alors considérés comme propres au Tertiaire, d'autre part. Comme cette série était entre la craie et les galets, il l'avait supposée tertiaire et donc comparée au calcaire grossier pour le calcaire de Faxe et à l'argile plastique pour la petite couche d'argile. Son raisonnement est tout à fait logique.

Tout compte fait, la principale erreur, à ses yeux, a été cette comparaison avec le calcaire grossier et l'argile plastique, sans avoir déterminé avec précision les espèces. « *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 entre des formations de différents pays.* »²¹⁹ Il était facile de montrer l'erreur dans la comparaison avec le calcaire grossier et c'est peut-être ce qui a occulté tout le reste, le paradoxe de ces fossiles crétacés mélangés à des fossiles inconnus, propres au calcaire de Faxe (tertiaires ou non ?).

Il conclut, « *Le calcaire de Faxoe 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 Maestricht et Ciply.* »²²⁰

²¹⁹ « *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.

²²⁰ « *Faxoe-Kalk er altsaa en deel af Kridtformationen, som er enden eiendommelig for Danmark eller har sin Analogie i Lagene ved Maestricht og Ciply.* » *Ibid.*, p.79.

Dans son mémoire de 1826, au milieu d'observations de grande qualité, Forchhammer place des explications et des interprétations non étayées (comme l'appartenance du calcaire de Faxø au calcaire grossier) et parfois assez confuses, déconsidérant son travail d'observation. D'ailleurs, Lyell, dans son mémoire se réfère davantage aux travaux paléontologiques de Beck qu'à ceux de Forchhammer. Peut-être Forchhammer a-t-il été finalement trop discrédité par toutes ses erreurs ou interprétations erronées pour que l'âge tertiaire des formations de Faxø puisse être pris en compte. Lyell lui a magistralement opposé une autre façon d'observer et interpréter les relations stratigraphiques, notamment (et surtout) au sujet de Møn.

Sans entrer dans les détails des observations et interprétations concernant la craie de Møn, notons que le simple fait de prendre du recul (en bateau) pour mieux observer les falaises dans toute leur extension, a permis à Lyell de montrer que les relations anormales résultaient de perturbations postérieures au dépôt des couches²²¹, ce sur quoi Forchhammer est facilement tombé d'accord. Concernant la craie de Møn, l'interprétation de Forchhammer aurait peut-être pu être modifiée entre 1825 et 1835 si ses relations avec Beck avaient été plus cordiales²²². Rappelons-le, celui-ci avait publié en 1828 une liste d'une centaine de fossiles de la craie de Møn, tous fossiles de la craie blanche donc crétacés. Mais une collaboration avec Beck n'était pas chose facile. Ainsi, en considérant le critère paléontologique, il ne pouvait y avoir de doute. L'interprétation erronée de Forchhammer concernant Møn a pu, comme nous l'avons déjà dit, faire perdre leur crédibilité à ses autres travaux sur Stevns Klint et Faxø ou tout du moins en détourner l'attention. Cependant, l'objectif de Forchhammer était infiniment plus vaste puisqu'il s'agissait pour lui de déterminer les relations géognostiques du Danemark et de prouver que les formations successives formaient de grandes bandes de direction nord-ouest/sud-est (fig. 23). Ses interprétations de la stratigraphie de Stevns Klint, Faxø et Møn lui permettaient des corrélations avec d'autres sites et entraient bien dans ce cadre. Malgré des erreurs sur la stratigraphie danoise dans les craies supérieures et avec tous ses défauts, *Danmarks geognostiske Forhold* n'en demeure pas moins un traité fondateur²²³ et une première tentative d'écrire une géologie danoise moderne et de dresser la première carte géologique du

²²¹ Lyell et Forchhammer ont observé en plusieurs points de la falaise des cavités remplies de sable et d'argile incluses dans la craie, cavités reliées par des fissures à la surface. In LYELL Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p. 253. Lyell est convaincu que toutes les fois que des masses de sable et d'argile sont incluses dans la craie, une ligne peut être tracée entre elles et la surface de la falaise et que du sable et de l'argile se sont éboulés par ces fractures dans les cavités. Ce n'est que beaucoup plus tard que l'on a montré que les « perturbations postérieures au dépôt des couches » évoquées par Lyell et parfaitement décrites par Puggaard (1853, p. 5), étaient liées au fluage de l'ensemble sous le poids et le déplacement de l'inlandsis. (Annexe 9)

²²² GRAVESEN P., 2001, *op. cit.*, p. 12.

²²³ *Ibid.*, p. 13.

Danemark (fig. 23). 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.



Figure 23 – Carte géognostique du Danemark et des pays voisins par G. Forchhammer, 1835.
Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer

Le point de vue de Beck

Lyell s'appuie très largement sur les descriptions des spécimens de Faxe contenus dans la collection du Prince Christian de Danemark, réalisées par Beck qui en a étudié plusieurs centaines. Celui-ci a commencé, dans les années 1820, un ouvrage « *Gaea Danica* » qui devait représenter les fossiles danois, dont ceux de la craie blanche et de Faxe. C'est ce travail que

Lyell cite et dont il espère la publication prochaine, accompagné d'une description et des figures des nouvelles espèces²²⁴. Ce travail ne sera jamais achevé et il n'en reste que des gravures ou des dessins isolés, conservés notamment aux ASNM.²²⁵ 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 1835²²⁶, 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 fait 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* »²²⁷. 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.²²⁸. 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*.

La communication de Beck dans les *Proceedings* est très légèrement postérieure à celle de Lyell qui a beaucoup travaillé avec Beck dans les collections du Prince lors de son séjour à Copenhague. Lyell qui a trouvé Beck très bon en conchyliologie, semble avoir une grande confiance dans ses déterminations et leurs opinions sont convergentes. Ainsi, les thèses de Lyell basées sur leur collaboration sont acceptées dans le monde naturaliste anglais et danois de l'époque.

Malgré tout, Beck cherche à faire une comparaison approfondie et précise, 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, alors référence de tous les géologues pour les terrains situés entre la craie et les formations tertiaires – le calcaire grossier. Par contre, il rapproche davantage le calcaire de Faxø des couches trouvées

²²⁴ LYELL Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p.249.

²²⁵ GRAVESEN P., 2001, *op. cit.*, p. 12. Gravesen indique les archives du musée géologique (*Geologisk Museum*). Celles-ci ont rejoint celles du *Staten Naturhistoriske Museum* en 2004.

²²⁶ BECK H.H., 1835-1836, « Notes on the Geology of Denmark », *Proceed. of geol. Soc. of London*, vol. II, p. 217-219.

²²⁷ « *They contain some of the characteristic fossils of white chalk and some which are peculiar [...]* ». *Ibid.*, p. 218.

²²⁸ Les fossiles non cités par Forchhammer sont soulignés. *In Ibid.*, p. 218.

à Künruth²²⁹ près de Liège, qui ont en commun avec les couches de Faxe, *Baculites Faujasii*, *Nautilus fricator* (Beck), *Fusus elangatus* (Beck), et *Terebratula subgigantea* (Schlotheim)²³⁰ tout en précisant qu'il n'a pas pu identifier un seul fossile de Faxe 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 Leopold von Buch (1774-1853) -, ni à aucun fossile de Gosau²³¹, ni à aucun des fossiles tertiaires décrits jusqu'ici. Autrement dit, les couches de Faxe ne sont pas tertiaires. Mais, pour Beck, elles ne sont pas non plus des couches de Maastricht contrairement à ce que pense et affirme Lyell, bien qu'ils aient travaillé ensemble et que Beck soit sa référence en ce qui concerne la paléontologie danoise.

Les conclusions de Lyell

Lyell détaille la description du calcaire corallien de Faxe. Celui-ci est parfois presque exclusivement composé de zoophytes cimentés par de la craie ; parfois plus compact, il présente, bien visibles à la loupe, des empreintes de structures coralliennes traversées par des cavités vermiformes. Selon Lyell, Charles Darwin (1809-1882) pense que ces cavités seraient des terriers creusés par des Annélides, comme ceux que l'on voit dans les récifs coralliens actuels. Parmi les coraux les plus abondants, sont cités *Caryophyllia Faxoensis* (Beck) (Fig.4, fig. 24) dessiné par Beck d'après un échantillon de la collection du Prince Christian de Danemark, et un autre genre proche des *Isis*, lui aussi représenté (Fig. 5, fig. 24).

La liste des coquilles fossiles qu'il produit est la plus détaillée de toutes (Annexe 8) mais là encore, ce ne sont que des noms de genres. Il introduit sa liste par « *La chose la plus frappante, concernant leur stricte appartenance à l'ère crétacée, est le grand nombre d'univalves spiralés qui, c'est bien connu, sont extrêmement rares dans la craie blanche à travers l'Europe* »²³², ce qu'il cherchera à expliquer comme nous le verrons plus loin. Il dénombre dans le calcaire de Faxe, dans l'ensemble, plus de trente espèces d'univalves... et aucune n'est commune à la

²²⁹ Il s'agit de Kunrade près de Heerlen aux Pays-Bas, à l'est de Maastricht. In GRAVESEN P., 2001, *op. cit.*, p. 15. Actuellement, le Kunrade-kalk est attribué au Maastrichtien. D'après Beck, le calcaire de Faxe et le calcaire de Kunrade ont quatre fossiles en commun.

²³⁰ BECK H.H., 1835-1836, *op. cit.*, p. 219.

²³¹ Gosau, en Autriche, où ont été trouvés des terrains attribués par Sedgwick et Murchison au tertiaire et par Boué à la craie inférieure, terrains au centre d'une vive controverse. Actuellement, on attribue un âge crétacé supérieur aux couches de Gosau (Coniacien à Maastrichtien).

²³² « *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* ». LYELL Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p.249.

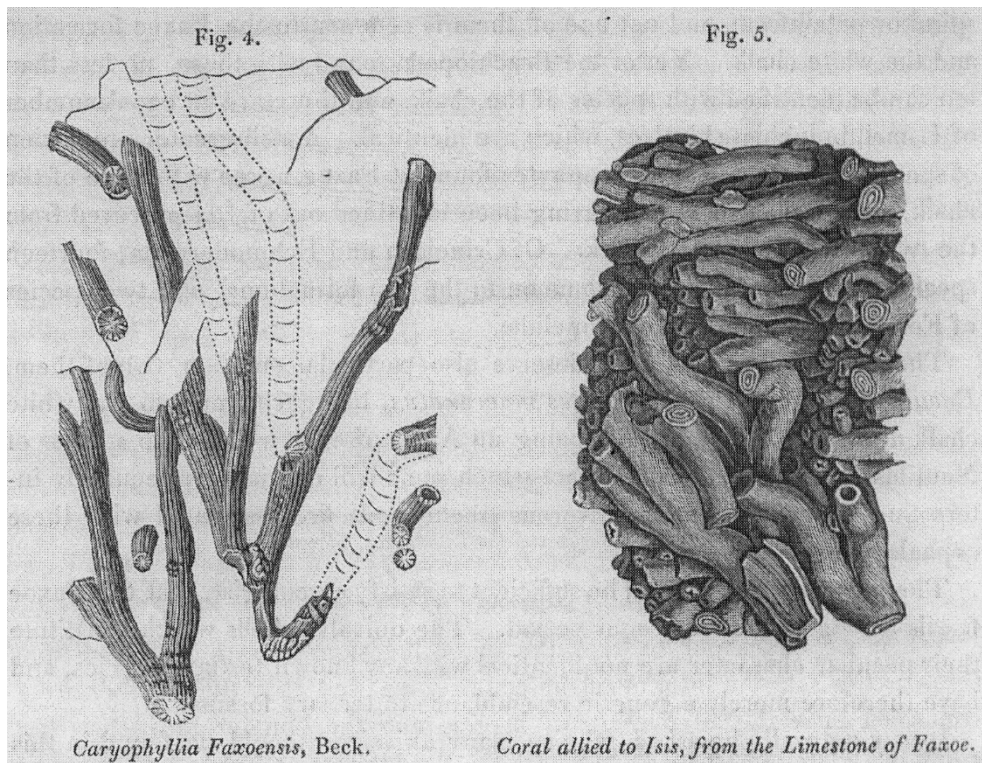


Figure 24 – Fossiles d'un échantillon du calcaire de Faxoe, collection du Prince Christian Frederik de Danemark, dessinés par Beck. In LYELL Ch., 1837-1840.

formation de Faxoe et à la craie²³³. Mais parmi les autres groupes, beaucoup d'espèces sont communes au calcaire de Faxoe et à la craie²³⁴, trente-huit espèces (mais sur combien ?) et surtout, « une proportion encore plus grande d'éponges, coraux et autres zoophytes²³⁵ trouvés à Faxoe, concorde avec ceux de la craie »²³⁶. Enfin, parmi les Céphalopodes, *Baculites Faujasii* et *Belemnites mucronatus*, sont communs à la craie blanche et à Faxoe, et il y a une Ammonite ainsi que deux espèces de Nautilus... Et il conclut :

Les faits exposés ci-dessus seront suffisants pour convaincre un géologue que les fossiles de Faxoe appartiennent à la période crétacée. Les coquilles univalves qui constituent leur caractère particulier, ne sont identiques à aucune espèce tertiaire

²³³ Parmi lesquelles deux espèces de *Cypræa* dont une est représentée sur la planche XVIII, FIGS. 1, 2, 3 (Annexe 10), une d'*Oliva*, deux de *Mitra*, quatre du genre *Cerithium*, six de *Fusus*, deux de *Trochus*, une de *Triton*, une de *Nassa*, une de *Bulla* et plusieurs autres. Il y a aussi une *Patella* et une *Emarginula*. In *Ibid.*, p. 250.

²³⁴ 10 Brachiopodes et 10 Lamellibranches, 14 Crinoïdes et Echinodermes, 2 espèces de Foraminifères et 2 Annélides. In *Ibid.*, p. 250.

²³⁵ Le groupe des Zoophytes était un groupe d'animaux inférieurs qui, à l'époque, comprenait, entre autres, les Eponges, les Coraux, les Anémones de mer, etc. auxquels il faudrait rajouter les Bryozoaires. Les coquilles (bivalves et univalves) n'en font pas partie.

²³⁶ « A still greater proportion of sponges, corals, and other zoophytes found at Faxoe, agree with those of the chalk ». LYELL Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p. 250.

*connue et présentent donc simplement une ressemblance générique avec les fossiles tertiaires.*²³⁷

Dans sa communication des *Proceedings*, il dira plus simplement :

*Sur l'ensemble, il y a dans la collection du Prince Christian du Danemark, 132 espèces de coquilles fossiles provenant des couches de Faxoe, dont 26 ont été déterminées par Mr. Beck comme étant identiques aux espèces de la craie, tandis que les autres en sont distinctes, mais ne correspondent pas aux coquilles tertiaires connues.*²³⁸

26 espèces de coquilles fossiles sur 132 sont communes à la craie et à la formation de Faxoe. 40% des zoophytes et 20% seulement des coquilles de Faxoe sont communes avec la craie... cela fait bien peu. Les 80% restants sont des espèces nouvelles, non encore décrites, ne ressemblant à aucune espèce tertiaire connue et dont il ne donnera lui aussi, bien sûr, qu'un nom de genre.

Quels sont finalement, en 1835, les critères pour qu'une formation appartienne au Crétacé ou qu'elle appartienne au Tertiaire ? Ceci n'est formulé nulle part, ni par Forchhammer, ni par Beck, ni par Lyell. Suffit-il d'une espèce tenue pour caractéristique de la craie pour que la roche soit crétacée ? De la même façon, que faut-il pour qu'une espèce soit considérée comme tertiaire ? Ici, on est devant des espèces nouvelles, non encore décrites, qui n'appartiennent pas à des formations tertiaires connues mais qui, comme les univalves, ont *seulement une ressemblance générique avec des fossiles tertiaires*. On pourrait 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. Pourtant certaines remarques montrent que les choses n'étaient pas si simples pour eux.

²³⁷ « 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 ». *Ibid.*, p.249-250.

²³⁸ « 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 ». LYELL Ch., 1835b, *op. cit.*, p. 192.

Même si l'attribution au Crétacé du calcaire de Faxø ne leur semble pas douteuse, l'ensemble fossile ne rentre pas dans un cadre habituel et exige donc quelques explications, quelques interprétations pour répondre aux questions soulevées par le calcaire de Faxø.

Le *Nautilus danicus* pose la question de la détermination et de la distribution des espèces

Beck, Forchhammer et Lyell ont tous trois abordé la question du *Nautilus danicus* (fig. 17, Annexe 10) trouvé dans les calcaires de Faxø. Lyell et Forchhammer mettent l'accent sur l'intérêt du *Nautilus danicus Schlotheim* que L. von Buch²³⁹ a formellement reconnu comme identique au *Nautilus aganicus* du Lias en comparant en 1834 un exemplaire de Faxø avec un calcaire corallien jurassique allemand. Mais tous deux n'en font pas le même usage.

L'interprétation de Forchhammer : une seule espèce, des réapparitions

Le *Nautilus aganicus* étant présent au Jurassique et au Crétacé, Forchhammer le considère comme « [...] un curieux exemple d'un animal qui, dans des circonstances similaires, paraît dans deux moments très distincts les uns des autres [...] », fait déjà observé pour des « [...] plantes de la formation du charbon qui se trouvent à nouveau dans les formations de charbon placées dans le Lias. »²⁴⁰ Plusieurs remarques s'imposent à propos de ce court texte. La première est la notion qu'une espèce peut exister à des moments très éloignés mais l'espèce vit-elle dans le cas présent du Jurassique jusqu'au Crétacé ou bien celle-ci apparaît-elle deux fois ? L'utilisation du verbe « *forkomme* » (paraître, se trouver) pourrait le laisser supposer d'autant que l'espèce paraît dans des « *conditions similaires* ». Les conditions du milieu permettraient l'apparition de l'espèce autant de fois qu'elles se produiraient. L'imprécision du texte laisse libre court à toutes les interprétations possibles. Dans tous les cas, une espèce ne serait pas cantonnée à une époque restreinte. Comme il s'agit d'un *exemple d'un animal*, on peut supposer que le fait ne concerne pas toutes les espèces ; si tel était le cas, aucun fossile ne pourrait plus servir de marqueur pour une période donnée. La deuxième remarque concerne la dénomination des époques qui commence à se préciser. Les termes de « Lias », « Crétacé » (*Kridttid*) font leur apparition dans les textes de Forchhammer. En 1826, dans son texte en

²³⁹ VON BUCH dans Leonhard and Bronn's Neues Jahrbuch, 1834, p. 533.

²⁴⁰ « [...] et mærkværdigt Exempel paa et Dyr, der under lignende Omstændigheder forekommer i to fra hinanden meget forskjellige Tider, [...] den ældre Kulformations Planter atter finde sig i Liasskiferne Kuldannelse. » FORCHHAMMER G., 1835, *op. cit.*, p. 78.

danois, il n'utilise qu'une fois le terme *Kridttid* en parlant des *Kridttidens Dyr*²⁴¹ qui semble plutôt employé dans le sens des « animaux de l'époque de la craie ». En 1828, dans sa publication en anglais il utilise *chalk* (craie). Ce n'est que plus tard que le mot *Kridttid* sera employé pour signifier Crétacé et il le sera abondamment en 1835 dans *Danmarks geognostiske Forhold*. Enfin, l'absence de dénominations claires et internationales pour les différentes époques rend les explications plutôt complexes et confuses. Comment éviter la confusion entre la *formation du charbon*, c'est-à-dire le Carbonifère et les *formations de charbon* d'une autre époque ? Ceci rejoint le problème fondamental de la stratigraphie qui, longtemps basée sur les caractères lithologiques, ne peut plus se suffire de ces critères et de ces dénominations. En effet, les caractères lithologiques sont déterminés plus par les conditions du milieu de dépôt que par l'époque. Cette notion est, en 1835, assez clairement établie, mais les dénominations des époques reste encore très incomplète faute de données sinon exhaustives, du moins suffisamment nombreuses. Les corrélations entre terrains très distants ne sont encore que très partielles et sont un des principaux objets d'étude de l'époque.

L'interprétation de Lyell : une ou plusieurs espèces, problème de détermination

Lyell mettra quant à lui l'accent sur la détermination des espèces. L. von Buch estime que le *Nautilus danicus* est identique au *Nautilus aganiticus*, appelé *Nautilus sinuosus* par le comte Georg de Münster (1776-1844), suivant James Sowerby (1757-1822). Cependant Beck²⁴², comme nous l'avons remarqué ci-dessus, refuse cette identité et E.F. von Schlotheim²⁴³ a déjà souligné les différences. Par une note de bas de page²⁴⁴, Lyell, sans prendre position, montre les désaccords entre géologues et la difficulté de déterminer avec exactitude les espèces, de les distinguer pour pouvoir les utiliser correctement en stratigraphie. Il est clair que, tant que l'on n'aura pas reconnu, nommé et recensé avec certitude les différentes espèces, il sera impossible d'en faire un bon usage en stratigraphie. Un consensus se fait à ce niveau dans le monde scientifique de cette époque et nombreux sont ceux qui cherchent à combler les lacunes.

L'absence des univalves dans la craie pose la question de la signification de l'absence de fossile : non-existence de l'espèce ou mauvaise conservation des coquilles ?

²⁴¹ FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p.263.

²⁴² BECK H., 1835-1836, *op. cit.*, p. 218.

²⁴³ SCHLOTHEIM, E. F. von, 1820, *Die Petrefactenkunde*, Gotha, Becker'sche Buchhandlung, p. 83.

²⁴⁴ LYELL Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p.250.

Rappelons-le, Lyell introduit la liste des fossiles du calcaire de Faxø 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, c'est bien connu, sont extrêmement rares dans la craie blanche à travers l'Europe.* » 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 Faxø s'est formé présentait des conditions locales plus propices, mieux adaptées²⁴⁵ à l'existence et la multiplication des testacés univalves, la deuxième étant que la matrice rocheuse a permis une meilleure conservation de leurs tests, de leurs coquilles. Les deux sont possibles mais Lyell penche pour la seconde dans la mesure où, à Faxø, les coquilles des fossiles ont disparu et 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 Faxø 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 Faxø. Cependant William Lonsdale (1794-1871) a montré à Lyell, après que ce dernier a écrit cette thèse, 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 études et des découvertes peuvent remettre en question à tout moment les thèses proposées. Ici, Lyell se contente de noter les observations de Lonsdale mais sans revenir sur ses propos.

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

La troisième remarque est à propos de la nature de la craie et du calcaire corallien. Dans le calcaire de Faxø, les coraux et un petit crabe, le *Brachyurus rugosus*, (fig. 16) tel que ceux qui foisonnent dans les récifs coralliens actuels, sont si abondants que le calcaire de Faxø à zoophytes est considéré par Lyell, Forchhammer et d'autres comme un récif corallien fossile, au vu de sa ressemblance avec les récifs actuels.

²⁴⁵ « [...] *the local conditions* [...] *may have been more fitted for the existence* [...] ». *Ibid.*, p.250.

*Dans l'île de Seeland, la craie blanche ordinaire est surmontée par un calcaire dur et jaunâtre contenant des fossiles de la craie blanche et d'autres qui lui sont spécifiques, particulièrement des univalves [...]. À Faxoe, cette roche consiste en un agrégat de coraux [...] j'ai été frappé par la concordance de cette roche avec la description généralement faite des calcaires dans les récifs coralliens récents.*²⁴⁶

Lyell a été frappé par la ressemblance de la craie qui cimente les zoophytes à Faxoe avec celle des récifs coralliens actuels des Bermudes rapportée par le Lt. Nelson et qui est une boue formée par la décomposition des coraux mous. « *Ces observations confirment l'idée longtemps soutenue par certains géologues que la craie pouvait être formée par la décomposition des coquilles et zoophytes* »²⁴⁷. C'est, ici encore, la comparaison avec les données actuelles²⁴⁸ qui permettent de comprendre les mécanismes en jeu dans le passé. D'ailleurs, selon Lyell²⁴⁹, 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 conservation*. L'intérêt pour les microfossiles devient de plus en plus fort mais les données sont encore nettement insuffisantes là aussi, ces microfossiles ne sont pas déterminés. Cette micropaléontologie est trop balbutiante pour en faire déjà un outil stratigraphique. Toujours d'après les observations du Lt. Nelson aux Bermudes et toujours grâce à ce principe de l'actualisme, 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 Faxoe de

²⁴⁶ « *In the island of Seeland the ordinary white chalk is covered with a hard yellowish limestone containing some fossils of the white chalk and other peculiar to itself, especially univalves [...]. At Faxoe this rock consists of an aggregate of corals [...] the rock struck me as agreeing with the description usually given of the limestone in recent coral reefs.* » LYELL Ch., 1835-1836, *op. cit.*, p.365.

²⁴⁷ « *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.* » *Ibid.*, p.365.

²⁴⁸ C'est encore grâce ce principe, que Lyell expliquera la stratification des lits de silex dans l'upper Stevensklint Limestone, les fameuses stratifications entrecroisées dites « ellipsoïdes » par Forchhammer et qui avaient tant intrigué S. 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 Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p.247.

²⁴⁹ LYELL Ch., 1835-1836, *op. cit.*, p.365.

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 Faxe avec la craie de régions voisines.

L'âge des calcaires de Faxe

Lyell l'aborde en resituant les couches de Faxe par rapport aux formations visibles à Stevns Klint. Le calcaire de Faxe 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 la 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 Faxe (coupe fig. 25).

A Stevns, ce calcaire se trouve juste au-dessus de la craie blanche et lui est donc postérieur. Cependant, pour Lyell, ceci n'implique pas que les coraux et les coquilles de Faxe sont, de façon générale, postérieurs à la craie blanche de toute l'Europe et même du Danemark. En effet, même si à Faxe, rien ne recouvre le calcaire corallien contenant les univalves, à Stevns Klint, il est recouvert par une roche, l'*upper Stevnsklint limestone*, (coupe fig. 22 et fig. 25) contenant des fossiles qui correspondent bien davantage à la craie blanche et ne sont pas caractérisés par les débris les plus typiques de Faxe²⁵⁰.

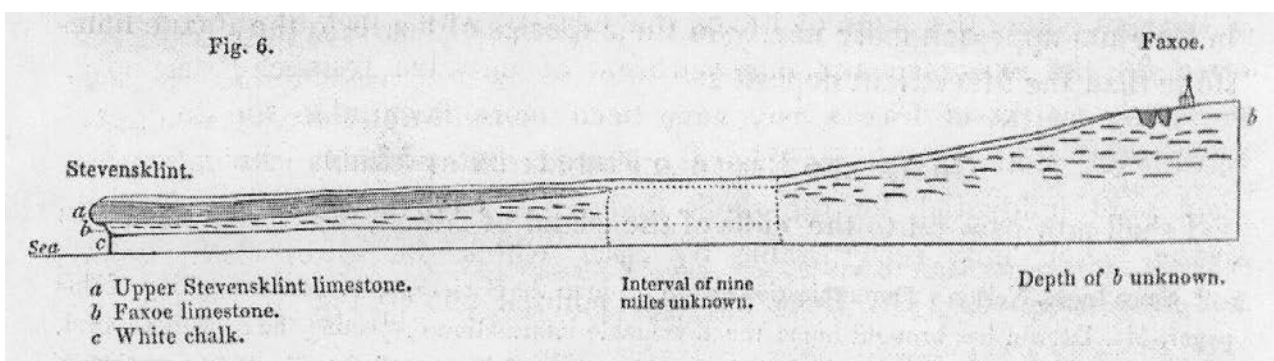


Figure 25 – Coupe de Stevns Klint à Faxe. In LYELL Ch., 1837-1840.

Ainsi, Lyell estime dans son mémoire que :

Ce fait montre clairement que la particularité de la faune fossile de Faxoe est due plus aux conditions géographiques comme par exemple la faible profondeur de

²⁵⁰ LYELL Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p.251.

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 Faxoe. ²⁵¹

Les caractéristiques de l'*upper Stevnsklint limestone* conduisent donc Lyell à considérer le calcaire de Faxoe comme une formation crétacée avec un faciès de mer peu profonde, différent de celui de la craie. D'ailleurs Beck emploie pour l'*upper Stevnsklint limestone* le terme de « *chalk* », c'est-à-dire craie et non celui de calcaire comme Forchhammer ou Lyell dans son mémoire. Cette craie au-dessus du calcaire de Faxoe (*Faxoe beds*) est presque entièrement constituée de zoophytes pulvérisés incluant des bivalves et oursins, principalement les mêmes que ceux de la craie blanche, et des coraux comme ceux du calcaire de Faxoe. C'est donc une formation intermédiaire qui possède des fossiles de l'une comme de l'autre. Par contre, cette craie ne contient pas les univalves si communs dans le calcaire de Faxoe²⁵². Lyell, qui emploie lui aussi le terme de *craie* plus tard dans son allocution du 19 février 1836 à la Société géologique de Londres²⁵³, considère ces conclusions, *tirées de l'observation minutieuse d'une vaste collection de fossiles danois*, comme étant très importantes, dans la mesure où Forchhammer avait proposé que le calcaire de Faxoe et la craie superposée appartenaient au calcaire grossier. Cette proposition était fondée sur une *ressemblance générique des coquilles* avec ceux des dépôts tertiaires, ce qui suppose que la détermination du genre ne suffit pas, et que celle de l'espèce est nécessaire. Mais, aucune de ces espèces ne correspond, selon Beck, à une espèce fossile tertiaire connue et les genres *secondaires* ammonites et baculites sont présents parmi les coquilles de Faxoe. Cet argument semble déterminant. Il aura suffi de 2 fossiles pour en faire une formation secondaire, dans la mesure où, semble-t-il, aucune espèce ne correspond à une espèce tertiaire connue. 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.

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

²⁵¹ « *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.

²⁵² BECK H., 1835-1836, *op. cit.*, p. 219.

²⁵³ LYELL Ch., 1835-1836, *op. cit.*, p.365.

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 Faxø était scellé : le calcaire de Faxø était créacé.

Pourtant, la position de Lyell est ambiguë. Lorsqu'il conclut « [...] *que la particularité de la faune fossile de Faxø est due plus aux conditions géographiques [...] qu'à un changement général de la faune [...] entre la formation de la craie blanche et le calcaire de Faxø.* », Lyell semble attendre, 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 créacée et bien sûr des espèces tertiaires connues. Ceci est suggéré au détour d'une phrase comme si cela était une évidence et montre que le schéma de représentation à l'époque correspond encore à ce que Cuvier et Brongniart avaient décrit dans le bassin de Paris : les formations créacée et tertiaire forment deux entités bien distinctes, exclusives ; aucun fossile de la craie n'est présent dans les terrains tertiaires et vice-versa. Or Lyell est anti-catastrophiste et l'on peut s'interroger sur la cohérence entre sa position sur le calcaire de Faxø et sa théorie²⁵⁴.

4. Cooking of data ?

Lorsque Lyell vient au Danemark en 1834, il veut absolument voir les falaises de Møn où la « *superposition de la craie à du sable aux galets de granite* » lui paraît si surprenante. Il veut voir et comprendre. Mais il s'est déjà fait une idée assez précise de ce qu'il va trouver. Deshayes lui avait dit que les fossiles de Scanie étaient ceux de Maastricht et Ciplø, et il est persuadé, en se fondant sur les *Crania* et autres coquilles mentionnées par Forchhammer, qu'il en est de même pour Møn²⁵⁵. Il pensait donc que l'ensemble des couches décrites par Forchhammer et que celui-ci avait supposées tertiaires, ne pouvaient être que des couches créacées, probablement analogues à celles de Maastricht.

C'est fort de cet *a priori* qu'il part sur le terrain avec Forchhammer. À Møn, le recul pris en bateau et l'escalade des ravines qui descendent du haut de la falaise jusqu'à la plage, permettra à Lyell de montrer à Forchhammer des fractures de la craie dans lesquelles se sont éboulés de l'argile et du sable. Il retrouve ici ce qu'il avait déjà observé à plus petite échelle dans l'île de

²⁵⁴ DREYER, F., 2014, « La controverse sur la limite Crétacé-Tertiaire au Danemark (1825-1835) », *Travaux du COFRHIGÉO*, 3^{ème} série, t. XXVIII, p. 21.

²⁵⁵ Journal. To his wife. On board ship for Hamburg : May 21, 1834. In LYELL C., edited by LYELL K. M., 2010a, *op. cit.*, p. 407.

Wight et le Norfolk. L'inclusion du sable et de l'argile est donc bien postérieure au dépôt des couches²⁵⁶. Ainsi, contrairement à son attente, la craie de Møn est de la craie blanche, ce que confirme l'étude assidue qu'il fait avec Beck, des fossiles de Møn dans les collections du Prince.

Ce point réglé, reste le cas de Stevns Klint et de Faxe.

Comme il n'y a plus lieu d'associer la craie de Møn avec la formation de surface, le calcaire de Faxe devient lui aussi indépendant. La stratigraphie à Stevns Klint montre clairement que le calcaire de Faxe est postérieur à la craie blanche - et donc à la craie de Møn - et antérieur à la formation de surface. Au vu des fossiles mentionnés par Forchhammer, Lyell l'attribue aux couches de Maastricht. Cependant, la position de Lyell reste ambiguë et nous pensons qu'il a privilégié certains arguments entrant dans ce cadre théorique et laissé de côté ceux qui posaient problème. Autrement dit, il aurait fait du « *cooking* » ou « cuisinage des données », l'une des « formes de malhonnêteté scientifique » indiquée par Charles Babbage (1791-1871) dans son livre²⁵⁷ de 1830, « "cuisinage des données", qui consiste à ne retenir que les résultats qui correspondent au mieux à sa propre hypothèse ou théorie, et à rejeter ceux qui ne le font pas. »²⁵⁸

Cette hypothèse que nous avançons s'appuie notamment sur l'ambiguïté de la position de Lyell quand il conclut « [...] *la particularité de la faune fossile de Faxoe est due plus aux conditions géographiques [...] qu'à un changement général de la faune [...] entre la formation de la craie blanche et le calcaire de Faxoe.* »²⁵⁹

Lyell reconnaît donc la particularité de la faune fossile de Faxe. Rappelons-le, 80% des espèces sont nouvelles ce qui est considérable. Lyell ne pense cependant pas qu'on puisse l'attribuer à un changement général de faune. Il est vrai que 20% des espèces sont identiques avec celles de la craie blanche ou du calcaire de Maastricht.

Pourquoi Lyell en fait-il si facilement un analogue des couches de Maastricht ?

La faune de Faxe n'est pas assez différente de la faune crétacée pour pouvoir être considérée comme tertiaire. En effet, depuis la description du bassin de Paris par Cuvier et Brongniart, il

²⁵⁶ Voir note 221 et annexe 9.

²⁵⁷ BABBAGE Ch., 1830, *Reflections on the Decline of Science in England*, London, R. Clay Bread, p. 175 et suivantes.

²⁵⁸ « [...] *the "cooking" of data, which consists of retaining only those results that best fit one's hypothesis or theory and discarding those that do not.* » KIMMEL A.J., 2009, *Ethical Issues in Behavioral Research : Basic and Applied Perspectives* par Allan J. Kimmel, Oxford, John Wiley & sons, p.298.

²⁵⁹ LYELL Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p.251-252.

était admis qu'il n'y avait aucune espèce commune entre les formations secondaires et tertiaires. C'est aussi ce que dit Lyell dans le troisième volume des *Principles of Geology* en 1833.

*Les contenus fossiles des dépôts appartenant à cet ordre nouvellement institué [les formations tertiaires] sont, dans l'ensemble, très différents de ceux des roches secondaires ; non seulement toutes les espèces, mais beaucoup des formes animales et végétales les plus remarquables, sont distinctes.*²⁶⁰

Un peu plus loin, une légère nuance apparaît cependant lorsqu'il attire l'attention sur « [...] le fait important établi sous l'autorité de M. Deshayes, que l'on n'a encore trouvé aucune espèce de coquille fossile commune aux formations secondaires et tertiaires. »²⁶¹ Ainsi, Il n'en a pas encore été trouvé, ce qui ne signifie pas qu'il n'en existe pas. Cette observation est étendue aux couches de Maastricht :

*Différence entre les formations éocène et de Maestricht. – Il semble donc qu'il existe un [...] grand fossé entre les restes organiques des couches éocènes et celles de Maestricht, [...]; car il [n'] y a [...] aucun fossile éocène dans le groupe secondaire le plus récent.*²⁶²

Il le confirmera dans la troisième édition de 1834²⁶³ et la quatrième édition de 1835²⁶⁴.

Par conséquent, lors de sa visite au Danemark, Lyell considère que, dans l'état actuel de la science, les couches secondaires et les couches tertiaires ne possèdent pas de fossiles communs. Même si Lyell est anti-catastrophiste, ce concept est si fort ou cette représentation est si prégnante qu'elle est utilisée comme une évidence.

Revenons au calcaire de Faxe. La faune de Faxe contient des fossiles secondaires, ce qui a deux conséquences. La première est qu'elle ne peut pas être tertiaire. La deuxième est qu'il n'y pas

²⁶⁰ « *The fossil contents of the deposits belonging to this newly-instituted order [Tertiary formations] are, upon the whole, very dissimilar from those of the secondary rocks, not only all the species, but many of the most remarkable animal and vegetable forms, being distinct.* » LYELL Ch., 1833b, *Principles of Geology*, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation, 1ère et 2ème édition, Londres, J. Murray, vol.3, p.15.

²⁶¹ « [...] *the important fact stated on the authority of M. Deshayes, that no species of fossil shells has yet been found common to the secondary and tertiary formations.* » *Ibid.*, p. 327.

²⁶² « *Chasm between the Eocene and Maestricht formations. – There appears, then, to be a great[er] chasm between the organic remains of the Eocene and Maestricht beds, [...]; for there are [...] no Eocene fossils in the newest secondary group.* » *Ibid.*, p. 328.

²⁶³ LYELL Ch., 1834, *Principles of Geology*, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation, 3ème édition, Londres, J. Murray, vol. 4, p. 211-218.

²⁶⁴ LYELL Ch., 1835a, *Principles of Geology*, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation, 4ème édition, Londres, J. Murray, vol 4 p. 283-291.

de « *changement général de la faune [...] entre la formation de la craie blanche et le calcaire de Faxoe* ».

Dans ce cadre théorique, le calcaire de Faxoe contenant 20% d'espèces crétacées ne peut être que crétacé, mais 20% seulement. Comme la stratigraphie à Stevns Klint est sans ambiguïté, le calcaire à Cérithes et le calcaire corallien, au-dessus de la craie, sont nécessairement plus jeunes que la craie. De plus, certains fossiles sont identiques à ceux de Maastricht ou de la craie. Le calcaire de Faxoe appartient donc à la formation crétacée la plus jeune, à savoir les couches de Maastricht et Ciply, seules connues jusque-là.

L'analogie s'impose pour Lyell. Est-elle justifiée ?

Que dire des 80% d'espèces qui ne sont ni de la craie ni d'aucune formation secondaire ? Sont-elles secondaires ou tertiaires ? Beaucoup appartiennent à des genres qui jusque-là ont toujours été considérés comme tertiaires. Pourquoi ces espèces ne pourraient-elles pas être tertiaires ? Évidemment, selon la théorie du moment, les formations crétacée et éocène n'ayant aucune espèce commune, la présence d'espèces crétacées implique que toutes les espèces sont crétacées.

Mais alors, comment la faune de Faxoe, juste au-dessus de la craie, peut-elle être si différente de celle de la craie ? Comme on le voit, cette faune de Faxoe n'est pas suffisamment différente pour en faire une formation tertiaire mais elle l'est trop par rapport à la craie et pose problème.

Comment Lyell intègre-t-il ces faits dans sa théorie uniformitarienne ? Que nous dit sa théorie ?

Dès 1830, Lyell écrit dans les *Principles of Geology* :

Il est très probable que le caractère abrupt du passage des restes organiques de l'époque secondaire à ceux de l'époque tertiaire puisse n'être pas entièrement imputable à l'insuffisance actuelle de nos informations. Nous découvrirons sans aucun doute plus tard de nombreux stades intermédiaires, (et l'un de ceux-ci peut être reconnu dans les lits calcaires de Maestricht), par lesquels s'est effectué un passage d'un état des choses à un autre ; mais il n'est pas impossible que l'intervalle entre la craie et les formations tertiaires constitue une période dans l'histoire de la Terre, durant laquelle le passage d'une classe d'êtres vivants à une autre fut, toutes proportions gardées, rapide. Car si les doctrines que nous avons exposées en ce qui concerne les vicissitudes de la température sont fondées, il s'en suivra que des changements d'égale amplitude dans les caractéristiques

*géographiques du globe peuvent produire à différentes périodes des effets très inégaux sur le climat ; et pour autant que l'existence de certains animaux et plantes dépende du climat, la durée des espèces peut souvent être raccourcie ou prolongée selon la vitesse à laquelle le changement de température s'est effectué.*²⁶⁵

Dans un premier temps, Lyell énonce un fait observé, la différence totale des fossiles secondaires et tertiaires. Or sa théorie uniformitarienne selon laquelle les événements du passé se sont produits selon les causes maintenant en opération et toujours à la même vitesse suppose une évolution progressive des faunes et donc des passages graduels d'une faune à l'autre. Ainsi, pour être en accord avec sa théorie, il considère que les archives sédimentaires sont très incomplètes et que l'on doit trouver, plus tard, des faunes intermédiaires comme l'est celle de Maastricht. Cependant, il n'est pas certain que l'on trouve tous les stades intermédiaires, le fossé entre les faunes crétacées et tertiaires pourrait « *n'être pas entièrement imputable à l'insuffisance actuelle de nos informations* » et par conséquent il propose des causes climatiques possibles à des variations rapides, « apparemment » brutales de la faune.

En 1833, dans le troisième volume des *Principles*, il ira un peu plus loin :

*[...] comme nous avons déjà découvert une longue succession de dépôts de différents âges entre les groupes tertiaires connus en premier et les formations récentes, nous pourrions peut-être trouver une série intermédiaire équivalente voire plus grande, entre les couches de Maestricht et les strates éocènes.*²⁶⁶

Cette fois-ci, c'est plus précis puisqu'il s'agit de l'existence - très probable - de nombreux dépôts et de faunes intermédiaires entre les couches de Maastricht et les couches éocènes. Le calcaire de Faxe pourrait bien être de ceux-ci. Mais « [...] nous nous sommes efforcés de

²⁶⁵ « *It is very probable that the abruptness of the transition from the organic remains of the secondary to those of the tertiary epoch, may not be wholly ascribable to the present deficiency of our information. We shall doubtless hereafter discover many intermediate gradations, (and one of these may be recognized in the calcareous beds of Maestricht,) by which a passage was effected from one state of things to another; but it is not impossible that the interval between the chalk and tertiary formations constituted an era in the earth's history, when the passage from one class of organic beings to another was, comparatively speaking, rapid. For if the doctrines explained by us in regard to vicissitudes of temperature are sound, it will follow that changes of equal magnitude in the geographical features of the globe, may at different periods produce very unequal effects on climate; and, so far as the existence of certain animals and plants depends on climate, the duration of species may often be shortened or protracted, according to the rate at which the change in temperature proceeded.* » LYELL Ch., 1830. *Principles of Geology*, Londres, J. Murray, vol.1, p. 139.

²⁶⁶ « [...] *as we have already discovered a long succession of deposits of different ages, between the tertiary groups first known and the recent formations, so we may, perhaps, hereafter detect an equal, or even greater series, intermediate between the Maestricht beds and the Eocene strata.* » LYELL Ch., 1833b, *op. cit.*, p. 328.

*souligner que nous n'avons pas le droit d'attendre [...] que nous soyons en mesure de mettre en évidence une série chronologique ininterrompue de monuments des époques les plus reculées à maintenant ; »*²⁶⁷ Lyell n'est pas du tout certain de pouvoir trouver une série continue.

Mais alors, il lui faut trouver une explication cohérente des écarts entre les formations, L'explication d'un tel fossé entre les deux faunes est extrêmement importante pour Lyell dans la mesure où c'est sur de telles observations que les catastrophistes renforcent leur doctrine :

*L'élucidation de ce point curieux [le fossé entre les faunes] est le plus important, parce que les géologues d'une certaine école font appel à des phénomènes de ce genre à l'appui de leur doctrine des grandes catastrophes, hors du cours ordinaire de la nature, et des révolutions brusques du globe.*²⁶⁸

Il faut enlever tout argument aux catastrophistes. La lutte contre cette doctrine implique des explications « uniformitariennes » aux observations. Il cherche donc à opposer à cette *doctrine des grandes catastrophes*, la sienne, l'uniformitarisme. Pour cela, il propose des pistes de réflexion.

En 1830, il avait proposé une explication géographique et climatique, mais en 1833 il lui semble nécessaire d'ajouter ou réexaminer plusieurs sujets traités précédemment :

*C'est seulement en considérant attentivement l'action combinée de toutes les causes de changement maintenant en opération, que ce soit dans le monde animé ou inanimé, que nous pouvons espérer expliquer les apparences compliquées telles que celles qui sont exposées dans l'arrangement général des masses minérales. En tentant, par conséquent, de retracer l'origine de ces violations de la continuité, nous devons réexaminer plusieurs des sujets traités dans nos deux volumes précédents, tels que les effets des divers agents de désintégration et de reproduction, l'enfouissement des restes organiques, et l'extinction des espèces.*²⁶⁹

²⁶⁷ ... « [...] we endeavoured to point out that we have no right to expect, even when we have investigated a greater extent of the earth's surface, that we shall be able to bring to light an unbroken chronological series of monuments from the remotest eras to the present ; » *Ibid.*, p. 328.

²⁶⁸ « The elucidation of this curious point is the more important, because geologists of a certain school appeal to phenomena of this kind in support of their doctrine of great catastrophes, out of the ordinary course of nature, and sudden revolutions of the globe. » *Ibid.*, p. 26.

²⁶⁹ « It is only by carefully considering the combined action of all the causes in change now in operation, whether in the animate or inanimate world, that we can hope to explain such complicated appearances as are exhibited in the general arrangement of mineral masses. In attempting, therefore, to trace the origin of these violations of continuity, we must re-consider many of the topics treated of in our two former volumes, such as the effects of the

Parmi les causes expliquant la *violation de la continuité*, dans le cas présent l'écart entre les caractères minéraux et organiques de formations superposées, Lyell propose le déplacement des zones de dépôt sédimentaire, le changement des espèces partout en cours, la fossilisation partielle des plantes et des animaux. Ce réexamen le conduit à considérer que la différence de faune fossile entre deux couches superposées « *serait nécessairement le résultat des lois actuelles de sédimentation associées à la naissance et à la mort graduelles des espèces* ». ²⁷⁰

En résumé, Lyell considère que les faunes fossiles changent progressivement et les différences que l'on peut observer entre les couches résultent de variations de sédimentation. Par conséquent, si les faunes crétacée et tertiaire sont totalement différentes ce n'est pas à cause d'une quelconque catastrophe mais ceci est lié à des variations géographiques et climatiques. Dès lors, il doit exister quelque part des terrains intermédiaires avec des faunes intermédiaires, cependant, il n'est pas tout à fait certain que l'on puisse combler toute la lacune.

C'est dans ce contexte théorique que Lyell se rend au Danemark et interprète l'ensemble des couches de Stevns Klint et Faxø comme un récif corallien analogue aux couches de Maastricht et, par conséquent, crétacé. Pourtant, le calcaire de Faxø est, selon Beck, très différent de celui de Maastricht et les fossiles sont de genres plutôt tertiaires.

Pourquoi Lyell ne considère-t-il pas le calcaire de Faxø comme l'un de ces stades intermédiaires qu'il suppose exister, un stade entre les couches de Maastricht et l'Éocène ? Il donne à Maastricht un statut qu'il dénie au Danemark.

Il est difficilement imaginable que ce soit une interprétation à la va-vite. Il a, en effet, passé beaucoup de temps à déterminer les fossiles avec Beck à défaut d'en avoir beaucoup passé sur le terrain. Et pourtant, ses affirmations sont contraires au jugement de Beck qui n'en fait pas un analogue de Maastricht, mais correspondent davantage à l'idée qu'il avait en arrivant, d'après les dires de Deshayes. Alors, idée préconçue qu'il justifie avec brio et/ou cooking de data?

En tout état de cause, la faune de Faxø est particulière à double titre. D'abord, il n'y a pas de passage progressif comme celui observé à Maastricht ainsi que l'a souligné De la Beche. Ensuite, la faune est très, voire trop, différente de la craie (mais pas assez pour qu'elle soit

various agents of decay and reproduction, the imbedding of organic remains, and the extinction of species. » In LYELL Ch., 1833b, *Ibid.*, p. 26.

²⁷⁰ « [...] would be a necessary consequence of the existing laws of sedimentary deposition, accompanied by the gradual birth and death of species. » *Ibid.*, p.32- 33.

tertiaire). Aussi, par idéologie, car il ne peut s'agir de catastrophe, la cause de cette particularité ne peut être qu'un changement des conditions géographiques.

L'hypothèse de Lyell est que le calcaire de Faxé est un ancien récif corallien qui se serait développé en mer peu profonde. Que ce soit un ancien récif corallien est facilement accepté par l'ensemble des acteurs de l'époque qui avaient déjà évoqué cette similitude. En effet, la roche est composée presque exclusivement de débris de coraux entremêlés, enfermant dans leurs branches de nombreuses autres espèces fossiles. Cette faune fossile ressemble fort à celle des récifs coralliens actuels. Sur ce point, personne ne conteste l'hypothèse.

Mais Lyell va plus loin. À cette époque, il est déjà notoire que les récifs coralliens se développent en eaux peu profondes et Lyell cite des études récentes sur les récifs coralliens tropicaux actuels, ceux qui se développent autour des îles ou sur les hauts-fonds. Or, ces études ont montré que les débris crayeux de ces récifs alimentent les mers profondes alentours où se forme donc une craie contemporaine. Le récif de Faxé serait donc contemporain de la craie la plus récente – celle de Maastricht. La continuité est alors respectée, seules les conditions géographiques ont changé. La faune de Faxé est récifale et celle de Maastricht est de haute mer.

Ainsi, la falaise de Stevns pourrait s'interpréter de la façon suivante : la craie de Stevns s'est formée en eaux profondes ; un soulèvement du fond marin ou un comblement par les boues crayeuses auraient diminué la profondeur et permis l'installation d'un récif corallien. De cette façon, Lyell propose ici une explication actualiste en adéquation avec la continuité.

Ses arguments sont percutants mais cela supposerait un passage progressif de la craie au calcaire de Faxé, ce qui n'est pas le cas. Lyell a oublié deux détails : la surface de la craie et la fine couche d'argile noire qui marque si nettement la limite entre la craie et le calcaire de Faxé.

Le premier oubli de Lyell est donc la fine couche d'argile noire.

Celle-ci diffère totalement de la craie par sa lithologie. La sédimentation a changé – de crayeuse elle devient argileuse. Forchhammer décrit soigneusement la couche d'argile et précise que dans sa partie inférieure elle contient beaucoup de charbon et est très foncée alors que dans sa partie supérieure elle contient beaucoup de calcaire et a une couleur bleu gris clair. Il n'y a pas de continuité entre la craie et l'argile par contre l'argile passe souvent dans le calcaire.²⁷¹ Au début de sa description de la falaise de Stevns Klint, Lyell avait pourtant bien souligné que l'argile « *marque nettement le début d'un nouvel ensemble de strates* » mais n'avait pas évoqué

²⁷¹ FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p. 252-253.

la précision apportée par Forchhammer et si visible dans la falaise : la fine couche d'argile est *pliée en forme de vagues* que l'on ne trouve ni dans la craie ni dans les lits de silex de la craie. Forchhammer pense mais n'ose l'affirmer, qu'elle repose sur la surface déjà perturbée de la craie²⁷².

Bien que d'origine marine comme le montre son contenu paléontologique, cette fine couche d'argile semble donc marquer une rupture dans le régime de sédimentation. Ceci est confirmé par la surface de la craie.

Le deuxième oubli de Lyell est l'aspect de la surface de la craie.

Dans son mémoire de 1825, Forchhammer fait une description extrêmement précise et détaillée de la craie. Il note que dans la partie basse de la falaise, la craie est nettement stratifiée, parallèlement aux lits de silex et à la « couche principale de silex ». Cette couche principale de silex est très visible dans la falaise, quasi-horizontale et à « environ 10 pieds en-dessous de la limite supérieure de la craie » (fig. 13, 14 et 21). Entre cette couche et la limite supérieure de la craie, les bancs de craie ont un parallélisme perturbé et les lits de nodules de silex sont souvent coupés par la surface de la craie²⁷³. Quant à la limite supérieure de la craie, « *même si elle est assez parallèle à la couche principale de silex, elle semble n'être pas tout à fait dans sa position originelle; [...] mais on voit très nettement qu'il y a eu un arrêt dans le développement.* »²⁷⁴

Même s'il donne moins de détails, Forchhammer ne dit pas autre chose dans son article de 1828, article lu par Lyell et beaucoup d'autres géologues non danois :

*[...] la surface supérieure de la craie [...] n'est] en aucune façon parallèle à lui [le grand lit de silex]. Elle [la surface de la craie] représente une surface ondulée qui, par endroits semble couper les petits lits irréguliers de silex et donc semble annoncer que la surface n'est pas dans son état d'origine, mais plus ou moins altérée par des forces sans rapport avec sa formation. Ceci, cependant, reste encore douteux, à cause des dépôts irréguliers des couches supérieures de la vraie craie, et peut également être expliqué par les irrégularités d'origine sans supposer une destruction à quelque époque postérieure au dépôt de la craie.*²⁷⁵

²⁷² *Ibid.*, p. 262.

²⁷³ En 1835, Forchhammer appelle cette partie de la craie « *det uregelrette Kridt* » c'est-à-dire craie irrégulière, appelée actuellement « *Gråkridt* » ou craie grise.

²⁷⁴ FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p. 251-252.

²⁷⁵ « [...] *the upper surface of the chalk [...] is] by no means parallel to it [the large bed of flint]. It [la surface de la craie] represents an undulating surface, which in some places seems to cut the irregular small beds of flint, and thus seems to announce that the surface is not in its original state, but more or less altered by powers unconnected*

Pour Forchhammer, la surface de la craie ondulée, irrégulière et non parallèle avec la stratification, semble bien avoir été modifiée ultérieurement par des forces indépendantes de sa formation - pense-t-il à l'érosion ? - mais il n'ose l'affirmer car, pour lui, des doutes subsistent.

Par conséquent, ces deux éléments décrits dès 1826, l'aspect de la surface de la craie et la présence d'une fine couche d'argile schisteuse noirâtre séparant clairement le calcaire à Cérithes de la craie, semblent l'avoir conduit à considérer qu'il y avait un changement d'époque.

Lyell l'a certainement lu mais n'en parle pas dans son mémoire. Oublié ou écarté ? Cela ne rentre pas dans son cadre explicatif. Il est vrai cependant, qu'il a passé peu de temps à Stevns Klint qui n'était pas sa préoccupation principale, et il n'a peut-être pas observé lui-même attentivement cette surface. Cependant, comme Forchhammer (fig. 14 et 21), il représente la fine couche d'argile et le calcaire de Faxø à Stevns Klint par une bande ondulante et non parallèle à la couche principale de silex (fig. 22).

Ainsi, contrairement à ce que laisse penser Lyell, les événements ne se sont pas passés de façon aussi simple et continue entre la craie et le calcaire de Faxø. Que s'est-il produit entre le dépôt de la craie et celui de l'argile ? Bien que des retraits et avancées de la mer soient déjà connus à l'époque, ils sont encore difficiles à imaginer, à penser sur le terrain. Néanmoins, une chose est certaine, un récif corallien s'est développé à Stevns Klint et à Faxø.

Maintenant, une autre question restée en suspens, se pose ici. Quelles étaient les dimensions de ce récif corallien ? Si ce récif corallien est entouré d'un océan profond alors il s'est développé sur un haut-fond. Forchhammer, en 1835, avait d'ailleurs évoqué l'existence possible d'un volcan sous-marin par similitude avec les atolls actuels, ou celle d'un rocher caché sous la mer. De la même façon, Lyell fait référence aux récifs actuels installés autour des îles ou sur les hauts-fonds. Mais, aucune trace, aucun argument ne justifie une telle hypothèse. La répartition du calcaire de Faxø ne semble pas en accord avec cette supposition.

En effet, Lyell a proposé dans son mémoire de 1835, une coupe de Stevns Klint à Faxø soulignant les intervalles inconnus (9 miles entre Stevns Klint et Faxø, profondeur du calcaire à Faxø) (fig. 25). Cette coupe est basée sur la corrélation faite entre le calcaire à Cérithes (b sur la coupe à Stevns Klint) et le calcaire des carrières de Faxø (b sur la coupe à Faxø) sous le nom

with its formation. This, however, remains still doubtful, on account of the irregular depositions of the upper beds of the real chalk, and may also be well explained by the original irregularities, without supposing a destruction some time posterior to the deposition of the chalk. » FORCHHAMMER G., 1828, *op. cit.*, p.59.

de calcaire de Faxø. En fait, c'est Forchhammer qui, en 1825, réalise la corrélation. Ses arguments sont de deux ordres, des arguments lithologiques et des arguments paléontologiques :

Le calcaire de Faxø a en commun avec le calcaire à Cérithes de Stevns Klint, une Turbinolie conique qui y est le fossile le plus commun, un Favosites, Trochus niloticiformis Schlotheim ; des dents de requins. Il y a une seule couche de Faxø qui a exactement les mêmes caractères extérieurs que le calcaire à Cérithes à Stevns Klint, et le calcaire à Cérithes [...] ressemble à la variété généralement fracturée du calcaire de Faxø. Toutes les conditions sont réunies pour reconnaître le calcaire de Faxø comme un développement local du calcaire à Cérithes de Stevns, et je crois que nous pouvons considérer ce point important des relations géognostiques réglé.²⁷⁶

La corrélation du calcaire à Cérithes et du calcaire de Faxø repose donc presque exclusivement sur l'aspect de la roche, même si celui-ci ne correspond qu'à certains bancs du calcaire de Faxø. Il n'y a que peu de fossiles communs, il n'en cite que quatre et les cérithes si caractéristiques de Stevns Klint n'en font pas partie. En outre, le calcaire de Faxø est beaucoup plus fossilifère. La corrélation est donc basée davantage sur une ressemblance que sur une identité des deux calcaires. Elle est pour le moins rapide et audacieuse comme beaucoup des interprétations de Forchhammer. Cependant Lyell l'accepte sans objection. Mais, en y regardant de plus près, elle est difficilement tenable.

En effet, le calcaire de Faxø épais de un à trois pieds d'épaisseur c'est-à-dire moins d'un mètre, à Stevns Klint, est beaucoup plus épais à Faxø. Dans les carrières, d'une profondeur de 14 mètres environ en 1835, la fine couche d'argile à la base du calcaire à Cérithes n'a pas encore été atteinte, comme le montre très bien la coupe de Lyell. L'épaississement progressif du calcaire de Faxø tel qu'il y est représenté, paraît raisonnable et plausible.

Cependant, reprenons le petit calcul de Forchhammer basé sur ses propres observations : la fine couche d'argile et le calcaire à Cérithes ont un léger pendage sud-ouest ce que reprend Lyell

²⁷⁶ « Faxø Kalksteen har tilfælles med Ceritkalken fra Stevns Klint, den ene coniske Turbinolie, som er den hyppigste Forstening der ; en Favosites, Trochus niloticiformis Schlotheim ; Haifisktænder. Der er enkelte Lag ved Faxø der have fuldkomment samme udvortes Character som Ceritkalken almindelig har ved Stevns Klint, og Ceritkalken [fra Rødvig Skandske ved Stevns Klint] ligner igjen den almindelige splintrede Varietet af Faxø Kalk. Alle Forhold træffer derfor sammen for at erkjende i Faxøes Kalk en local Udvikling af Ceritkalken paa Stevns, og jeg troer man kan ansee dette vigtige Puncts geognostiske Forhold for afgjort. » FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p. 269.

dans son mémoire, « *the beds [...] have a slight dip to the south-west.* »²⁷⁷ La fine couche d'argile est, à Stevns Klint, à 80 pieds – soit 25 m - au-dessus du niveau de la mer et à Rödving (sur la côte à environ 5 km au sud-ouest de Stevns), elle est passée sous le niveau de la mer. Ceci laisse supposer que *si la couche n'a pas subi de changement* ²⁷⁸ et vue la distance de 10 miles – 16 km - entre Stevns et Faxø, la couche d'argile devrait être à 100 pieds²⁷⁹ - une trentaine de mètres - sous le niveau de la mer.²⁸⁰ Ainsi, Faxø étant à 68 m d'altitude, le calcaire de Faxø aurait 98 mètres d'épaisseur. Le calcaire passerait donc d'une épaisseur d'à peine un mètre à Stevns Klint à une couche d'une centaine de mètres d'épaisseur à Faxø, et ceci sur une distance de 16 km.

La coupe de Lyell ne rend pas compte de ce fait. Le tracé de la base du calcaire, et donc de la fine couche d'argile, est quasi horizontal. L'intervalle de 9 miles inconnus entre Stevns Klint et Faxø est rendu par un pointillé horizontal sur la coupe, la corrélation ne paraît pas improbable.²⁸¹ De cette façon, son interprétation d'un récif corallien à Faxø reste cohérente.

Ainsi, le récif corallien se serait développé sur des surfaces considérables et sur un fond de mer quasi horizontal. Effectivement, rien dans la surface de la craie ne laisse penser à une rupture de pente suffisante pour rendre compte d'un développement du récif corallien de cent mètres à Faxø pour seulement un mètre à Stevns Klint. Rien ne laisse penser à l'existence à proximité, d'un océan profond où se déposerait une craie contemporaine. Que se déposait-il à Stevns pendant la croissance du récif à Faxø ? Cette question reste sans réponse. Par contre, l'hypothèse d'un dépôt de craie simultanément au développement du récif corallien impose un âge crétacé à ce récif. C'est la conclusion à laquelle Lyell amène Forchhammer.

L'interprétation de Lyell est tout-à-fait séduisante, basée sur des faits avérés, bien argumentés – il s'agit d'un récif corallien – mais qui souffre de quelques lacunes explicatives.

Ces lacunes constituent « the cooking of data », le « cuisinage des données » par Lyell. En effet, il propose des explications pour faire entrer la particularité de la faune fossile de Faxø dans son cadre théorique mais laisse de côté ce qui ne rentre pas dans son cadre explicatif, à savoir

²⁷⁷ LYELL Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p.246.

²⁷⁸ FORCHHAMMER G., 1835, *op. cit.*, p.77.

²⁷⁹ *Ibid.*, p.79.

²⁸⁰ Floris cite un forage à Faxø où la couche d'argile ou Fish-Clay a été atteinte à -21,7 m de profondeur, ce qui confirme les suppositions de Forchhammer. In FLORIS Søren, 1980, « The coral banks of the Danian of Denmark », *Acta Palaeontologica Polonica*, vol. 25, n°3-4, p. 537.

²⁸¹ Cette corrélation s'avèrera erronée. Le calcaire de Faxø est nettement postérieur (Danien supérieur, Zone C et D) au calcaire à Cérithes (Danien inférieur, Zone A, base du Danien). ØDUM H., « Système crétacé » In NORDMANN V. et MADSEN V. (sous dir.), 1928, « Aperçu de la géologie du Danemark », *Danmarks geologiske Undersøgelse, Række V*, n°4, p. 59-70.

l'aspect de la surface de la craie, la fine couche d'argile et l'extension supposée du récif corallien (liée à la corrélation hâtive et même abusive du calcaire de Stevns Klint et celui de Faxø). Lyell a-t-il réellement fait du « cuisinage de données » ? Certes. Sciemment ? peut-être pas. Il a associé les concepts de l'époque aux faits observés, et bien rapidement a donné une interprétation qui rentrait parfaitement dans le cadre de sa doctrine. Il a fait ainsi une erreur liée à la légèreté de la corrélation faite par Forchhammer et au manque de données stratigraphiques à Faxø. Il n'en demeure pas moins qu'il ne s'est pas attardé sur le contact entre craie et calcaire de Faxø, contact riche d'enseignement. Il est probable aussi que, son souci majeur en venant au Danemark étant d'élucider le cas de la craie de Møn, il ait attaché moins d'importance à celui du calcaire de Faxø qui lui paraissait peut-être par trop simple. Si l'étude de Stevns avait été séparée de Møn, les interprétations de Lyell auraient-elles été différentes ? Se serait-il seulement déplacé à Stevns Klint et Faxø ?

Reste l'épineuse question des fossiles crétacés : *Baculites Faujasii* et *Belemnites mucronatus*.

À la décharge de Lyell, l'*upper Stevnsklint limestone*²⁸² juste au-dessus du calcaire de Faxø et donc plus récent, contient une faune d'affinité crétacée. On y a trouvé notamment *Belemnites mucronatus*. De plus, *Baculites Faujasii* a été trouvée dans le calcaire de Faxø.

Que dit Lyell à propos de ces espèces fossiles dans ses *Principles* ?

Dans le glossaire du volume 3 des *Principles*²⁸³, Lyell précise que les Ammonites sont des espèces que l'on trouve dans toutes les couches secondaires mais qui n'ont encore jamais été trouvées dans les couches tertiaires. D'autre part, dans le volume 4 de la troisième édition, c'est-à-dire en 1834, Lyell avance comme argument essentiel la présence d'ammonites et de genres proches comme baculite, hamite et bélemnite, pour faire des couches de Maastricht la plus jeune formation secondaire, plutôt qu'un lien entre la série secondaire et la série tertiaire²⁸⁴. D'autre part, il pense que les ammonites et les bélemnites se sont éteintes avant la période éocène –au moins aux latitudes européennes.

C'est donc fort de cette conviction que Lyell attribue un âge crétacé au calcaire de Faxø. En effet, « *Les Céphalopodes de Faxø méritent également une mention particulière, deux d'entre*

²⁸² Voir a) sur la coupe fig. 25.

²⁸³ LYELL Ch., 1833b, *op. cit.*, Glossaire p. 62 des annexes de l'ouvrage (1833b) de Lyell.

²⁸⁴ « [...] *should be classed as the newest member of the secondary series, rather than as a link between it and the tertiary. [...] those curious cephalopoda, the ammonites and belemnites, [...] even seem to have become entirely extinct, at least in European latitudes, before the commencement of the Eocen period.* » LYELL Charles, 1834, *op. cit.*, vol. 4, p. 214.

eux, *Baculites Faujasii* et *Belemnites mucronatus* étant communs à la craie blanche et Faxé, [...] ». ²⁸⁵ Le calcaire de Faxé - comme les couches de Maastricht - « devrait être classé comme plus jeune membre de la série secondaire, plutôt que comme un lien entre elle et le tertiaire ». La même position se retrouvera en 1838 dans ses *Elements of Geology*. ²⁸⁶ Ces deux céphalopodes représentent donc l'argument principal pour faire du calcaire de Faxé un membre de la série crétacée.

Mais que penser de la présence de ces deux espèces si déterminantes ?

La première mention de *Belemnites mucronatus* a été faite par Forchhammer qui la signale dès 1825 et 1828 dans le calcaire corallien de Stevns Klint - l'*upper Stevnsklint limestone* de Lyell. Actuellement, *Belemnites mucronatus* est observée dans la craie de Stevns Klint où elle est cependant rare mais n'a été retrouvée ni dans le calcaire de Faxé, ni dans le calcaire à Cérithes, ni dans le calcaire corallien de Stevns Klint. On peut donc légitimement se poser la question de l'échantillonnage de Forchhammer : l'a-t-il prélevée dans la roche en place, haut dans la falaise, ou dans un éboulis sur la plage, ou bien encore dans une carrière de calcaire corallien près de la falaise ? Lui a-t-on donné cette bélemnite ou l'a-t-il ramassée lui-même ? On peut supposer qu'il l'a ramassée lui-même puisqu'il l'inscrit dans la liste de fossiles qu'il « a trouvés ». Les carnets de notes de Forchhammer que nous avons pu consulter sont plus tardifs et concernent peu la géologie. Il s'agit essentiellement de travaux de chimie et de minéralogie. Nous n'avons malheureusement pas trouvé ses carnets de terrains des années 1820. Il est néanmoins remarquable qu'il ne soit plus question de cette bélemnite dans son œuvre de 1835 ; il ne la signale ni dans le calcaire de Faxé ni dans l'*upper Stevnsklint limestone*. Jugeait-il alors que cet échantillon fût douteux ?

Curieusement, la découverte de *Belemnites mucronatus* est attribuée par de nombreux auteurs à Lyell, qui, contrairement à Forchhammer, la mentionne en 1835 dans les *Faxoe beds* ²⁸⁷. Lyell fait-il référence à la bélemnite de Forchhammer ou l'a-t-il trouvée lors de sa visite à Stevns Klint et Faxé avec Forchhammer ? Nous avons vu qu'il n'avait pas vraiment eu le temps d'échantillonner et il eut été bien chanceux d'en trouver une en si peu de temps sur le terrain. Certains auteurs pensent que Lyell ne l'a probablement pas trouvée lui-même *in situ* dans les

²⁸⁵ « *The Cephalopods of Faxoe deserve also particular mention, two of them, Baculites Faujasii and Belemnites mucronatus, being common to the white chalk and to Faxoe, and there being an Ammonite [...]* ». LYELL Ch., 1837-1840, *op. cit.*, p.250.

²⁸⁶ LYELL Charles, 1838, *Elements of Geology*, Londres, J. Murray, p. 315; 324-325.

²⁸⁷ Pour Lyell, les *Faxoe beds* incluent le calcaire de Faxé (selon Lyell) et l'*upper Stevnsklint limestone* de Stevns Klint.

Faxoe beds et suggèrent qu'il l'aurait achetée à des carriers travaillant à Faxe²⁸⁸. Il n'est en effet pas rare de trouver des bélemnites dans les blocs crayeux du *diluvium* recouvrant le calcaire de Faxe²⁸⁹.

En conclusion, en 1825, Forchhammer signale la bélemnite dans le calcaire corallien. En 1835, elle n'est signalée ni par Forchhammer, ni par Beck. Seul Lyell note sa présence dans le calcaire de Faxe ou *Faxoe beds*, appellation recouvrant les couches de Stevns Klint (calcaire à Cérithes, calcaire corallien) et le calcaire des carrières de Faxe. La présence de bélemnite dans le calcaire de Faxe est bien douteuse, elle n'a jamais été retrouvée par la suite. Seule celle de Lyell continue à être citée.

Le cas de *Baculites faujasii* est plus délicat. Forchhammer ne la cite ni en 1825 ni en 1828, par contre elle est présente dans la liste des fossiles du calcaire de Faxe chez Forchhammer, Beck et Lyell en 1835. Forchhammer n'en avait donc pas encore trouvé lors de ses premières publications de 1825 et 1828.

La *Baculites faujasii* de Lyell provient de la collection du Prince Christian de Danemark. Comme pour tout fossile provenant d'une collection, on peut se poser quelques questions. Était-elle correctement étiquetée ? Avait-elle été récoltée par Beck lui-même dans les carrières de Faxe ? Ou avait-elle été, elle aussi, achetée ou échangée, chose fréquente à l'époque ? Dans ce dernier cas, il est difficile d'être certain de la formation géologique d'origine.

Enfin, nous avons retrouvé au *Geologisk Museum* de Copenhague deux baculites récoltées à Stevns Klint et portant le nom de Forchhammer (fig. 26). L'espèce n'en est pas précisée et l'origine est le « *Cerithiumkalk* » pour la première et le « *Faxöekalk* » pour la seconde. Or cette dénomination de calcaire de Faxe pour le calcaire à Cérithes de Stevns Klint n'est pas utilisée par Forchhammer avant la venue de Lyell. Ces baculites n'étant pas citées en 1826 dans le mémoire de Forchhammer, on peut supposer qu'elles ont été trouvées plus tard, l'une avant la venue de Lyell et la seconde probablement après. Ceci démontre que Forchhammer poursuivait ses recherches à Stevns Klint dans l'espoir de consolider son point de vue.

²⁸⁸ JOHNSTRUP F., 1876. In GRAVESEN P. 1979, « A Danish historical view of the boundary » In BIRKELUND T. & BROMLEY, R.G. (eds), 1979, Cretaceous–Tertiary Boundary Events, symposium. I. The Maastrichtian and Danian of Denmark, Copenhagen, University of Copenhagen, p.10.

²⁸⁹ GRAVESEN P. 1979, *op. cit.*, p.10.

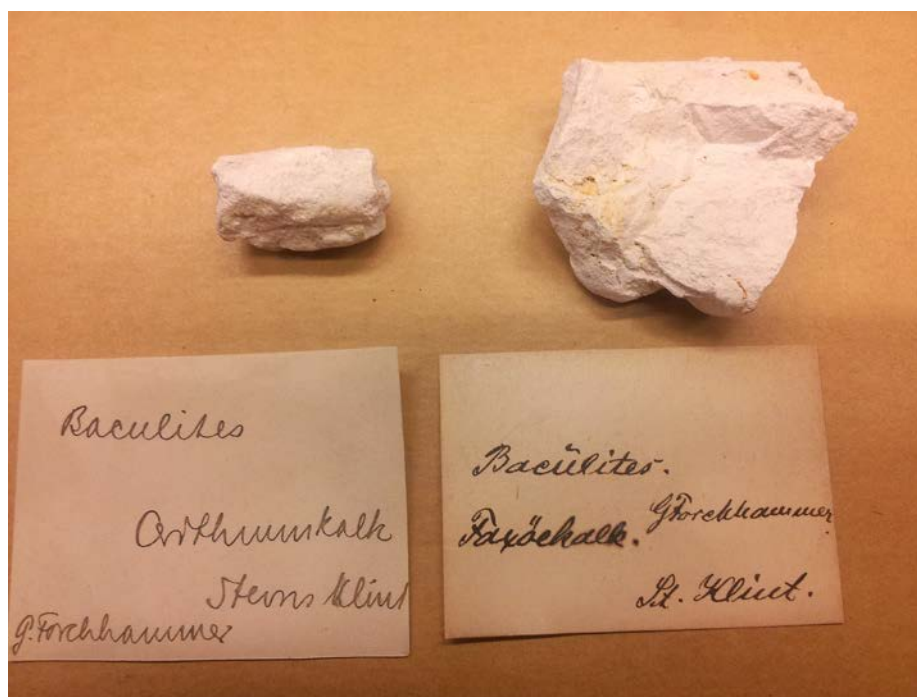


Figure 26 – Baculites trouvées par Forchhammer dans le calcaire à Cérithes de Stevns Klint. Collection du Géologisk Museum, SNM. Photo mise à disposition par © Sten Lennart Jakobsen.

La mention « Cerithiumkalk », à gauche, montre que la baculite a été récoltée avant la venue de Lyell, en 1834. C'est Lyell qui nomme ce calcaire « Faxøekalk ».

Que penser de ces baculites ? S'agit-il de la *Baculites faujasii* citée par Lyell. Il est possible que non. Les spécimens de Forchhammer ne peuvent pas, selon Sten Lennart Jakobsen, administrateur des collections du *Geologisk Museum*, être déterminés spécifiquement dans la mesure où manquent de nombreux détails morphologiques essentiels à la détermination.

Où ont-elles été échantillonnées exactement ? D'après les étiquettes, elles proviennent du calcaire à Cérithes de Stevns Klint, calcaire que Forchhammer considère d'épaisseur variable mais jamais manquant. Il le représente d'ailleurs, comme Lyell (ou plutôt Lyell comme Forchhammer) par une bande continue ondulante. Or l'observation de la falaise actuelle de Stevns montre que le calcaire à Cérithes, souligné par la fine couche d'argile, est situé dans des cuvettes formées dans la craie, cuvettes séparées les unes des autres par de la craie. (fig. 13). De deux choses l'une : soit la falaise a beaucoup changé d'aspect depuis 1825 à la suite d'éboulements, ce qui est peu probable, en tout cas pas à ce point, soit la bande que représente Forchhammer est le niveau de roches indurées comprenant les cuvettes de calcaire à Cérithes (*sensu stricto*) et, entre elles, la craie indurée²⁹⁰. Nous retiendrons cette deuxième hypothèse.

²⁹⁰ Ceci expliquerait aussi pourquoi Lyell dans ses *Elements of geology*, dit « [...], *I may add, that in the island of Seeland, in Denmark, there is a yellow limestone intimately connected with the chalk, [...]* » (1838, p.324), « fait

En effet, dans son article de 1826, Forchhammer précise que la fine couche d'argile disparaît complètement en de nombreux endroits mais il ne pense pas que le calcaire à Cérithes manque complètement en quelque point de la falaise que ce soit. Forchhammer souligne même que ce calcaire est différent selon les endroits, tantôt il se rapproche de la craie tantôt du calcaire corallien²⁹¹. Il avait donc bien fait la différence entre les deux, alors où a-t-il ramassé ses échantillons ? Là où le calcaire à Cérithes se rapproche du calcaire corallien (et que l'on appelle le calcaire à Cérithes *sensu stricto*) ou là où il se rapproche de la craie (donc très probablement dans ce que l'on nomme maintenant la craie indurée) ?

Il serait donc possible que les *Baculites* de Forchhammer soient effectivement du calcaire à Cérithes. Cependant Sten Lennart Jakobsen les a étudiées et a montré que leur matrice est de la fin du Crétacé, Maastrichtien (*coccolith zone Arkhangelskiella cymbiformis*)²⁹². Ceci signifie qu'elles ont été récoltées dans la craie de Stevns Klint, probablement par Forchhammer lui-même.

Ainsi donc, ces deux fossiles si importants pour Lyell dans l'attribution du calcaire de Faxø à la série crétacée, *Baculites Faujasii* et *Belemnites mucronatus*, nous montrent à quel point il était difficile à l'époque de faire un échantillonnage correct. En ce qui concerne *Belemnites mucronatus*, le doute existe déjà en 1835 puisque cette bélemnite n'est citée que par Lyell. Lyell a-t-il maintenu cette espèce fossile pour donner plus de poids à ses arguments et fait-il alors là-encore du « cooking of data » ? Par contre pour *Baculites Faujasii*, les trois géologues semblent d'accord, et la présence de baculites dans le calcaire à Cérithes affaiblit la position de Forchhammer qui accepte somme toute assez facilement les interprétations de Lyell et se rallie à son point de vue. Mais sont-ils vraiment convaincus par cette interprétation ?

De toute évidence, le calcaire de Faxø demeure un problème malgré tout.

En effet, comme nous l'avons déjà dit²⁹³, la correspondance de Lyell avec Forchhammer (Correspondance, lettre 6) montre qu'il poursuit les recherches sur les fossiles de Faxø même

mention d'un certain calcaire jaune, lié intimement avec la craie [...] », (trad. 1839, p. 378), remarque laissant supposer qu'il est impossible de séparer le calcaire de Faxø de la craie, en facilitant l'attribution crétacée.

²⁹¹ FORCHHAMMER G., 1826, *op. cit.*, p. 252-253.

²⁹² Sten Lennart Jakobsen n'a rien publié sur le sujet mais nous a aimablement donné l'autorisation d'utiliser ces informations.

²⁹³ Dans sa lettre du 18 octobre 1835 (Correspondance, lettre 6), Lyell raconte à Forchhammer qu'il a apporté des fossiles du calcaire de Faxø pour les montrer à Deshayes lors de son passage à Paris, en se rendant à la grande réunion scientifique qui se tenait à Bonn l'été 1835. De plus, il se fait envoyer à Bonn par Forchhammer des fossiles de Faxø pour les montrer à Georg August Goldfuss (1782-1848) qui est professeur de zoologie et minéralogie à Bonn et assisté par Georg Graf zu Münster (1776-1844). Goldfuss est un paléontologue averti qui

après la lecture de son mémoire en mai 1835. Et les résultats sont assez contrastés : d'un côté, des fossiles correspondant à ceux de Maastricht²⁹⁴ – ceux qu'il a étudiés avec Georg August Goldfuss (1782-1848), professeur de zoologie et minéralogie à Bonn –, d'un autre côté, des espèces totalement nouvelles – celles qu'il a montrées à Deshayes à Paris. Désespérant de voir une publication de Beck sur une comparaison des coquilles de Faxoe du Prince Christian et de celles que le comte Duchâtel a de Maastricht et Ciply²⁹⁵, Lyell demande à Forchhammer des *duplicatas* des coraux de Faxoe ou tout autre fossile²⁹⁶. En bref, Lyell aimerait beaucoup asseoir ses hypothèses sur des faits plus nombreux et plus convaincants, d'autant qu'il prépare la publication de ses *Elements of Geology* dans lesquels il consacrerait quelques pages au sujet. Il y confirme l'ensemble de ses hypothèses sur le calcaire de Faxoe²⁹⁷ et va plus loin. Très affirmative, sa proposition formulée en 1835 est devenue, pour lui, réalité. De plus, il va même jusqu'à écrire que le calcaire à Cérithes est intimement lié à la craie²⁹⁸ omettant encore une fois la fine couche d'argile qui sépare si nettement craie et calcaire. Il rappelle les faits déjà rapportés dans son mémoire et insiste sur ce qui est son argument le plus fort, celui qui fait pencher la balance de façon inéluctable vers la série crétacée : la présence « *des céphalopodes de ces familles éteintes et mentionnées auparavant comme caractéristiques du Crétacé et étrangères à l'époque tertiaire ; comme par exemple les ammonites, bélemnites et baculites.* »²⁹⁹ Comme pour Maastricht, la présence de tels fossiles, notamment *Belemnites mucronatus* et *Baculites Faujasii* communes aux Faxoe beds et à la craie blanche, implique que la roche est crétacée et ne peut être considérée comme une formation intermédiaire entre les formations secondaire et tertiaire.³⁰⁰

publie entre 1826 et 1844 une paléontologie de l'Allemagne, *Petrefacta Germaniae*, qui restera cependant inachevée.

²⁹⁴ « *I showed them to Goldfuss & spent a morning with him comparing them to those of Maestricht with which they corresponded well as I had anticipated.* » Lettre de Lyell à Forchhammer du 18 octobre 1835. Fonds Forchhammer. Correspondance étrangère. ASNM.

²⁹⁵ « [...], *but it is too bad that we should be kept any longer in ignorance of the results that might be obtained by a comparison of Prince Christian's Faxoe shells & those which Count Duchâtel has from Maestricht & Ciply.* » Lettre de Lyell à Forchhammer du 18 octobre 1835. Fonds Forchhammer. Correspondance étrangère. ASNM.

²⁹⁶ « *If ever you can send me duplicatas of Faxoe corals I beg you will or any fossils for I begin to despair of our getting any published information from Dr Beck on the subject.* » Lettre de Lyell à Forchhammer du 18 octobre 1835. Fonds Forchhammer. Correspondance étrangère. ASNM.

²⁹⁷ LYELL Ch., 1838, *op. cit.*, p. 324-327.

²⁹⁸ « [...] *in island of Seeland, in Denmark, there is a yellow limestone intimately connected with the chalk, [...]* ». *Ibid.*, p. 324.

²⁹⁹ Les espèces de la formation de Faxoe ne correspondent pas à celles des strates tertiaires et sont associées avec « *cephalopoda of those extinct families before mentioned as characteristic of the cretaceous, and foreign to the tertiary epoch ; as, for examle, the ammonite, belmnite, and baculite.* » *Ibid.*, p. 325.

³⁰⁰ *Ibid.*, p. 327.

Ainsi, pour Lyell, le calcaire de Faxø est crétacé.

Forchhammer, face au même dilemme, dans l'attente lui-aussi de tout ce qui pourrait fournir quelque argument dans un sens ou dans l'autre, expédie des fossiles. La question le turlupine et refait surface à la moindre occasion. Il retourne souvent sur le terrain et introduit dans ses cours à l'Université pour le semestre d'hiver 1838, l'étude des cas les plus importants de controverse en géognosie³⁰¹. Le sujet d'examen qu'il donne à ses étudiants en 1838 est d'ailleurs le suivant : « *On demande la comparaison des pétrifications du calcaire de Faxø avec celles que l'on trouve dans la craie blanche (autant danoise que d'autres régions), dans le calcaire des environs de Maestricht, et dans le calcaire parisien que l'on nomme "calcaire pisolithique", on les organisera, mais sans rechercher les différences et similitudes des coraux qui surviennent dans le calcaire de Faxø, et ceux que l'on trouve dans la formation appelée "Limsten" en danois.* »³⁰² Ainsi, la comparaison des fossiles de Faxø et de Maestricht est toujours d'actualité mais se rajoute un nouveau venu, le calcaire pisolithique³⁰³ du bassin de Paris découvert et nommé ainsi en 1836, objet de la même controverse en France, comme nous le verrons dans la partie suivante. Forchhammer est donc parfaitement informé aussi bien de l'existence de ce calcaire entre craie et calcaire grossier comme le calcaire de Faxø, que de la controverse en France dont il a conscience qu'elle rejoint celle qu'il a eue avec Lyell. La preuve en est une lettre adressée à Michelotti probablement au printemps 1838³⁰⁴, dans laquelle il excuse le retard de sa réponse par un long voyage en Angleterre et en France, voyage qui se situe à l'été 1837³⁰⁵. Il évoque aussi dans cette lettre le calcaire pisolithique après avoir fait une coupe pour éclaircir la superposition (fig. 27).

³⁰¹ ANONYME, 1838, Rapport annuel de l'Université de Copenhague, p. 87. ANSM.

³⁰² « *Desideratur comparatio petrificationum calcis Faxøensis cum iis quæ in creta alba (tam Daniæ quam aliarum regionum), in calce ex vicinia Trajecti ad Mosam (Maestricht), et in calce Parisiensi quæ « calcaire pisolithique » appellatur, reperiuntur, nec non investigatio aut differentie aut similitudinis corallorum quæ in calce Faxøensis occurrunt, et eorum quæ in ea formatione inveniuntur quæ Danicæ « Limsten » vocatur.* » ANONYME, 1838, Rapport annuel de l'Université de Copenhague, p. 105. ANSM.

³⁰³ Ce calcaire a été nommé ainsi car il contient de grosses concrétions calcaires de la taille d'un pois. Le qualificatif de « pisolithique » était orthographié à l'origine avec un « h » selon son étymologie : du latin *pisum*, pois et du grec *lithos*, pierre. Mais par la suite, il est orthographié, selon les auteurs et les époques, avec ou sans « h ». Nous avons conservé l'orthographe des auteurs dans les citations mais nous avons choisi d'utiliser l'orthographe étymologique dans notre propos.

³⁰⁴ Lettre de Forchhammer à Michelotti non datée - mais en réponse à la lettre de Michelotti du 27 juillet 1837 - et dans laquelle il invoque l'hiver trop rude pour aller sur les lieux où se trouvent les fossiles que lui demande Michelotti. La lettre serait donc du printemps 1838. Ces lettres appartiennent au Fonds Forchhammer, ANSM.

³⁰⁵ Forchhammer étant en voyage à l'étranger n'a pas assuré ses cours lors du semestre d'été. In ANONYME, 1838, Rapport annuel de l'Université de Copenhague, p. 87. ANSM.

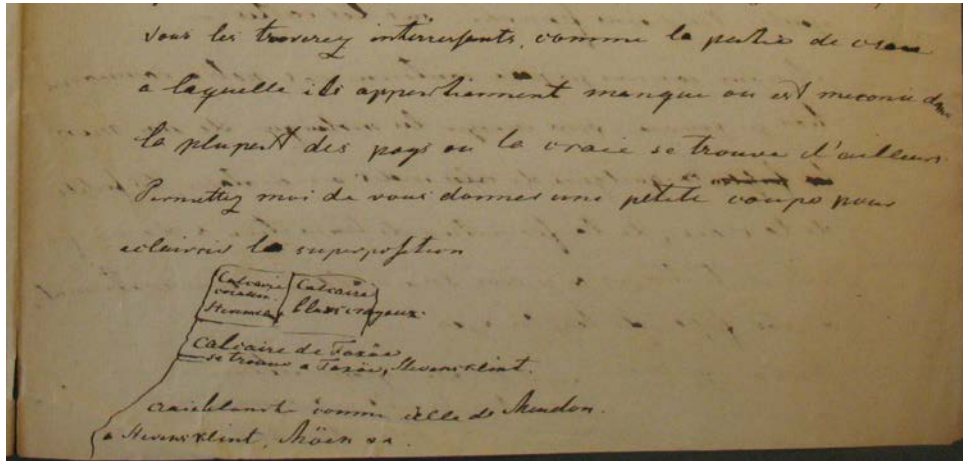


Figure 27 – « Petite coupe pour éclaircir la superposition » par Forchhammer dans une lettre à Michelotti, au printemps 1838. Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

« [cependant j'espère que] vous les [les fossiles envoyés] trouverez intéressants, comme la partie de craie à laquelle ils appartiennent manque ou est méconnu dans la plupart des pays ou la craie se trouve d'ailleurs. Permettez moi de vous donner une petite coupe pour éclaircir la superposition. »

Légende de la coupe : Calcaire corallien Stevensklint / Calcaire [...] crayeux
 Calcaire de Faxøe se trouve a Faxøe, Stevensklint
 Craie blanche comme celle de Meudon à Stevensklint, Möen &c.

On notera la référence à Meudon et l'appellation « craie blanche » utilisée par Forchhammer. D'autre part, un double trait entre la craie et le calcaire de Faxøe correspond à la couche d'argile noire qui n'est cependant pas citée.

Il écrit alors (fig. 28) :

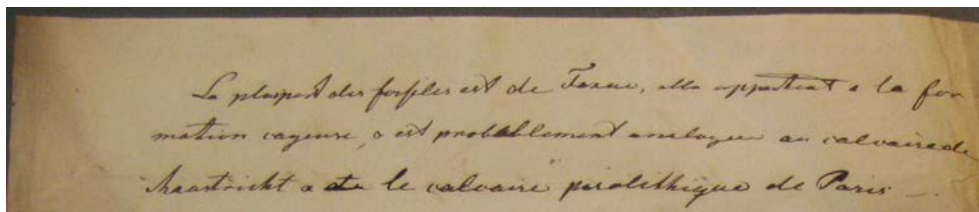


Figure 28 – Extrait de la lettre de Forchhammer à Michelotti, au printemps 1838. Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

« La plupart des fossiles est de Faxøe, elle appartient à la formation crayeuse, & est probablement analogue au calcaire de Maestricht & de le calcaire pisolithique de Paris. »

Ainsi, il pense probable que le calcaire de Faxøe soit analogue au calcaire pisolithique. Il l'a donc très probablement vu lors de son voyage en France et on peut penser qu'il en a rapporté des échantillons pour ses étudiants. La question de la corrélation possible du calcaire de Faxøe et du calcaire pisolithique est donc déjà posée dix ans avant la corrélation proposée par Desor.

Conclusion

Ainsi, les calcaires de la falaise de Stevns démontrent clairement l'existence entre la craie blanche et le calcaire grossier, de plusieurs formations présentant à la fois des différences et des similitudes avec l'une comme avec l'autre, remettant en cause « le » modèle stratigraphique de référence, celui du bassin de Paris établi en 1822. La craie est secondaire, le calcaire grossier est tertiaire. Où placer ces nouveaux terrains, ces nouvelles couches ? Jusque-là, ils ne montrent, semble-t-il, aucun fossile caractéristique des terrains tertiaires, c'est-à-dire, au sens de l'époque, présent dans le calcaire grossier et au-dessus. Par contre, la présence de quelques fossiles de la craie suffit à en faire une formation secondaire. On peut s'étonner que, alors qu'il y a les deux tiers des fossiles nouveaux et que les univalves deviennent très abondants tandis qu'ils sont rarissimes dans les formations secondaires, on peut s'étonner donc que Lyell, Beck et à leur suite Forchhammer soient si affirmatifs dans le positionnement de ces terrains dans la série secondaire.

Dans les faits, Lyell est « coincé » entre deux dogmes, celui des faits établis et énoncés par Cuvier et Brongniart d'une part, et celui de sa théorie des causes actuellement en action et de leur uniformité d'autre part.

Le premier dogme est celui des faits tels qu'ils ont été observés jusque-là et énoncés par Cuvier et Brongniart. Les formations secondaires et tertiaires sont deux formations bien distinctes, autant du point de vue lithologique - craie versus calcaire grossier - que paléontologique : aucune espèces communes entre formations secondaires et tertiaires ; deux faunes extrêmement différentes, les formations tertiaires étant caractérisées par l'abondance d'univalves ; absence, dans les formations tertiaires, des grands céphalopodes comme les bélemnites et les ammonites, si caractéristiques des formations crétacées.

Le deuxième dogme est celui de sa propre théorie. D'après lui, le fossé existant entre les faunes crétacée et tertiaire n'est qu'apparent. Les espèces disparaissent et apparaissent progressivement au cours des temps géologiques et on doit donc pouvoir trouver des faunes intermédiaires ce qui est le cas à Maastricht où l'on observe un changement progressif des caractères lithologiques et paléontologiques, de la craie au calcaire de Maastricht. Ce dernier est proche de la craie, contient des fossiles de la craie dont des bélemnites et des ammonites (dont *Baculites faujasii*) ainsi que des espèces nouvelles et non encore décrites, mais aucune espèce tertiaire connue. Ceci n'est pas le cas du calcaire de Faxe.

Alors que faire du calcaire de Faxe ? Celui-ci étant au-dessus de la craie pourrait donc constituer un de ces termes intermédiaires que Lyell pense devoir exister. Mais le calcaire de Faxe est très différent de la craie. Du point de vue lithologique, il est plus proche du calcaire grossier parisien que de la craie mais il ne contient aucune espèce de ce calcaire grossier alors qu'il contient des espèces crétacées. Du point de vue paléontologique, il semble donc plus proche de la craie que du calcaire grossier. Ce n'est pas du calcaire grossier, il n'est donc pas tertiaire. Mais surtout, il contient, entre autres, *Belemnites mucronatus* et *Baculites faujasii*, fossiles caractéristiques de la craie. Le calcaire de Faxe est donc crétacé.

Il est plus facile pour Lyell d'expliquer la différence lithologique par une différence de facies que de remettre en cause les dogmes de l'époque, mais aussi de tenir compte de la logique de sa propre position.

Ainsi, il propose la présence d'un récif corallien sur un haut-fond entouré d'une mer profonde où se dépose la boue calcaire d'origine corallienne qui donnera la craie de Maastricht. Il n'explique ni la présence de la fine couche d'argile sous le calcaire à Cérithes (devenu calcaire de Faxe), ni son épaisseur probable.

Le cours des débats est révélateur des difficultés de ce moment. La première est celle de la détermination des fossiles et de leur attribution à une formation comme le montre l'exemple du *Nautilus danicus*. La deuxième est la difficulté des corrélations entre terrains par manque de données exhaustives. Se pose ainsi 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 et surtout de l'existence d'une série sédimentaire complète. Mais cette notion suggérée par les uniformitariens comme Lyell commence tout juste à se construire. L'est-elle déjà d'ailleurs ? Et dans ce cas, comment séparer la série crétacée de la série tertiaire ? Sur quel critère ? Ce débat traduit donc une rupture dans les schémas de représentation : de la distinction exclusive entre les formations secondaires et tertiaires à l'existence de terrains et de faunes intermédiaires. Cela imposait sinon la reconsidération des principes de la géologie, du moins un affinement de leur utilisation.

En conclusion, cette histoire danoise éclaire, en cette première moitié du XIX^{ème} siècle, la façon de considérer l'exception au modèle stratigraphique du bassin de Paris, constituée par le calcaire de Faxe. Dans un premier temps Forchhammer a rassemblé des observations et des connaissances puis avancé une hypothèse très argumentée mais troublante dans la mesure où elle allait à l'encontre de tout ce qui avait été dit jusque-là notamment concernant la craie de

Møn. Cette affirmation était cependant basée sur une insuffisance d'observation, ce que montre Lyell lorsqu'il vient sur le site. Concernant le calcaire de Faxø, Lyell, après avoir exposé l'ensemble des faits, reprend à son compte la corrélation du calcaire à Cérithes de Stevns Klint et du calcaire des carrières de Faxø. Lyell affirme que ce calcaire qu'il nomme calcaire de Faxø, est un ancien récif corallien qui s'est développé sur un haut-fond au milieu d'une mer crétacée dans laquelle se formait simultanément de la craie ; il est donc créacé. Cette affirmation est présentée de façon très convaincante et le mémoire de Lyell met en exergue tous les arguments allant dans ce sens mais laisse de côté ceux qui ne rentrent pas dans ce cadre explicatif et vont à l'encontre des présupposés de Lyell, comme la surface de la craie nettement perturbée (pourtant soulignée par Forchhammer), la fine couche d'argile, etc. L'accent est mis sur le nombre de fossiles de la craie blanche ou celle de Maastricht présents dans ce calcaire laissant oublier que la très grande majorité des espèces fossiles présentes à Faxø (zoophytes comme coquilles) n'appartient pas à la formation crétacée. Ces espèces nouvelles n'ont encore jamais été décrites mais beaucoup ont pourtant une analogie de genre avec les espèces tertiaires, ce que Lyell balaie d'une phrase en précisant que ce n'est, justement, qu'une analogie. Cependant cette faune fossile est précisément trop différente de celle de la craie pour penser à une continuité entre la craie et le calcaire de Faxø et cette violation de la continuité ne peut s'expliquer que par des différences géographiques. Ainsi, pour échapper au catastrophisme, il élabore une hypothèse séduisante conforme à sa théorie mais qui « oublie » quelques observations de poids faisant par-là ce que Babbage appelle du « *cooking of data* ». Bien sûr, « un » argument essentiel emporte la décision, argument qui serait encore aujourd'hui immédiatement considéré comme décisif : la présence de *Belemnites mucronatus* et *Baculites Faujasii* dans le calcaire de Faxø, mais à Stevns Klint seulement. La présence de la première paraît plus que douteuse pour Forchhammer en 1835 mais conservée par Lyell. Celle de la deuxième demeurerait un argument pour Lyell comme pour Forchhammer.

Un extrait du mémoire de Lyell sera lu à la séance du 7 mai 1838 à la Société géologique de France. Cet extrait reprend en quelques lignes les thèses de Forchhammer et celles de Lyell et les situe dans le débat qui agite, à cette époque, la Société autour de l'attribution crétacée ou tertiaire d'un certain nombre de terrains présentant des caractéristiques semblables et de même position stratigraphique découverts entre 1831 et 1836 dans les environs de Paris et qui soulèvent, comme au Danemark et en Angleterre, une vive et longue controverse.

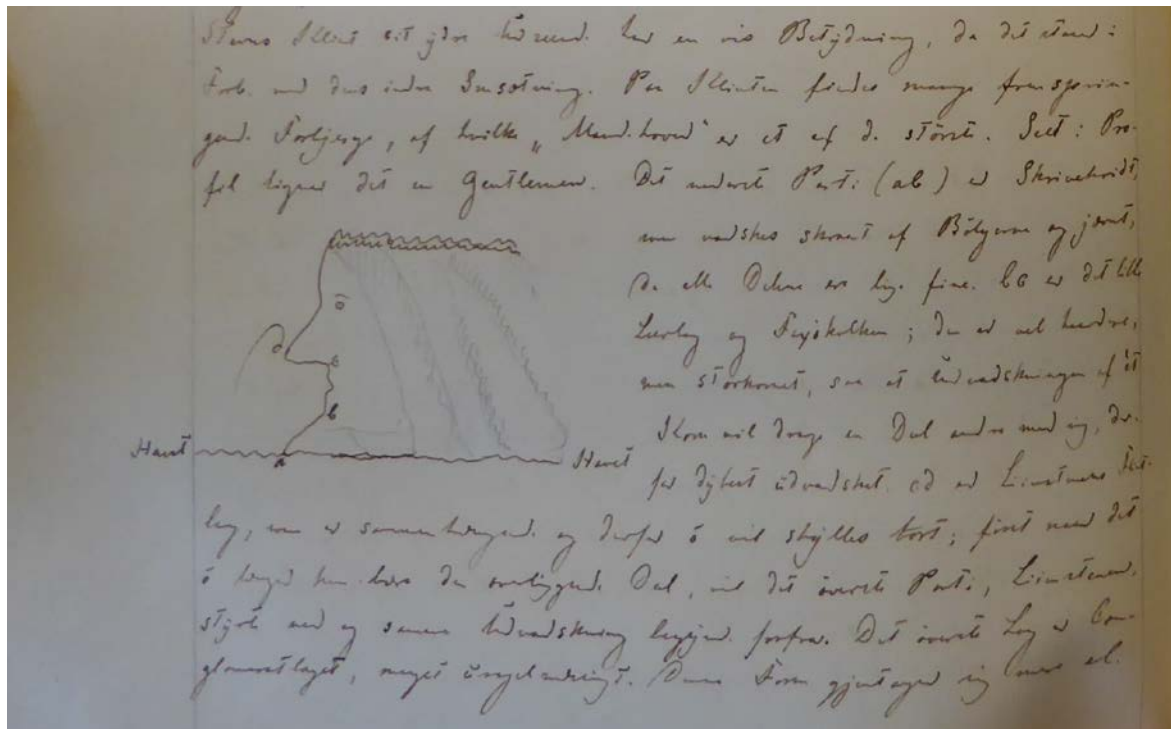


Figure 29 – Falaise de Stevns Klint : dessin réalisé par l'étudiant V. Bergsøe lors du cours sur la « Géognosie du Danemark » donné par Forchhammer au printemps 1859. Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Vue en coupe ou « de profil » du Limsten surplombant la craie comme un nez au milieu de la figure et surmonté par une « couronne » de conglomérat crayeux (la formation de surface). À la base de la falaise, la pente douce des éboulis atteint la mer (Havet).

CHAPITRE II - LA CONTROVERSE DE L'ÉTAGE DANIEN EN FRANCE ENTRE THÉORIES ET FAITS

Le début du XIX^{ème} siècle est marqué en France comme ailleurs par un bouillonnement scientifique, particulièrement en géologie. Apparaît ainsi, à la fin des années 1820, la nécessité de fonder une société géologique dont les membres pourraient présenter, discuter et comparer leurs observations et leurs idées pour « *concourir à l'avancement de la géologie en général, et particulièrement de faire connaître le sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les arts industriels et l'agriculture.* »³⁰⁶. Ainsi, un groupe de savants, à la tête desquels se trouvent Constant Prévost et Louis Cordier (1777-1861), prit l'initiative de rassembler une quarantaine de géologues chez Ami Boué (1794-1881) le 17 mars 1830 pour établir les fondements de la Société géologique de France et adopter son règlement constitutif. Le point 12 de ce règlement stipule la tenue chaque année entre juillet et novembre, d'*une ou plusieurs séances extraordinaires*, c'est-à-dire d'excursions sur le terrain suivies de discussion, *sur un des points de la France qui aura été préalablement déterminé*. Pour l'année de sa création, la Société géologique de France prévoyait des séances extraordinaires à proximité de Paris et avait décidé de les tenir à Beauvais du 25 au 30 août 1830 mais les événements politiques, la Révolution de juillet, en différèrent la tenue au 6 septembre 1831. Louis Graves (1791-1857), l'un des tout premiers membres de la Société et secrétaire-général de la Préfecture de l'Oise, bon connaisseur de la géologie du département pour en avoir dressé la carte, est chargé par la Société de proposer un programme pour ces journées extraordinaires. Le programme présenté par Graves est adopté à la séance du 4 juillet 1831 et il en conduira les trois *tournées* proposées. « *Dans la première tournée on visiterait Bracheux, Laversine et Brelle, et on aurait occasion d'étudier les assises inférieures et moyennes du calcaire grossier, une craie analogue à celle de Maestricht et des tourbières* ».

Ainsi, lors de ces premières séances extraordinaires de la Société géologique de France à Beauvais, pour la première fois dans le Bassin de Paris, les membres de la Société observent à

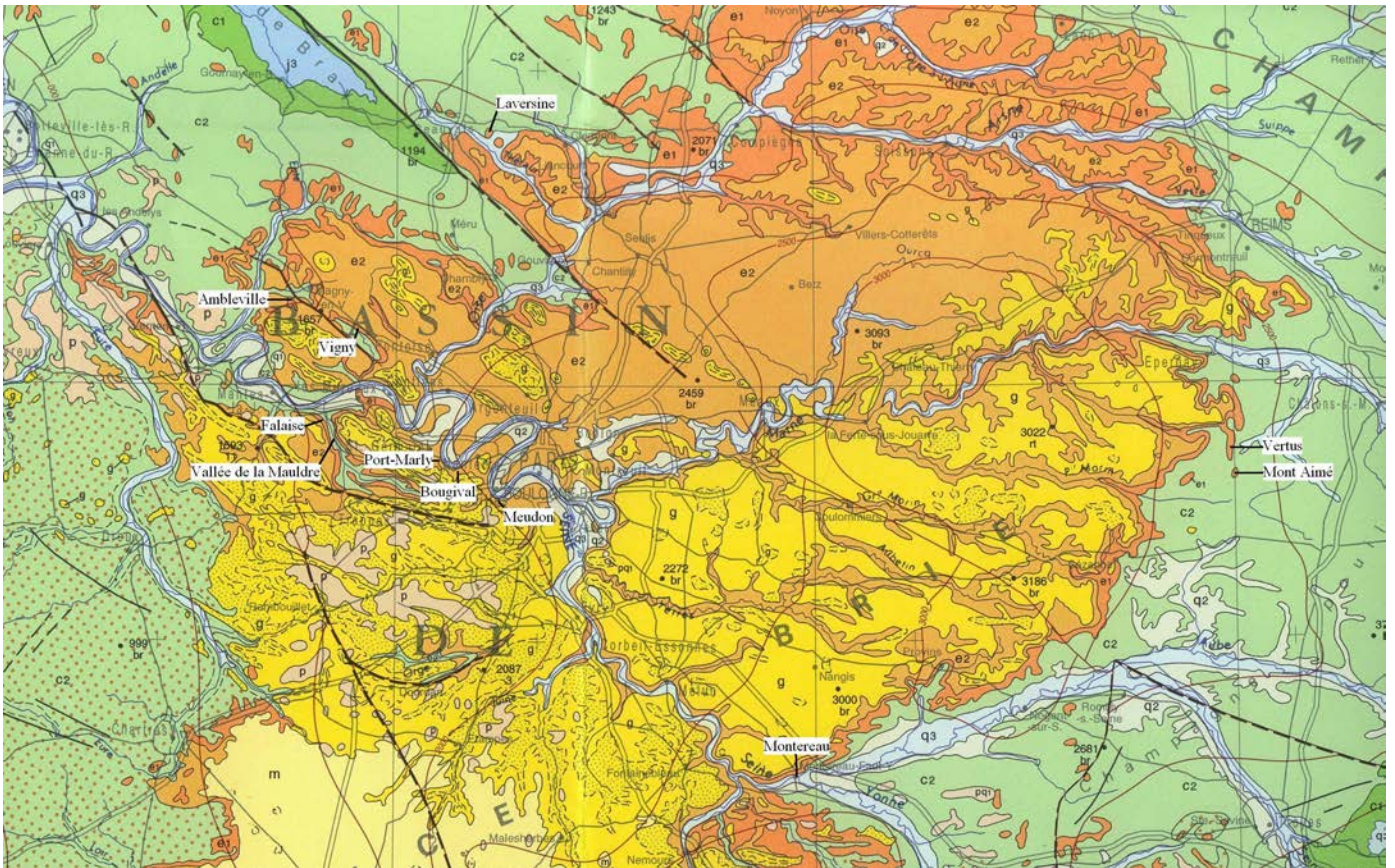
³⁰⁶ Règlement constitutif de la Société géologique de France, article 2, adopté à la séance du 17 mars 1830, *Bull. Soc. géol. France*, 1, p.6.

Laversine au-dessus de la craie, un calcaire très particulier et problématique dont l'appartenance crétacée ou tertiaire est très discutée.

De la même façon, entre 1831 et 1836, sont décrits dans les environs de Paris, d'abord à Vigny puis à Port-Marly, Bougival et Meudon, des terrains semblables d'un calcaire coquiller très fossilifère, situé au-dessus de la craie mais ne contenant pas de fossiles du calcaire tertiaire parisien c'est-à-dire du calcaire grossier. Ces terrains, rassemblés en 1836 sous le nom de calcaire pisolithique, ont la même position stratigraphique que le calcaire de Faxe et des caractéristiques faunistiques identiques. De fait, ils posent la même question : appartiennent-ils au Crétacé ou au Tertiaire ? Tous, comme le calcaire de Faxe, furent attribués lors de leur première description au Tertiaire au regard de leur position stratigraphique et de leur contenu paléontologique mais rapidement se déclencha une controverse sur cette attribution. L'histoire danoise se répète donc en France mais de façon parfaitement indépendante. En effet, la controverse danoise commencée dès l'année 1824, se développe en 1834 lorsque Lyell se rend au Danemark, au moment-même où les terrains de Bougival et Port-Marly sont découverts. Cette polémique semble inconnue en France, en tout cas rien ne laisse supposer qu'il en soit autrement. Même si certains avaient pu lire dans le Bulletin des Sciences naturelles et de Géologie de Férussac de février 1826 et de février 1827 un compte-rendu des observations de Forchhammer, personne ne fait le rapprochement entre les deux calcaires et la lecture d'un cours extrait du mémoire de Lyell ou plus exactement son résumé succinct à la séance du 7 mai 1838 n'y change rien. Précisons que le mémoire est présenté de façon telle, en insistant sur la présence de *Belemnites mucronatus* et de *Baculites Faujassii* dans le calcaire de Faxe et son attribution par Lyell au Crétacé, que le parallèle avec le calcaire pisolithique ne coulait pas de source même si d'autres caractéristiques l'auraient permis. La même question se pose donc au Danemark et en France, mais comme nous le verrons, les hommes en place en France n'ayant pas tous les mêmes cadres théoriques que Lyell ou Forchhammer, la résolution de cette controverse et les arguments avancés sont d'une autre nature qu'au Danemark. L'existence de l'argile plastique et du calcaire grossier tertiaires au-dessus du calcaire pisolithique le place clairement entre la craie crétacée et les terrains tertiaires. Cependant, si Forchhammer, après son séjour en France en 1837, se pose la question de la contemporanéité des dépôts de calcaire pisolithique et de calcaire de Faxe, en témoigne le sujet d'examen qu'il donne en 1838 à ses étudiants³⁰⁷, il n'en est pas de même en France. Le calcaire de Faxe ne semble pas avoir retenu l'attention des géologues français. De fait, la contemporanéité du calcaire de Faxe et du calcaire

³⁰⁷ Voir ch.I-4.

pisolithique n'est établie qu'en 1846 par Desor lorsqu'il crée l'étage danien. Cette corrélation est décisive pour l'attribution du calcaire pisolithique au Crétacé même si le débat se poursuit jusqu'à la réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Paris en septembre 1855, pendant laquelle son attribution au Crétacé sera confirmée, mais l'adhésion ne sera pas totale.



STRATIGRAPHIE
SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME

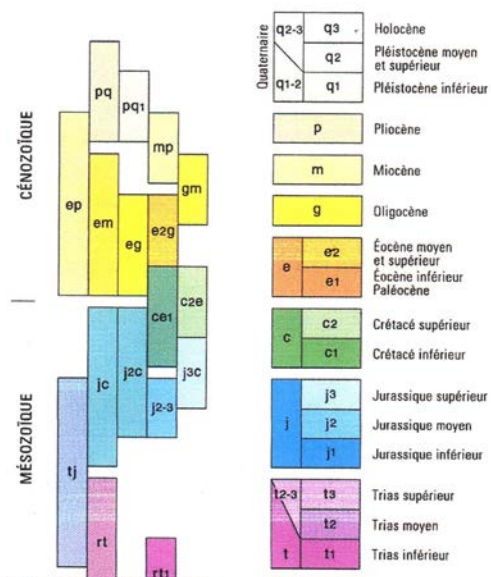


Figure 30 – Carte des sites de calcaire pisolithique dans le bassin de Paris. Extrait de la carte géologique de France au 1/1000000^{ème} (1993) modifiée. © F. Dreyer

1. La découverte de terrains intermédiaires (1831-1846)

1) La position du « lambeau » de Laversine, une difficulté non résolue

Lors de la deuxième journée des séances extraordinaires de Beauvais, les membres de la Société présents se rendent à Bresle puis Laversine (fig. 30) pour observer un lambeau de calcaire au-dessus de la craie.

La description du calcaire de Laversine

Ce « très-petit » lambeau (20 à 30 pieds de haut, 100 m de long sur 20 de large) est d'un calcaire coquillier « compacte, poreux et friable, blanchâtre ou jaunâtre et plein de fossiles, la plupart en moules [...] »³⁰⁸ qui repose directement sur la craie « en stratification discordante [...] dans une petite anfractuosité d'un rivage crayeux ». Ce calcaire, postérieur donc à la craie à *Belemnites* dont il est séparé par un petit lit d'un pouce environ de marne calcaire, ne ressemble en rien au calcaire parisien (le calcaire grossier) qui se présente habituellement au-dessus de la craie, considérée jusque-là comme la dernière formation secondaire dans le bassin de Paris. Aucun dépôt ne le recouvre et la détermination de son âge pose, de ce fait, immédiatement un problème. Sa position stratigraphique n'est pas claire, sa texture comme ses fossiles ne sont ni ceux de la craie ni ceux du calcaire parisien. Les opinions divergent et deux propositions émergent. Les uns lui trouvent une analogie avec certaines roches de Valognes et de Maastricht, les autres le rapprochent du calcaire tertiaire de Bordeaux en particulier et des faluns « en général ». En conclusion, « ce serait donc un dépôt tertiaire très-récent [...] »³⁰⁹.

Cette conclusion, si l'on admet la ressemblance avec les « roches » de Maastricht, remet alors en cause le classement de ces dernières, ordinairement attribuées aux terrains crétacés.

Laversine, crétacé ou tertiaire ?

Ainsi lorsque les membres de la Société géologique de France proposaient de placer le calcaire de Laversine dans les terrains tertiaires tout en le comparant au calcaire de Maastricht remettaient-ils la position de ce dernier en question. « On se demandait si les assises coquill res [sic] des souterrains de Maëstricht [...] ne pourraient pas être une dépendance du sol tertiaire

³⁰⁸ ANONYME, 1832, « Procès-verbal des séances extraordinaires tenues à Beauvais du 6 au 11 septembre 1831 », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 14.

³⁰⁹ *Ibid.*, p. 15.

supérieur, et non pas de la craie »³¹⁰. Se posait le problème des baculites et des bélemnites si abondantes dans la craie, absentes à Laversine mais présentes à Maastricht. La Société se demande clairement si la présence de bélemnites impose l'âge secondaire des dépôts. A cela deux raisons : la première est l'aspect des bélemnites présentes dans la « *Pierre de Maëstricht* » qui « *ont l'air souvent d'avoir été roulées* »³¹¹, ce qui laisse penser que ces fossiles pourraient être d'âge secondaire mais remaniés puis redéposés dans des dépôts d'âge tertiaire. Ceci signifie que leur présence ne serait pas significative d'un âge secondaire. La deuxième raison évoquée est l'observation par le comte de Münster et d'autres personnes de bélemnites, « *ainsi que d'autres fossiles secondaires, dans le sol tertiaire supérieur de Westphalie* »³¹². Autrement dit des fossiles trouvés dans des terrains secondaires peuvent se trouver aussi dans des sols tertiaires. Un argument lithologique vient soutenir l'argument paléontologique : quelques membres de la Société trouvent une ressemblance entre les « *roches particulières de Maëstricht et les grands dépôts de calcaire tertiaire supérieur ou calcaire à coraux de l'Autriche, de la Hongrie, de la Gallicie, etc.* »³¹³. On le voit ici, les critères d'attribution à une formation sont bien vagues et changeant selon les auteurs.

La description et la détermination des fossiles du calcaire de Laversine restent sommaires : essentiellement des noms de genres, soit que l'état des fossiles ne le permette pas, soit que ces fossiles n'aient jamais été décrits... Le compte-rendu de la séance ne donne pas d'indication à ce sujet. Seuls deux noms d'espèces sont donnés et encore ce sont des espèces « *voisines de la Lima plicata de la Tourraine [sic] et une Arche voisine de l'Arca clathrata du même pays* » ce qui suggère des espèces non encore déterminées et plutôt tertiaires. L'attribution tertiaire du calcaire de Laversine est réelle mais reste incertaine : « *ce serait...* ».

Émerge de cette discussion et des observations, formulées avec beaucoup de précautions, la question de fond de l'attribution d'un âge donné à une formation. Quels critères utiliser ? Quelle est la validité de la signification donnée à la présence (ou absence) de tel ou tel fossile ?

Cette question sera abordée et discutée au cours des séances ordinaires des 5 et 19 décembre 1831 lors de la lecture du mémoire de Boué intitulé « *Essai pour apprécier les avantages de la paléontologie appliquée à la géognosie et à la géologie* ». Le titre évocateur de cet essai

³¹⁰ ANONYME, 1832, « Procès-verbal des séances extraordinaires tenues à Beauvais du 6 au 11 septembre 1831 », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p.15.

³¹¹ Notion abordée par Constant Prévost dès 1821. In GOHAU G., 1990, *op. cit.*, p. 157.

³¹² ANONYME, 1832, « Procès-verbal des séances extraordinaires tenues à Beauvais du 6 au 11 septembre 1831 », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 15.

³¹³ *Ibid.*, p. 15.

souligne les préoccupations majeures des géologues dans les années 1830, sur lesquelles nous nous attarderons ultérieurement (chapitre III).

Dans le même temps, l'intense activité des géologues les amène à reconnaître dans les environs de Paris de nouveaux terrains, comparables et de même position stratigraphique que le calcaire de Laversine. Ces nouveaux terrains seront rassemblés sous le nom de calcaire pisolithique.

2) La découverte d'un nouveau calcaire marin, le calcaire pisolithique

C'est à Léonce Élie de Beaumont (1798-1874) que l'on doit le signalement de ces nouveaux terrains.

Léonce Élie de Beaumont, (fig. 31) brillant élève originaire du Calvados, est reçu major à l'École Polytechnique en 1817³¹⁴. Sorti premier, il entre dans le corps des Mines où il a comme professeur André, Jean-Marie Brochant de Villiers (1772-1840). Celui-ci avait formé dès 1817 le projet de lever la carte géologique de la France. En 1822, il en confie l'exécution à Élie de Beaumont et Ours-Pierre-Armand Petit-Dufrénoy (ou plus simplement Armand Dufrénoy), (1792-1857), lui aussi polytechnicien entré à l'École des Mines en 1813 (fig. 31).³¹⁵

Après un voyage d'un an en Angleterre pour parfaire leurs connaissances sur les terrains secondaires notamment,³¹⁶ les deux hommes débutent leurs explorations en 1825, se partageant le territoire : à Élie de Beaumont le Nord de la France et la partie à l'est du couloir rhodanien ; à Dufrénoy, la Bretagne et la partie à l'ouest du couloir rhodanien, Pyrénées incluses. Travaillant d'abord seuls, ils unissent leurs efforts, en 1829, pour traiter les parties les plus difficiles et celles sur lesquelles ils avaient des doutes. Ainsi, les explorations se poursuivent jusqu'en 1836. De ce travail commun, collaboration fructueuse, résulte une solide amitié et une même compréhension de la géologie. Dès 1827, Élie de Beaumont et Dufrénoy suppléent Brochant de Villiers à l'École des Mines en géologie et minéralogie, respectivement.

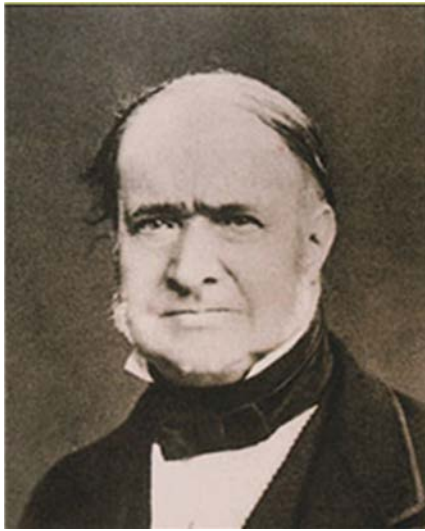
Les Alpes fournissent à Élie de Beaumont le matériau nécessaire à formuler une théorie sur les soulèvements de montagnes et sur leur âge relatif, théorie dont il présente une synthèse à l'Académie des Sciences en 1828 sous le titre *Recherches sur quelques-unes des révolutions de*

³¹⁴ DAUBRÉE A., 1897, « Biographie de Léonce Élie de Beaumont », *Livre du Centenaire (Ecole Polytechnique)*, tome 3, Paris, Gauthier-villars et fils. <http://www.annales.org/archives/x/elie.html>

³¹⁵ *Ibid.*

³¹⁶ ELLENBERGER F., 1982, « Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations », *Travaux du COFRHIGEO*, 1^{ère} série, n° 45.

la surface du globe.³¹⁷ À la suite du fort retentissement de cette publication, Élie de Beaumont succède à Cuvier, en 1832, à la chaire d'histoire naturelle du Collège de France dont il réduit la chaire aux seuls êtres inorganiques, les êtres organiques étant confiés à Duvernoy³¹⁸. Élie de Beaumont entre à l'Académie des Sciences en 1835.



Léonce Élie de Beaumont (1798-1874)
In DAUBRÉE A., 1897.



Ours-Pierre-Armand Petit-Dufrénoy (1792-1857)
Source <http://www.annales.org/archives/x/dufrenoy2.html>

Figure 31 - Les deux auteurs de la première carte géologique de France.

Lorsque Brochant Villiers quitte l'École des Mines en 1835, sa chaire est scindée en deux, Élie de Beaumont recevant la chaire de géologie et Dufrénoy, celle de minéralogie. Dufrénoy, directeur de l'École des Mines en 1836, entre à l'Académie des Sciences en 1840 et succède à Alexandre Brongniart à la chaire de minéralogie du Muséum en 1847.

Ainsi, les deux amis cumulent les positions importantes – Collège de France, Muséum, École des Mines et Académie des Sciences - et prennent une part très active à la Société géologique de France dont Élie de Beaumont sera président en 1836 (puis 1845, 1850 et 1855) et Dufrénoy en 1837 puis 1847. Cette position de force leur confère une grande autorité au sein de la Société. Leur grand œuvre commun, la carte géologique de France recevra le meilleur accueil lors de sa publication en 1841.

³¹⁷ Le mémoire lu par extraits à l'Académie des Sciences le 22 juin 1828 est publié en 1829 dans le tome XVIII des *Annales des Sciences naturelles* sous le titre très long mais très explicite *Recherches sur quelques-unes des Révolutions de la surface du globe, présentant différents exemples de coïncidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes, et les changemens soudains qui ont produit les lignes de démarcation qu'on observe entre certains étages consécutifs des terrains de sédiment*.

³¹⁸ GOHAU G., 1998, « Léonce Élie de Beaumont (1798-1874). Pour le bicentenaire de sa naissance ». *Travaux du COFRHIGEO*, 3^{ème} série, t. XII, n° 6, p. 71.

C'est d'ailleurs dans le cadre du levé de la carte géologique de France, qu'Élie de Beaumont et Dufrenoy sillonnent le bassin de Paris au début des années 1830 et découvrent de nouveaux terrains, terrains qui soulèveront la question de leur appartenance aux terrains crétacés ou aux terrains tertiaires, à l'origine de vifs débats à la Société géologique de France.

Vigny, une référence jamais décrite

Le calcaire de Vigny (fig. 30) sera évoqué pour la première fois par Élie de Beaumont à la séance du 2 juillet 1832 de la Société géologique de France. « *Dans le calcaire grossier des environs de Sartevil³¹⁹ et de Vigny (Seine-et-Oise), il [Élie de Beaumont] a observé avec M. Dufrenoy des couches composées en partie de grains oolithiques. Il y a aussi dans les mêmes couches des milliolites [...]* »³²⁰. Il ne fait guère de doute que ce soit ce même calcaire dont il présente, à la séance suivante du 16 juillet 1832, un fossile de nautilite « *trouvé dans les carrières de calcaire grossier, exploité entre Vigny et Longuesse* »³²¹. Élie de Beaumont précise que « *les cloisons de ce nautilite sont très contournées, caractère qui, d'après M. de Roissy, est propre aux nautilites des terrains récents, et qui rappelle le nautilite des environs de Bordeaux et de Dax* »³²². Par conséquent, ce calcaire, présenté comme du calcaire grossier, contenant des nautilites rappelant ceux de terrains tertiaires est, selon toute vraisemblance, considéré par Élie de Beaumont, à ce moment-là, comme un calcaire tertiaire.

Ce n'est qu'en mai 1834 que le calcaire de Vigny, comme celui de Laversine, sera à nouveau évoqué par Élie de Beaumont lorsqu'il présente devant la Société géologique de France une coupe des assises supérieures de la craie à Bougival et au port de Marly³²³ (fig. 30).

Ce même calcaire marin découvert entre la craie et l'argile plastique

Contrairement à Meudon et d'une manière générale à l'ensemble du bassin de Paris, où l'argile plastique repose directement sur la craie, on trouve à Bougival et au port de Marly au-dessous du calcaire grossier et de l'argile plastique :

³¹⁹ Ce lieu, Sartevil, dans les environs de Vigny, n'apparaît ni dans les dictionnaires consultés, ni sur la carte géologique au 1/80 000ème de Seine-et-Oise, planche 2, réalisée en 1844. Peut-être s'agit-il de Santeuil à quelques kilomètres au nord de Vigny.

³²⁰ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1832a, « Observations sur l'étendue du terrain tertiaire inférieur dans le nord de la France et sur les dépôts de lignite qui s'y trouvent », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 434.

³²¹ Cette précision nous permet d'être certains de l'emplacement de ce calcaire dans les carrières, encore actuelles, de Vigny.

³²² ÉLIE DE BEAUMONT L., 1832b, « Nouveaux développemens à la note relative aux lignites », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 446.

³²³ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1834, « Coupe des assises supérieures de la craie à Bougival et au port de Marly », *Bull. Soc. géol. France*, 4, p. 391-393.

1° Une couche [...] d'un calcaire jaunâtre, dur, presque compact, contenant divers fossiles brisés, des polypiers et de petits fossiles multiloculaires qui paraissent être des *Milliolithes* ;

2° Une couche [...] d'une marne [...] rappelant des marnes lacustres ;

3° Une couche d'un mètre d'un calcaire blanchâtre, en partie dur et presque compact, en partie d'une consistance sableuse, renfermant beaucoup de petits débris de fossiles roulés, des grains d'oolithes, de petits fossiles multiloculaires analogues à des *Milliolithes*, des coquilles turriculées, etc.

4° Craie grossière, jaunâtre, quelquefois dure, contenant des polypiers et des coquilles turriculées ; [ces deux dernières couches ne sont pas distinguées au port de Marly].

5° Craie blanche ordinaire.³²⁴

Les quatre couches situées entre l'argile plastique et la craie blanche ordinaire ont une puissance d'un peu plus de deux mètres à Bougival et cinq mètres cinquante au port de Marly. Élie de Beaumont considère *ces assises supérieures de la craie* comme *l'écorce de la craie* et pense qu'elles doivent être rapprochées du calcaire *pétri de fossiles encroûtés*, posé directement sur la craie à Vigny et à Laversine. « *Il croit que ces différents dépôts peuvent être les représentants de la craie supérieure de Maestricht* »³²⁵.

Ainsi, pour la première fois dans le bassin de Paris est décrite une série de couches reposant sur la craie et recouverte par l'argile plastique et le calcaire grossier, montrant par là qu'il existe au moins un dépôt intermédiaire entre craie et argile plastique et que la série des dépôts connue jusque-là était incomplète dans le bassin de Paris. Élie de Beaumont en conclut que la « *liste des fossiles du terrain crétacé supérieur du nord de la France pourrait bien être encore très incomplète* »³²⁶. Par analogie de position et d'aspect avec la *craie supérieure* de Maestricht, il place ce calcaire intermédiaire entre la craie blanche et l'argile plastique, dans la formation crétacée supérieure.

En conséquence, les calcaires de Vigny et de Laversine, pourtant jusque-là plutôt considérés comme tertiaires - par Élie de Beaumont lui-même pour le calcaire de Vigny -, sont donc crétacés. Ceci n'a pas été, semble-t-il, relevé ni discuté à la séance du 19 mai 1834. Cependant, cette attribution sera remise en question deux ans plus tard, lors de la description détaillée que

³²⁴ *Ibid.*, p. 392.

³²⁵ *Ibid.*, p. 393.

³²⁶ *Ibid.*, p. 393.

feront A. d'Archiac et Charles Henry Dessalines d'Orbigny (1806-1876) d'un calcaire en même position stratigraphique découvert l'année précédente par Élie de Beaumont au Bas-Meudon.

Meudon, site de référence de ce nouveau calcaire marin, à l'origine d'une vive discussion à la Société géologique de France

Un an après la découverte du calcaire de Vigny à Bougival et au port de Marly, lors de la séance du 1^{er} juin 1835, Élie de Beaumont signale que dans une carrière ouverte au Bas-Meudon (fig. 30), à la ligne de contact de la craie et de l'argile plastique, la partie supérieure de la masse crayeuse est formée par un calcaire tout à fait semblable à celui de Bougival et de Port-Marly qu'il a comparé à la craie blanche de Maëstricht³²⁷. Cette fois-ci, il va un peu plus loin dans ses observations : l'argile plastique repose directement sur ce calcaire et « ne se lie à lui par aucun passage. Elle pénètre dans ses fissures et en renferme les débris qui sont broyés avec elle dans quelques unes de ses assises [...] et on y observe des couches entières de craie broyée et remaniée ». D'après lui, ces observations semblent confirmer que la formation de l'argile plastique, comme l'avaient pensé Cuvier et Brongniart, a succédé à celle de la craie d'une manière brusque et violente. Autrement dit, entre les formations crétacée et tertiaire, des évènements catastrophiques se seraient produits à la surface de la Terre et la formation de l'argile plastique est le premier dépôt tertiaire. Par conséquent, tout ce qui s'est déposé avant est crétacé, ce qui est le cas des assises calcaires reposant sur la craie blanche et trouvées à

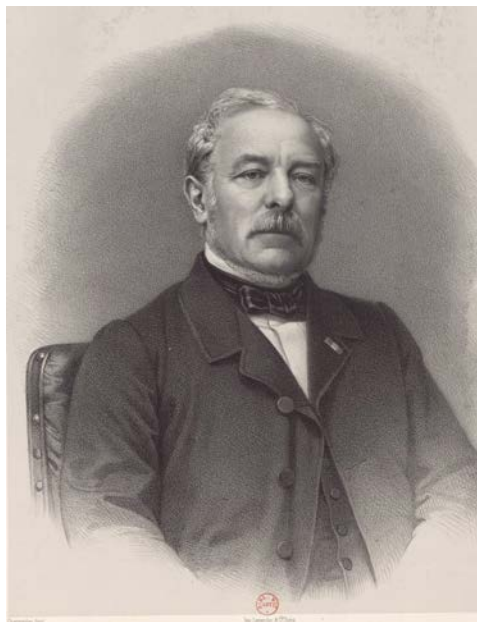


Figure 32 – Adolphe Desmier de Saint-Simon, vicomte d'Archiac (1802-1868).
Source gallica.bnf.fr/

Laversine, Vigny, Bougival, Port-Marly et Meudon.

Mais c'est l'année suivante lors de la description détaillée et surtout paléontologique de la coupe au Bas-Meudon par A. d'Archiac et Ch. d'Orbigny que la discussion aura véritablement lieu.

Etienne Jules Adolphe Desmier de Saint-Simon, vicomte d'Archiac (fig. 32), né à Reims en 1802, a, un parcours hors norme. Ancien élève de Saint-Cyr, officier de cavalerie et écrivain, il est mis en congé de l'armée en 1830 pour son attachement aux Bourbons. Passionné de géologie, amateur éclairé, il entre à la Société géologique de France en 1832, où il est très

³²⁷ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1835, « Sur une carrière ouverte en ce moment au Bas-Meudon », *Bull. Soc. géol. France*, 6, p. 285-286.

actif. Il en devient vice-secrétaire en 1836 et sera président en 1844, 1849 et 1854. Ses travaux sur la distribution géographique et stratigraphique des fossiles dans le sud-ouest de la France, dans le nord, en Belgique, en Angleterre etc.... ainsi que son *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1859*, publiée entre 1847 et 1860, ont contribué à sa notoriété. Il succède à Constant Prévost à l'Académie des Sciences, en 1857, et sera nommé, en 1861, à la chaire de paléontologie du Muséum, chaire restée vacante depuis la mort d'A. d'Orbigny en 1857.

En 1836 donc, A. d'Archiac étudie ce *banc de calcaire grossier* entre craie et argile plastique, mis au jour par une nouvelle tranchée dans la colline de Meudon, contre la montée des Moulineaux. À la séance du 6 juin 1836, il en donne une description détaillée. « *La roche est jaunâtre ; sa structure est massive, [...] peu agrégée, [...] et dans certaines parties, complètement oolitique [...]. Les moules et empreintes de fossiles y sont nombreux...* »³²⁸. Ces caractères sont ceux des assises calcaires déjà décrites par Élie de Beaumont à Bougival, Port-Marly et Vigny et « *que ce savant observateur regarde comme les derniers dépôts de la période crayeuse* »³²⁹. Mais il en donne aussi le contenu fossilifère³³⁰ et conclut : « *genres et espèces qui, pour la plupart, se trouvent dans l'étage du calcaire grossier, soit moyen, soit supérieur* » c'est-à-dire dans des terrains tertiaires. Enfin, il insiste sur deux faits : le premier est que ce nouveau banc de calcaire grossier présente des caractères minéralogiques très différents de ceux de la craie et est séparé de celle-ci *par des plans de joints bien distincts*, autrement dit il n'y a pas de passage insensible de la craie au calcaire comme à Maastricht ; le deuxième est que A. d'Archiac n'a pu trouver « *aucune trace de fossiles de la craie dans les bancs de calcaire grossier, et réciproquement aucun des moules et empreintes du calcaire grossier dans la craie sur laquelle il repose* ». L'absence de *mélange au point de contact*, tend à rapporter ce nouveau banc calcaire aux premières couches tertiaires.

Élie de Beaumont s'oppose vivement à cette analyse et affirme que ces couches calcaires sont *de la craie*. Pour justifier sa position, il considère que la craie s'est formée en milieu pélagique et qu'à la fin de cette période, les eaux étant très peu profondes, des concrétions oolithiques ont

³²⁸ ARCHIAC A. d', 1836, « Présence d'un banc de calcaire grossier, placé entre l'étage de l'argile plastique et la formation crayeuse dans la colline de Meudon, contre la montée des Moulineaux », *Bull. Soc. géol. France*, 7, p. 273.

³²⁹ *Ibid.*, p. 274.

³³⁰ (Annexe 11) « M. d'Archiac y a reconnu une *Lucine* très voisine de celle des pierres ; puis, *Corbis lamellosa*, *Crassatella tumida* Vie. b, un *Cardium*, une *Vénéricarde*, *Modiola cordata* ; deux espèces de *Limes* qui paraissent très distinctes de celles figurées dans l'ouvrage de M. Deshayes, mais qui se rapprochent beaucoup des *Lima muricata* et *granulata* de la craie, *Turitella imbricata*, ou peut-être *hybrida*, *Certhium*, *Fusus*, *Pileopsis*, et probablement *Cypræa*, des *milliolites*, des *baguettes d'échinides*, des articulations d'*astéries*, des *annélides* ou *Dentales*, un *polyplier* branchu ou une *Turbinolia* ». *In Ibid.*, p. 273.

pu se former sur les plages basses, les *espèces pélagiennes* ont disparu et « *des animaux d'espèces littorales se sont développés, présentant la plus grande analogie avec celles des terrains tertiaires qui ont immédiatement succédé* »³³¹. Il explique donc le changement de faune par les variations des conditions de milieu : à la fin de la période crétacée, le niveau de la mer a considérablement baissé, modifiant les conditions de dépôts (oolithes) et le milieu de vie (espèces différentes). La période tertiaire commence alors avec l'argile plastique. Ainsi, Élie de Beaumont fonde la distinction terrains secondaires – terrains tertiaires sur un argument lithologique.

Deshayes, lui, estime « *qu'une couche, renfermant des espèces évidemment tertiaires, ne peut pas être rapportée à la craie, quand d'ailleurs il n'y a point de mélange de celles-ci avec des*



Figure 33 – Gérard-Paul Deshayes (1795-1875)
© J. Gaudant.

fossiles crétacés »³³². Deshayes (fig. 33) est une personne dont l'avis compte à cette époque en paléontologie. En effet, après des études de médecine, il se consacre à l'histoire naturelle et suit, au Muséum, les cours de Lamarck dont il poursuivra l'œuvre. Conchyliologiste aguerri et paléontologue plus que géologue, il est cependant l'un des tout premiers membres de la Société géologique de France en 1830. Élu membre de son premier Conseil, il n'en sera président qu'une seule fois, en 1856. Professeur de conchyliologie, il travaille essentiellement dans son cabinet mais

ne deviendra professeur au Muséum qu'en 1869 à la chaire des annélides, mollusques et zoophytes. Pourtant son expertise sur les fossiles et plus particulièrement ceux des terrains tertiaires du bassin de Paris lui vaut une renommée considérable. Ainsi, Lyell passe plusieurs mois à Paris à ses côtés pour étudier la classification des fossiles tertiaires et leur comparaison avec les espèces actuelles. A la suite de cette visite, Lyell fonde les trois grandes époques tertiaires – Éocène, Miocène et Pliocène – sur la base des trois groupes de fossiles tertiaires que Deshayes a constitués en fonction du pourcentage d'analogues vivants³³³ – respectivement 3%,

³³¹ *Ibid.*, p. 275.

³³² *Ibid.*, p. 275.

³³³ DESHAYES G.-P., 1831b, « Tableau comparatif des espèces de coquilles vivantes avec les espèces de coquilles fossiles des terrains tertiaires de l'Europe, et des espèces de fossiles de ces terrains entr'eux », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 186-187.

19% et 52% - alors qu'aucun des fossiles des terrains secondaires n'a d'analogue vivant encore actuellement. L'ensemble de l'étude de Deshayes est d'ailleurs inséré dans le troisième volume des *Principles of Geology* de Lyell publié en 1833. D'autre part, Deshayes estime, d'après les études fossiles, que l'histoire de la Terre est marquée par cinq grandes catastrophes, caractérisées chacune par une disparition totale de la faune suivie de la création d'une faune intégralement nouvelle. Pour lui, une telle catastrophe s'est produite à la fin de la période crétacée. Le calcaire de Meudon contenant des espèces tertiaires mais aucune espèce crétacée, ne peut donc qu'être tertiaire.

Deshayes s'appuie donc essentiellement sur un argument paléontologique mais cet argument ne tient que dans la mesure où il n'y a pas de mélange entre espèces crétacées et espèces tertiaires. Ch. d'Orbigny, Félix de Roissy (1771-1843) et Hardouin Michelin (1786-1867) sont du même avis. La couche de Meudon ne peut être « *que tertiaire, malgré sa position au-dessous de l'argile plastique* ». L'argument lithologique est donc écarté dans la mesure où il est contredit par l'argument paléontologique.

Cependant, Élie de Beaumont refuse l'argument paléontologique considérant que Deshayes a établi sa règle zoologique des analogues vivants sur les faits géologiques connus mais que beaucoup de faits restent encore inconnus et pourraient en modifier le contenu. Deshayes objecte qu'il a considéré les fossiles selon leur position stratigraphique et par conséquent pris en compte la géologie. Il affirme que « *la zoologie doit marcher parallèlement à la géologie, et que l'une et l'autre doivent s'éclairer et se contrôler mutuellement* »³³⁴. Pour lui, il n'est donc pas question de prendre un seul volet des données mais de considérer l'ensemble géologique et paléontologique pour se faire une opinion. Il revient sur des observations qu'il juge essentielles, à savoir que là où l'on observe des couches postérieures à la craie blanche, mais dans lesquelles les fossiles sont encore très distincts de ceux des couches tertiaires qui sont au-dessus, il n'y a jamais mélange, ni passage proprement dit entre les unes et les autres. Il y a donc exclusion entre les espèces crétacées et les espèces tertiaires. C'est d'ailleurs ce que souligne A. d'Archiac dans sa note sur la couche de Meudon. La discussion reprendra à la séance suivante (20 juin 1836) après la communication de la *Note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon* par Ch. d'Orbigny.

³³⁴ ARCHIAC A. d', 1836, *op. cit.*, p. 276.

Charles Henry Dessalines d'Orbigny (fig. 34), né en 1806 au Couëron (Loire inférieure), est le



Figure 34 – Charles Henry Dessalines d'Orbigny (1806-1876). © MNHN

frère cadet d'Alcide, naturaliste-voyageur du Muséum. Après des études de médecine à Paris, Charles assiste Cordier au Muséum, dès 1834, en tant qu'aide-préparateur en géologie puis devient aide-naturaliste en 1837. De 1836 à 1839, il est archiviste de la Société géologique de France. D'autre part, il dirige la publication du *Dictionnaire universel d'Histoire naturelle* en seize volumes, entre 1841 et 1849, l'une des meilleures encyclopédies d'histoire naturelle du XIX^{ème} siècle. Homme de terrain, il parcourt le bassin de Paris et y décrit de nombreux sites. Observateur précis et méthodique, il est un acteur important sur la question du calcaire pisolithique.

Dans sa note du 20 juin 1836, Ch. d'Orbigny fait une étude détaillée, lithologique et paléontologique, des différentes couches de Meudon dont il donne la coupe (fig. 35). Nous concentrerons notre analyse sur le « *nouveau calcaire marin* » découvert à Meudon.

Ch. d'Orbigny en donne une description quasi identique à celle qu'en a donnée A. d'Archiac à la séance précédente : sur la craie dure reposent « *deux bancs d'un calcaire grossier, [...] peu agrégé, agglutinant quelquefois beaucoup de débris de polypiers, de Radiaires, etc., et qui semble caractérisé notamment par la présence, sur certains points, de nombreux grains pisolithiques* »³³⁵. Ici, le terme « *oolitique* » employé par A. d'Archiac est remplacé par celui de « *pisolithique* » ce qui montre que les grains du calcaire sont relativement gros. Suit la liste complète des fossiles (Annexe 11), ceux énumérés par A. d'Archiac et tous ceux que Ch. d'Orbigny y a découverts, « *nombre de fossiles tertiaires, déterminés pour la plupart par M. Deshayes* ». Cette précision est évidemment importante puisque Deshayes est, rappelons-le, une référence en la matière, le spécialiste reconnu de la conchyliologie, notamment celle du

³³⁵ ORBIGNY Ch. d', 1836, « Note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon », *Bull. Soc. géol. France*, 7, p. 283.

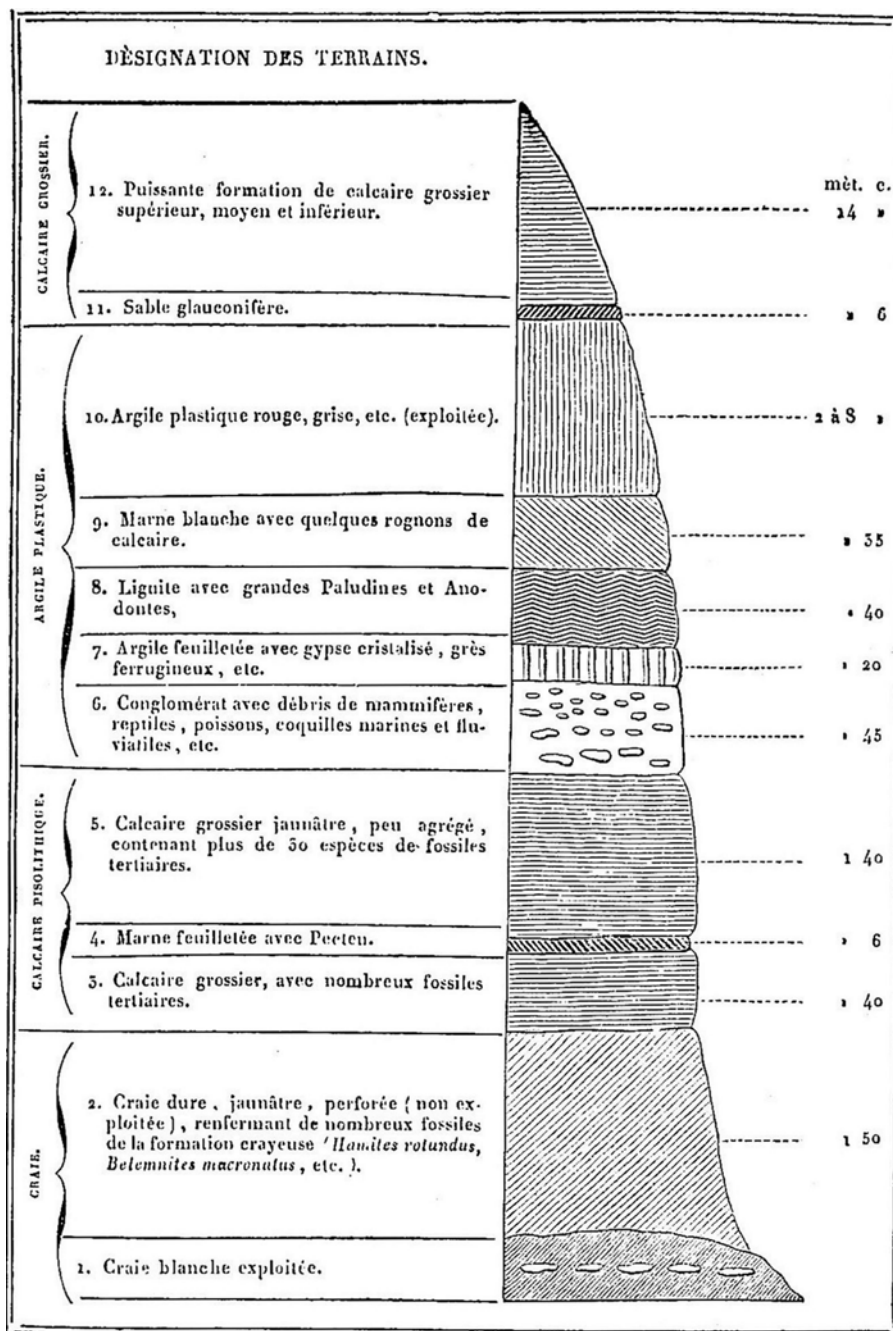


Figure 35 – Coupe des couches du bas de la colline de Meudon
In ORBIGNY Ch. d', 1836.

bassin de Paris. En conclusion, ces deux bancs de calcaire marin ne contiennent *que des fossiles tertiaires*³³⁶ et ne renferment « *pas une seule coquille de la craie* »³³⁷. Ceci permet à Ch. d'Orbigny d'affirmer que ces nouvelles couches lui « *paraissent devoir former un dépôt*

³³⁶ *Ibid.*, p. 284.

³³⁷ ORBIGNY Ch. d', 1837a, Mémoire sur diverses couches de terrains nouvellement découvertes aux environs de Paris entre la craie et l'argile plastique, Paris, Bourgogne et Martinet, p.8.

parfaitement distinct, n'appartenant pas à la craie, comme le croit M. Élie de Beaumont, mais bien au terrain paléothérien ou tertiaire »³³⁸.

Enfin, il fait la synthèse de l'ensemble des données obtenues jusque-là aux environs de Paris. La disposition des couches, le *caractère pisolithique* du nouveau calcaire de Meudon sont à rapprocher de ceux de calcaires analogues déjà décrits : ceux de Bougival, Port-Marly et Vigny comparés à la craie de Maastricht par Élie de Beaumont, celui de Laversine dont la texture et les fossiles établissent une analogie parfaite avec le nouveau calcaire de Meudon, et enfin un calcaire à grains pisolithiques extrait lors du creusement d'un puits à Auteuil. Ceci montre que ce calcaire n'est pas le fruit d'un accident local de sédimentation mais bien un vaste dépôt qui a recouvert au moins une partie du bassin de Paris, qu'il s'agit d'une véritable formation qui existe « *très probablement sous toute la formation d'argile plastique, ce qui prouve qu'après dénudation de la craie, les terrains de ce bassin ont commencé par un étage entièrement marin, et non par un étage formé par l'eau douce, ainsi qu'on l'avait constamment admis jusqu'à présent* »³³⁹. Ainsi, après la période crétacée et le dépôt de la craie, celle-ci a été dénudée, formant un vaste bassin qui, à la période tertiaire, a été rempli par des terrains d'abord marins puis d'eau douce.

Il propose alors de donner à ce nouveau terrain marin le nom de « Calcaire pisolithique ».³⁴⁰

Après la lecture de cette note, Élie de Beaumont reprend la discussion de la séance précédente et soutient qu'il a été le premier à signaler « *les nouveaux terrains à mélange de fossiles tertiaires et secondaires* » et qu'il a reconnu depuis longtemps qu'il existait sous l'argile plastique des *fossiles regardés jusqu'alors comme caractéristiques des étages tertiaires*. A Meudon, Bougival, Port-Marly, Vigny et Laversine, comme « *en différents points de l'Europe, se montrent par lambeaux discontinus de semblables dépôts [...] ; il n'est plus possible d'y voir une anomalie* ». Il modère ses affirmations de la séance précédente en acceptant de distinguer de la période crayeuse une période transitoire pendant laquelle les eaux étaient très basses et que se sont déposées *ces couches qui offrent quelques fossiles tertiaires avec ceux de la craie*, reprenant son argument présenté à la séance du 6 juin 1836. Ce n'est qu'après ces dépôts transitoires, selon lui, que :

³³⁸ ORBIGNY Ch. d', 1836, *op. cit.*, p. 283.

³³⁹ *Ibid.*, p. 285.

³⁴⁰ *Ibid.*, p. 284-285.

[...] *il sera survenu un mouvement brusque et général, un immense flot d'eau qui aura presque partout détruit et remanié ces couches, en aura fait un vaste magma ; c'est seulement alors que les terrains de troisième formation ont commencé. C'est ce ravinage général, cette suite de ligne de corrosion qui constitue le véritable horizon du sol tertiaire, et l'un des horizons géologiques les mieux caractérisés.*³⁴¹

La séparation entre les terrains secondaires et les terrains tertiaires est pour lui clairement de nature géologique, correspondant à un évènement catastrophique qu'il estime avoir eu lieu juste avant le dépôt de l'argile plastique, celle-ci contenant souvent des *tubercules arrachés aux terrains remaniés*. Il ne reconnaît pas dans la surface de craie dure une possible *ligne de démarcation* entre deux périodes de dépôt, « *rien ne ressemble moins à quelque chose de raviné par les eaux* » ce qui semble assez contradictoire avec la phrase qui suit : « *le nouveau dépôt [de la période transitoire] est posé dessus [sur la craie dure] : c'est une espèce de conglomérat à milliolites et à oolites, et à tubercules de calcaire dur : le tout provient d'une même série de dégradations* ». D'ailleurs Ch. d'Orbigny y voit une période de dénudation. Deshayes précise que l'on connaît dans diverses localités, le Soissonnais notamment, des couches inférieures à l'argile plastique et contenant des fossiles du calcaire grossier. Et de conclure : « *d'après les données fournies par les fossiles de ces dépôts, l'argile plastique ne peut plus former un horizon géologique* »³⁴². Dans sa réponse à Deshayes, Élie de Beaumont remarque que les sables du Soissonnais qui contiennent des silex brisés et roulés, sont postérieurs à *la révolution qui a raviné la surface de la craie*. Or ils sont en-dessous de l'argile plastique. Est-ce une façon d'acquiescer aux arguments de Deshayes ?

En outre, Élie de Beaumont considère qu'il ne convient pas d'appeler le calcaire de Meudon « calcaire grossier », le calcaire grossier parisien étant caractérisé *par un grand ensemble de fossiles*³⁴³, ce que personne ne lui conteste. Pourtant, c'est lui qui, le premier, a donné ce nom au calcaire de Vigny en 1832 et 1834, pensant probablement à l'époque qu'il s'agissait d'un lambeau de calcaire grossier parisien (donc tertiaire). Sa remarque indique ici à quel point il est difficile de nommer un terrain et que le nommer par sa texture est susceptible de conduire à une confusion.

³⁴¹ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1836, « Observations à la communication de M. Ch. d'ORBIGNY : Note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon », *Bull. Soc. géol. France*, 7, p. 292.

³⁴² DESHAYES G.-P., 1836, « Réponse aux observations de M. Élie de Beaumont à la communication de M. Ch. d'ORBIGNY : Note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon », *Bull. Soc. géol. France*, 7, p. 293.

³⁴³ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1836, « Observations à la communication de M. Ch. d'ORBIGNY : Note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon », *Bull. Soc. géol. France*, 7, p. 292.

Enfin, un profond désaccord sur le contenu paléontologique se fait jour. En effet, Élie de Beaumont ne reconnaît que cinq ou six fossiles tertiaires (c'est-à-dire de la formation du calcaire grossier parisien) ce qui prouve à son sens que l'on ne connaissait pas encore tous les fossiles qui sont *au-dessous de la véritable ligne de démarcation*. Cette expression suggère que des différences importantes doivent apparaître à cette ligne. Par contre, Deshayes reconnaît dans le calcaire de Meudon trente espèces tertiaires bien déterminées alors que dans la craie dure, immédiatement dessous, on ne trouve que des fossiles caractéristiques de la craie, *sans le moindre mélange*. Cette absence de mélange est fondamentale pour les uns comme pour les autres car, en adéquation au modèle de Cuvier et Brongniart, elle indique l'exclusion des deux terrains. Elle est un argument de poids pour placer le nouveau calcaire de Meudon dans les terrains tertiaires.

En conclusion :

Ce vif débat met en évidence deux façons d'interpréter les coupes géologiques de Meudon :

- Le point de vue d'Élie de Beaumont, focalisé sur la jonction entre le calcaire de Meudon, marin, et l'argile plastique, dépôt d'eau douce : avant celle-ci, la mer baisse progressivement donnant des dépôts d'abord de craie à espèces pélagiennes, puis de craie dure et enfin les dépôts marins peu profonds à mélange d'espèces littorales secondaires et tertiaires. Ainsi, il ne reconnaît pas la dénudation de la craie avant le dépôt du calcaire pisolithique. Aussi attribue-t-il le changement de faune à un changement des conditions environnementales et l'histoire qu'il raconte, est celle d'un changement progressif du milieu, des conditions de dépôts et des espèces, depuis la craie jusqu'à la fin du dépôt du calcaire pisolithique. Puis des événements catastrophiques sont intervenus avant le dépôt de l'argile plastique. C'est donc là, au niveau de cet horizon géologique entre le calcaire de Meudon et l'argile plastique, que se situe la ligne de jonction entre terrains crétacés et terrains tertiaires. C'est l'opinion qu'il avait déjà formulée le 1^{er} juin 1835. A la séance du 19 décembre 1836, il ira même plus loin. A l'exception de Gosau où il a découvert une Ammonite et *quelques autres coquilles*, il place « *tous les gîtes anomaux de fossiles [...] du midi de l'Europe, près de la ligne de jonction des couches secondaires et tertiaires, [...] sur le même horizon géognostique que le calcaire pisolitique, ce qui cadre parfaitement avec la révolution qui a donné aux Pyrénées leur relief principal* »³⁴⁴. Il intègre donc ces anomalies dans son grand système des soulèvements, celui qu'il a présenté en 1829

³⁴⁴ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1837a, « Observations sur les gîtes anomaux de fossiles », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 75.

dans ses *Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe* et dans lequel il soutenait l'idée que l'époque tertiaire commençait avec le soulèvement des Pyrénées suivi du dépôt d'argile plastique, dépôt d'eau douce. Il le confirme dans le *Tableau général des formations* présenté à la Société le 20 décembre 1841 (Annexe 12). Il y positionne le *système de la chaîne des Pyrénées et de celle des Apennins, direction E. 18° S. à O. 18° N.* à la ligne de séparation entre *terrains secondaires* et *terrains tertiaires*, ou pour être plus précis entre la craie supérieure et les terrains tertiaires inférieurs commençant par l'argile plastique³⁴⁵. Le calcaire pisolithique n'y trouve pas sa place. Le soulèvement des Pyrénées correspond à *la révolution* qui précède le dépôt de l'argile plastique et marque le début de la période tertiaire.

- Le point de vue d'A. d'Archiac, Ch. d'Orbigny et Deshayes pour qui la surface de la craie dure présente toutes les caractéristiques d'une surface dénudée : après cette période de dénudation de nouveaux dépôts marins indiquent le retour de la mer avec des espèces tertiaires totalement différentes des espèces crétacées. « À une certaine limite déterminée » dit Deshayes en se basant sur les fossiles, « *la formation crétacée a cessé brusquement, et a été remplacée par une formation toute différente.* »³⁴⁶ La limite entre les deux époques est donc une limite géologique (dénudation marquée de la craie) et surtout paléontologique, entre la craie dure et le calcaire de Meudon. Cette opinion sera soutenue par F. de Roissy et Constant Prévost, à cette même séance du 19 décembre 1836. Ce dernier refuse de considérer l'argile plastique comme étant un *horizon géologique qui marquerait la limite entre la craie et les terrains tertiaires* dans la mesure où, pour lui, l'argile plastique est une *formation fluviatile ou fluvio-marine* qui s'est déposée de façon non uniforme et à diverses périodes du remplissage du bassin de Paris, « *les dépôts fluviatiles s'intercalant à diverses hauteurs dans les dépôts marins, et ce que constate l'observation* ».

Argument paléontologique contre argument géologique, ces deux positions s'affrontent, nettement différentes et clairement affirmées. De fait, la question n'étant pas tranchée, le débat n'est pas clos.

³⁴⁵ DUFRÉNOY A. et ÉLIE DE BEAUMONT L., 1842, « Carte géologique de France », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 109.

³⁴⁶ DESHAYES G.-P., 1836, *op. cit.*, p. 292.

3) Les tribulations du calcaire pisolithique entre 1837 et 1846

Dès lors, les uns et les autres multiplient les excursions et les observations pour tenter de confirmer leurs dires.

Arguments paléontologiques et géologiques en faveur d'une attribution tertiaire

En mai 1837, Ch. d'Orbigny présente à la Société des fragments de *Cerithium giganteum* provenant du calcaire pisolithique de trois sites différents, Meudon, Port-Marly et Vigny³⁴⁷. Il rappelle à l'occasion qu'Élie de Beaumont avait dit « *que les masses argileuses du Soissonnais et toutes celles du bassin de Paris où gisent des bancs de lignite exploités, sont constamment inférieurs aux couches du calcaire grossier qui renferment le Cerithium giganteum ; et que c'est là pour lui que se trouve la véritable séparation entre la craie et le terrain tertiaire.* »³⁴⁸

La présence de *Cerithium giganteum* dans le calcaire pisolithique, associé à quarante autres espèces de fossiles tertiaires alors qu'il n'y en a aucune de la craie, est un argument important.

A cet argument paléontologique, il convient d'ajouter un argument géologique : la tranchée de Meudon étant rafraîchie et rallongée, la séparation entre la craie et le calcaire pisolithique apparaît comme des plus tranchées. Constant Prévost confirme la *stratification discontinue* entre les deux terrains. Ch. d'Orbigny conclut que si l'on voulait encore rapporter ce calcaire aux terrains crétacés, il faudrait alors ne plus tenir compte des fossiles en géologie, et que par conséquent le calcaire pisolithique est *une dépendance du grand système tertiaire*³⁴⁹. Louis Cordier (1777-1861), Constant Prévost et Omalius d'Halloy à qui il a fait visiter la carrière de Meudon, *partagent entièrement cette opinion*³⁵⁰. Ceci lui fera dire :

[...] *il me semble donc, comme à la plupart des géologues qui, depuis ont observé ce calcaire, que, par la nature de ses fossiles, non moins que par son gisement presque transgressif sur la craie qui lui est inférieure, ce nouveau terrain n'est qu'une dépendance du grand système du calcaire grossier au milieu duquel se trouve intercalée, à différens étages la formation d'argile plastique avec ou sans lignite.*³⁵¹

³⁴⁷ ORBIGNY Ch. d', 1837b, « Présentation des fragments de *Cerithium giganteum*, provenant de son terrain de calcaire pisolitique », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 240-241.

³⁴⁸ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1837b, « Réponse à une observation de M. C. PRÉVOST concernant les lignites », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 76.

³⁴⁹ Il est surprenant qu'Élie de Beaumont, directement mis en cause n'ait pas répondu. Aucune mention ne permet de supposer sa présence (ou son absence) à la séance du 8 mai.

³⁵⁰ ORBIGNY Ch. d', 1837a, *op. cit.*, p. 6.

³⁵¹ *Ibid.*, p. 8-9.

Cependant, doutant peut-être de l'attribution tertiaire du calcaire pisolithique, F. de Roissy rappelle que le nautilite trouvé par Élie de Beaumont à Vigny, ne figure pas parmi les coquilles tertiaires de l'ouvrage de Deshayes, mais ceci ne signifie pas pour autant que ce nautilite est crétacé. Il faut ici rappeler qu'Élie de Beaumont, lui-même, lui avait trouvé, à l'époque, une analogie avec les formes tertiaires.

Enfin, la dénomination de ce nouveau calcaire est encore remise en cause. En effet, A. d'Archiac rappelle que le nom de *pisolite* est déjà utilisé par Smith pour la partie supérieure du *coral-rag* dans l'Oxfordshire. Aussi, Ch. d'Orbigny propose d'appeler le nouveau calcaire marin, *calcaire pisolitique tertiaire*, dénomination si l'on peut dire officielle mais qui, trop longue, sera assez peu usitée.

D'autres sites de calcaire pisolithique : un étage marin plus étendu que supposé

Dans l'année qui suivra, le calcaire pisolithique sera décrit par Ch. d'Orbigny dans quinze carrières près de Montereau³⁵², à trente-trois lieues de Laversine près Beauvais, et, avec moins de certitude au mont Aimé, près Vertus³⁵³ (aux environs d'Épernay) par Auguste Viquesnel (1800-1867) puis Ch. d'Orbigny (fig. 30). Cette formation a donc dans le bassin de Paris une étendue plus importante que supposée jusque-là. Ce n'est pas un simple accident local. L'ensemble de ces observations à Meudon, Bougival, Port-Marly, Vigny et Laversine, conduit Ch. d'Orbigny à confirmer ce qu'il avait déjà supposé en 1836 : « [...] *une ou plusieurs couches de calcaire marin, d'une épaisseur notable, existent, très-probablement, sous toute la formation d'argile plastique du bassin des environs de Paris, [...]* ». ³⁵⁴

Toutefois, Michelin qui a revu le lambeau de Laversine pense qu'il *représente exactement*³⁵⁵ la craie supérieure de Maastricht ce qu'il confirmera en faisant remarquer la présence à Laversine de plusieurs espèces, et *entre autre une Arche et une Caryophyllie* qui se retrouvent dans la craie supérieure de Maastricht et des polypiers reconnus par Graves comme étant communs aux deux localités³⁵⁶. Ch. d'Orbigny, lui, y a reconnu que la texture comme les espèces fossiles,

³⁵² ORBIGNY Ch. d', 1838a, « Communication sur l'existence, près de Montereau, de quinze grandes carrières de calcaire pisolitique », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 12-13.

³⁵³ ORBIGNY Ch. d', 1838b, « Note sur l'âge des lignites du Soissonnais et du Laonnais », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 323-324. Dans la discussion qui suit, Cordier y suppose la présence de magnésie, caractère minéralogique qui, avec sa texture, rapproche le calcaire de Vertus du calcaire pisolithique.

³⁵⁴ ORBIGNY Ch. d', 1838c, *Notice géologique sur les environs de Paris*, Extrait du Dictionnaire pittoresque d'Histoire Naturelle, Paris, p. 14.

³⁵⁵ Dans la séance du 20 novembre 1837. In *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 47.

³⁵⁶ Sans plus de précision. Séance du 1^{er} avril 1839. In *Bull. Soc. géol. France*, 10, p. 159.

conférait au lambeau de Laversine *une parfaite analogie* au calcaire pisolithique de Meudon³⁵⁷.

C'est aussi cette même année que sera lue à la Société une note sur le mémoire de Lyell « *Sur les terrains crétacés et tertiaires du Danemark* »³⁵⁸ concernant le calcaire de Faxø et de Stevns Klint attribué par Lyell, comme nous l'avons vu, à la formation crétacée. Cependant, les terrains n'étant pas à proprement parler décrits et la présentation des faits par Lyell sont tels qu'aucune comparaison entre calcaire de Faxø et calcaire pisolithique n'a été faite à ce moment-là.

Une synthèse des connaissances sur les terrains tertiaires

Dans ses « Essais sur la coordination des terrains tertiaires du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre » lus aux séances des 1er et 15 avril 1839, A. d'Archiac rassemble et précise toutes les données jusque-là acceptées par l'ensemble des géologues pour établir les rapports et différences entre formations et faire la coordination générale des terrains tertiaires définis ainsi :

*Nous appelons ici terrains tertiaires la réunion de toutes les couches marines ou d'eau douce comprises entre la craie supérieure de Belgique, ou en son absence la craie blanche, ou même des terrains plus anciens et le diluvium proprement dit.*³⁵⁹

La craie de Maastricht en est donc exclue, par contre le *calcaire grossier pisolitique* est inclus dans le premier étage du premier des huit groupes des terrains tertiaires tels qu'ils apparaissent dans le tableau³⁶⁰ joint à la *Note* (Annexe 13). Après avoir précisé que :

*On a dit qu'avant le dépôt des sédiments tertiaires, la surface de la craie avait été fortement ravinée, que des masses considérables avaient été enlevées ; assertion que confirme sur quelques points la présence de nombreux silex roulés ; mais en comparant les niveaux des systèmes de couches qui lui sont superposés, la disposition des plateaux et de certaines vallées, on sera conduit à penser que les inégalités étaient moindres qu'elles ne le sont aujourd'hui, et que des mouvements du sol ont eu lieu pendant la période tertiaire et jusqu'après le dépôt de cailloux roulés anciens.*³⁶¹

³⁵⁷ ORBIGNY Ch. d', 1838c, *op. cit.*, p. 13.

³⁵⁸ LYELL Ch., 1838, « Sur les terrains crétacés et tertiaires du Danemark », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 292-293.

³⁵⁹ ARCHIAC A. d', 1839a, « Essais sur la coordination des terrains tertiaires du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre », *Bull. Soc. géol. France*, 10, p. 169.

³⁶⁰ *Ibid.*, p. 171.

³⁶¹ *Ibid.*, p. 170.

A. d'Archiac décrit le premier étage qui repose directement sur la craie supérieure ou la craie blanche et qui est composé par la *glauconie inférieure* aux caractères très constants dans tout le nord de la France, en Belgique et en Angleterre, remplacée par endroits par le *calcaire lacustre inférieur* ou le *calcaire grossier pisolitique*. Ce dernier, contrairement à ce que pensait Ch. d'Orbigny, ne serait jusqu'à présent que des *accidents locaux et sans continuité*. Il le décrit comme un *calcaire concrétionné, imparfaitement oolitique, jaunâtre, peu agrégé, celluleux* à Meudon et Bougival près Paris (où il n'a que deux mètres au plus d'épaisseur) ou *d'un beau blanc, à oolites irrégulières, d'un aspect dolomitique plus ou moins dur et celluleux* au mont Aimé et au *plateau de la Magdeleine*, près Vertus, (Marne), ainsi qu'au Sud de Montereau (Yonne) où il est plus épais. D'après A. d'Archiac, Ch. d'Orbigny cite dans ce calcaire quarante-huit espèces fossiles, en moules ou en empreintes, *dont trente ont été déterminées et appartiennent pour la plupart au groupe du calcaire grossier*.

Par conséquent, A. d'Archiac établit clairement la position du calcaire pisolitique à la base des terrains tertiaires.

Le plus nouveau, ici, est certainement le contenu de la note de bas de page concernant *quelques lambeaux du N. de la France qui ne sont point encore classés d'une manière certaine*. Il s'agit entre autre des lambeaux de Laversine et Vigny « *dont on a souvent parlé sans cependant en avoir donné de description précise* »³⁶² et qui présentent « *dans tous leurs caractères une telle ambiguïté que nous hésitons encore à les placer soit dans la craie soit dans le terrain tertiaire* ». C'est la première vraie description de ces deux lambeaux qui présentent beaucoup de similitude dans leur position, leur structure, leur texture et leurs fossiles. A Laversine, la partie inférieure ressemble au banc de Meudon appelé les *Crayons*, partie superficielle et indurée de la craie, juste sous le calcaire pisolitique. A Vigny comme à Laversine, les fossiles sont nombreux, sous forme de moules ou d'empreintes. Parmi les vingt espèces recensées et dont il donne la liste, aucune n'a pu être identifiée avec certitude soit avec des espèces de la craie supérieure, soit avec des espèces tertiaires. Et de conclure :

Si à ces fossiles, dont nous ne connaissons point les analogues avec certitude, nous ajoutons les caractères assez particuliers de la roche, l'absence de silex gris comme à Maëstricht et à Ciply, ou blonds comme au phare d'Ailly, nous serons donc fondé

³⁶² *Ibid.*, p. 171.

*à ne point nous prononcer encore sur le rapprochement que l'on a fait de ces lambeaux soit avec la craie supérieure, soit avec le calcaire grossier pisolitique.*³⁶³

Trop d'incertitudes et le fait que le point de contact avec la craie blanche n'ait pas été trouvé isolent le calcaire de Laversine et celui de Vigny du calcaire pisolitique tertiaire proprement dit.

C'est probablement pour cette raison qu'en mai 1839, Élie de Beaumont affirme que les espèces de Meudon ne sont pas déterminables ce que contestent vivement Deshayes et Ch. d'Orbigny. Pourtant la discussion suivant la lecture des *Essais* d'A. d'Archiac n'avait pas porté sur le calcaire pisolitique.

Terrains à Nummulites et calcaire pisolitique, même débat

Après quelques années de répit, le débat revient sur le devant de la scène, le 15 mai 1843, à la suite d'une discussion concernant les couches à Nummulites qu'A. d'Archiac place à la base des terrains tertiaires mais que Dufrenoy associe au groupe crétacé. Celui-ci précise :

*[...] seulement il en formerait le membre supérieur, et correspondrait en partie au calcaire pisolitique de Meudon, pour l'âge duquel il y a eu également une discussion longue, et que la plupart des géologues associent maintenant à ces dernières formations secondaires.*³⁶⁴

Y a-t-il eu entre avril 1839, date de la lecture des *Essais* d'A. d'Archiac et mai 1843 des éléments et des discussions que nous n'avons pas trouvés dans les bulletins de la Société ? Que représente « la plupart des géologues » ? Le calcaire pisolitique est-il de la craie ou des terrains tertiaires ? Le sujet de la séance n'étant pas celui du calcaire pisolitique, A. d'Archiac, pourtant présent, n'a-t-il pas relevé la remarque ou celle-ci n'a-t-elle pas été notée ?

La réponse d'A. d'Archiac viendra à la séance suivante, après la lecture d'une lettre d'Alexandre Leymerie (1801-1878) dans laquelle celui-ci estime que les terrains supérieurs des Corbières, terrains à Nummulites, qu'il avait jusque-là attribués aux terrains tertiaires, ne sont ni tertiaires ni crétacés, raison pour laquelle il propose de les appeler *épi-crétacés*³⁶⁵, et qu'il

³⁶³ *Ibid.*, p. 172.

³⁶⁴ DUFRENOY A., 1843a, « Observations sur les terrains du Midi qui contiennent les mélanges de coquilles tertiaires et crétacées », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p.492.

³⁶⁵ LEYMERIE A., 1843, « Lettre à M. Élie de Beaumont concernant les terrains supérieurs des Corbières », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 529.

compare aux calcaires pisolithiques de Meudon, du mont Aimé, de Laversine... Dufrénoy conclut que « *l'examen des lieux a convaincu M. Leymerie que ce terrain ne pouvait être tertiaire* » et pense qu'il en sera de même pour toute personne étudiant ces terrains problématiques, terrains qu'il a comparés au *calcaire le plus supérieur au terrain pisolitique*. L'important pour séparer les terrains crétacés et tertiaires est la *discordance de stratification* observée dans les Landes. A. d'Archiac s'oppose à cette analyse et souligne que Leymerie parle de *physionomie plutôt crétacée que tertiaire*, d'apparence crétacée de certaines coquilles seulement alors que Ch. d'Orbigny et lui-même ont déterminé de *manière positive* des espèces tertiaires dans ces terrains. Il s'oppose aussi à les comparer à la craie de Maastricht car celle-ci ne contient aucune espèce tertiaire ou au calcaire pisolitique des environs de Paris car celui-ci ne contient aucune espèce crétacée. Cependant, au cours de son argumentaire au sujet des terrains à Nummulites, Dufrénoy affirme qu'il les regarde comme du calcaire pisolitique formant le dernier étage de la craie.

Au final, dans cette discussion au sujet des terrains à Nummulites, A. d'Archiac et Dufrénoy, qui a la même position qu'Élie de Beaumont, s'opposent « en passant » à propos du calcaire pisolitique. Chacun semble camper sur ses positions. On aurait pu penser la question tranchée, mais elle ne l'est de toute évidence pas.

En conclusion

Au cours de cette décennie, 1834-1844, de nombreux terrains sont décrits entre la craie et les terrains tertiaires. Le calcaire pisolitique découvert en de nombreux sites du bassin de Paris et les couches à Nummulites dans la moitié sud de la France posent donc la question de leur appartenance aux terrains crétacés ou aux terrains tertiaires. Géologues et paléontologues s'affrontent notamment sur le choix des critères.

Si l'on s'en tient au critère paléontologique strict, le calcaire pisolitique contenant des espèces fossiles tertiaires mais aucune espèce fossile secondaire, ne peut être que tertiaire. De plus, un critère géologique s'ajoute au critère paléontologique et soutient cette thèse : la dénudation de la craie avant le dépôt du calcaire pisolitique. C'est l'opinion de la plupart des acteurs, en premier lieu A. d'Archiac et Ch. d'Orbigny qui ont réalisé une étude descriptive – géologique et paléontologique – très détaillée du calcaire pisolitique, Deshayes qui a confirmé les déterminations des espèces fossiles et bien d'autres comme Cordier, Constant Prévost et Omalius d'Halloy. Dans son *Nouveau cours élémentaire de Géologie*, Jean-Jacques-Nicolas

Huot (1790-1845) distingue dans les *Terrains supercrétacés* (c'est-à-dire tertiaires) outre les trois étages supérieur, moyen et inférieur (avec calcaire grossier parisien et argile plastique), un quatrième étage qu'il nomme *infra-inférieur* et qui comprend les couches entre la craie et l'argile plastique, notamment le calcaire pisolithique.³⁶⁶

Mais Élie de Beaumont repousse ces arguments pour ne retenir que les faits qui entrent dans son cadre théorique, à savoir que l'époque tertiaire commence avec le dépôt de l'argile plastique, après le soulèvement des Pyrénées. Le conglomérat présent à la base de l'argile plastique montre *de facto* que les terrains en-dessous de l'argile plastique ont été violemment remaniés. De ce fait, le calcaire pisolithique placé en-dessous de l'argile plastique ne peut donc être pour Élie de Beaumont que crétacé. Celui-ci emporte l'adhésion de son ami Dufrénoy et de quelques autres membres plus ou moins indécis de la Société géologique de France, Graves, Michelin, Boubée, etc.

Les couches à Nummulites, quant à elles, posent le problème différemment car certaines contiennent simultanément des fossiles crétacés et des fossiles tertiaires et laissent perplexes les géologues. Pour certains d'entre eux, ce mélange des fossiles crétacés avec des fossiles tertiaires n'est tout simplement pas possible et ils tentent des explications diverses. Pour d'autres, cela signifie qu'une espèce fossile peut passer d'une formation dans une autre, ce qui soulève des questions d'ordre philosophique. Mais surtout, ce mélange et ces faunes intermédiaires poussent Leymerie à séparer l'ensemble de ces terrains, calcaire pisolithique et couches à Nummulites, des terrains crétacés et tertiaires proprement dits, pour constituer un nouveau système entre système crétacé et système tertiaire. Il propose d'appeler ce nouveau système, *système épi-crétacé*, ce qui laisse penser malgré tout qu'il le considère plus proche du système crétacé que du système tertiaire. Ainsi, ces couches ont-elles un statut très particulier.

En l'absence de consensus, c'est le *statu quo*. Cependant, à la fin de l'année 1846, un événement décisif ranime le débat et le fait basculer : la corrélation du calcaire pisolithique avec le calcaire de Faxe par Desor.

³⁶⁶ HUOT J.-J.-N., 1837, *Nouveau cours élémentaire de Géologie*, Tome 1, Paris, Librairie encyclopédique de Roret, p. 688-692.

2. Calcaire de Faxe et calcaire pisolithique, une histoire désormais commune : l'étage danien (1846-1860)

Naturaliste, préhistorien et géologue suisse, Pierre Jean Édouard Desor (fig. 36) naît en 1811 à Friedrichsdorf (Allemagne) dans une famille protestante originaire de Marsillargues dans le Languedoc. Après des études de droit à Giessen puis Heidelberg, par trop libéral, il se réfugie, pour raisons politiques, à Paris en 1832. Il se tourne alors vers les sciences naturelles. Parti en Suisse, Desor collabore dès 1837 aux recherches paléontologiques et glaciologiques de Louis Agassiz. Ils publient ensemble, en 1846, un catalogue raisonné des familles, des genres et des espèces de la classe des Échinodermes³⁶⁷. En 1847, Desor suit Agassiz aux États-Unis, mais se brouille avec lui et regagne la Suisse en 1852 où il devient professeur de géologie à l'académie de Neuchâtel³⁶⁸.



Figure 36 – Édouard Desor (1811-1882) vers 1845. Daguerrotype de Chase. Source Harvard Art Museum. https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3APierre_Jean_Edouard_Desor_c1845.jpg

Le 16 novembre 1846, lors d'un séjour à Paris, Desor présente à la Société géologique de France une note *Sur le terrain danien, nouvel étage de la craie*³⁶⁹, dans laquelle il compare les terrains « aux environs de Laversine, près Beauvais, [...et...] de Vigny, près Pontoise, [...terrains] désigné[s] sous le nom de terrain pisolitique », et un calcaire semblable, le calcaire de Faxö, qu'il a observé dans l'île de Seeland, près de Copenhague, au cours d'un voyage en Scandinavie.

- 1) La corrélation entre le « terrain pisolitique » de Laversine et Vigny et le « calcaire de Faxö » de Stevns Klint et Faxe

Desor décrit succinctement les caractères des deux types de calcaire et montre en premier lieu que leur caractère minéralogique est le même. Le terrain pisolitique et le calcaire de Faxe

³⁶⁷ <https://www.idref.fr/079658512>

³⁶⁸ KLAUSER E.-A., « Desor, Edouard », in Historisches Lexikon der Schweiz, Dictionnaire historique de la Suisse (DHS), url : <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F4468.php>, version du 17.01.06

³⁶⁹ DESOR E., 1847, « Sur le terrain danien, nouvel étage de la craie », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p. 179-182.

présentent la même structure : un aspect *bréchiforme* ou de brèche coquillière, pétrie de débris de coraux.

Deuxièmement, le caractère géologique : ces *terrains* sont dans les mêmes conditions de superposition à Laversine et dans l'île de Sjælland, au-dessus de la craie blanche. Cependant ce *terrain* repose immédiatement sur la craie blanche à Laversine alors qu'à Faxø il en est séparé par une mince couche d'argile³⁷⁰ avec de nombreux débris de poissons mal conservés. En outre, à Faxø, il est surmonté par « *un calcaire compacte également très riche en coraux, et que M. Forchhammer désigne, pour cette raison, sous le nom de craie corallienne* »³⁷¹ alors que rien ne le recouvre à Laversine.

Enfin, le caractère paléontologique : le *terrain pisolitique* présente de nombreux fossiles mais les « *débris sont trop mal conservés pour servir à une détermination rigoureuse* ». Cependant, Élie de Beaumont et Edmond Hébert (1812-1890) ont trouvé à Vigny une espèce particulière de *Cidaris* dont « *les granules qui entourent les tubercules sont fort gros et irrégulièrement allongés au lieu d'être ronds, particularité qui ne se retrouve dans aucune espèce de ce genre* », selon Desor qui l'a examinée avec Louis Agassiz (1807-1873), son collaborateur et spécialiste des Échinodermes. C'est pourquoi Desor qui a retrouvé dans le calcaire de Faxø ce même *Cidaris*, propose de l'appeler *Cidaris Forchhammeri* (fig. 37) en l'honneur de Forchhammer qui, le premier, en 1825, a décrit le calcaire de Faxø.

Le calcaire pisolitique et le calcaire de Faxø présentant les mêmes caractères minéralogiques, géologiques et paléontologiques, Desor pense « *dès lors qu'il faut envisager le calcaire de Faxø, la craie corallienne [le Coralitkalksteen de Forchhammer] et le lambeau pisolitique de Laversine et de Vigny, comme un étage particulier [...] et propose d'appeler cet étage "terrain danien"* » puisque c'est au Danemark qu'il a sa plus grande extension et qu'il est le plus développé. Reste à préciser sa réelle position stratigraphique, entre terrains crétacés et terrains tertiaires.

³⁷⁰ Il est à noter que lors de la description en 1831 du lambeau de calcaire de Laversine, a été signalé *un petit lit d'un pouce environ de marne calcaire* interposé entre la craie et le calcaire et qui semble être l'équivalent de la couche fine d'argile contenant des débris de poissons de Faxø. Mais il n'est pas signalé par Desor. Le 5 juin 1848, Élie de Beaumont, A. d'Archiac et Viquesnel feront remarquer au mont Aimé, à la partie inférieure du calcaire pisolitique, des traces d'argiles noirâtres, légèrement bitumineuses. *In Bull. Soc. géol. France*, (2), 5, p.408.

³⁷¹ Forchhammer le désigne sous le nom de « *Coralitkalksteen* », c'est-à-dire calcaire corallien et non craie (Kridt) corallienne. On retrouve ici le glissement sémantique déjà observé pour le calcaire de Maastricht, glissement signant un caractère supposé crétacé. De la même façon, Desor évite le terme « calcaire » pour les calcaires de Laversine et de Vigny comme pour celui de calcaire pisolitique, lui préférant le terme plus imprécis de « terrain ».



Figure 37 – *Cidaris Forchhammeri* –
Carrière de Faxé –
© L. Rasmussen – Geomuseum Faxé.

Position stratigraphique de ce terrain danien

Géologiquement, ce terrain est clairement au-dessus de la craie et présente un joint de stratification. Il « n'est pas une simple forme locale de la craie blanche, puisqu'il se trouve superposé à cette dernière », c'est un étage à part entière, postérieur à la craie blanche.

Paléontologiquement, à Faxé comme à Laversine et Vigny, il « contient des espèces qu'on n'a pas trouvées jusqu'à présent dans la craie blanche »³⁷². En dehors du *Cidaris*, on y trouve plusieurs autres espèces caractéristiques³⁷³ qui le distinguent donc de la craie blanche. Cependant Desor a vu au musée de Copenhague et étiquetés « calcaire de Faxö » deux espèces d'Oursins, l'*Ananchytes subglosus* Lamk., très abondant aussi dans la « craie corallienne » et retrouvé dans le calcaire à Baculites de *Picauville*³⁷⁴, d'une part, et *Micraster breviporus* Agass. présent dans la craie de l'Oise, d'autre part. Ainsi, la « présence de genres tels que les *Ananchytes*, les *Holaster* et les *Micraster* ne permet pas de rapporter ce terrain à l'étage tertiaire ».

³⁷² DESOR E., 1847, *op. cit.*, p. 181.

³⁷³ « ...entre autres une *Pyrina* nouvelle (*Pyrina Freucheni*), qui diffère de toutes les espèces connues par sa forme large et son ouverture anale très ample. Une espèce de *Holaster* très plat et très large, à sillon inférieur très prononcé voisin du *Holaster ananchytes*. Enfin un petit crabe *Brachyurites rugosus* Schloth. ou *Dromilites rugosus* Edw. ». *In Ibid.*, p. 180.

³⁷⁴ En Normandie, actuellement Picauville à une quinzaine de kilomètres de Valognes. Il s'agit donc probablement du calcaire à Baculites (ou craie supérieure) de Valognes rapproché à l'époque de la craie supérieure de Maastricht.

C'est donc « *un étage particulier de la craie, le plus récent de tous, ainsi que l'avait proposé M. Élie de Beaumont* »³⁷⁵. Par conséquent, Desor attribue ce nouvel étage, comme Élie de Beaumont pour le calcaire pisolithique et Lyell pour le calcaire de Faxe, au terrain créacé. Il pense, comme Graves, que le terrain de Maastricht est à rapporter à ce terrain danien mais cette position est loin d'emporter une totale adhésion.

Controverse sur la position stratigraphique de l'étage danien

À la suite de cette lecture s'engage une discussion au cours de laquelle les uns et les autres apportent des précisions, des observations qui alimentent la controverse sur la position de ce terrain danien.

Certains faits corroborent la position plutôt créacée de ce nouvel étage danien :

- Par exemple, Deshayes signale que parmi les coquilles de Faxe qu'il a déterminées, certaines sont identiques à celles de Maastricht et, de ce fait, il considère les calcaires de Faxe comme identiques à ceux de Maastricht,
- Michelin a toujours considéré le terrain de Laversine comme *pareil* à la craie de Maastricht dans la mesure où Graves y a trouvé *plusieurs des Polypiers décrits par Goldfuss*.
- D'autre part, Graves précise, comme dans son *Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise*³⁷⁶, que tous les fossiles déterminés à Laversine « *appartiennent à des terrains crayeux de différents pays* »³⁷⁷. Dans cet ouvrage, il affirme d'ailleurs que le calcaire pisolithique n'est pas discordant³⁷⁸ contrairement à ce qui avait été dit lors de la réunion extraordinaire de la Société en septembre 1831. Ainsi, il appuie l'idée que le terrain danien fait partie de la craie.
- Enfin, Desor pense qu'en aucun cas ce *terrain danien* ne peut être rapproché des terrains à Nummulites qu'il considère comme plus récents. Or la position créacée ou tertiaire des terrains à Nummulites est encore très discutée. Même si l'opinion générale commence à pencher vers un âge tertiaire, cette opinion n'est pas partagée par tous. L'étage danien peut donc être considéré comme secondaire.

³⁷⁵ DESOR E., 1847, *op. cit.*, p. 181.

³⁷⁶ GRAVES L., 1847, *Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise*, Beauvais, A. Desjardins, p. 169-170 et 576.

³⁷⁷ DESOR E., 1847, *op. cit.*, p. 181.

³⁷⁸ GRAVES L., 1847, *op. cit.*, p. 166.

D'autres observations, au contraire, auraient tendance à le rapprocher des terrains tertiaires. A. d'Archiac, après avoir rappelé que Lyell, en 1835, avait rapproché le calcaire corallien de Faxe avec la craie de Maastricht, précise que « *M. Beck a signalé dans les couches de Faxe quelques fossiles de la craie blanche et d'autres, en plus grand nombre, qui leur sont particuliers et qui appartiennent à des genres plus spécialement tertiaires* »³⁷⁹. Cette étude de Beck date de 1834 et reste assez vague puisqu'il s'agit de genres et non d'espèces bien déterminées, et leur aspect est plutôt tertiaire. Même si A. d'Archiac insiste bien sur le fait que la plupart des fossiles de Faxe sont spécifiques à ce terrain, l'argument n'est plus suffisant en 1846 mais montre qu'A. d'Archiac n'est pas convaincu par cette corrélation comme le montrera la suite.

Il est intéressant de noter ici que seuls sont considérés pour cette corrélation du calcaire pisolithique avec le calcaire de Faxe, les calcaires de Laversine et Vigny, ceux-là même qui paraissaient à A. d'Archiac, en 1839, les plus difficiles à attribuer au calcaire pisolithique³⁸⁰. Ici, il n'est fait aucune référence aux autres sites du calcaire pisolithique. Desor ne les a-t-il jamais vus ou tout simplement n'y a-t-on pas (encore ?) observé le *Cidaris Forchhammeri* ?

Soulignons ici la position particulièrement délicate de Deshayes à ce sujet. Nous l'avons dit, Deshayes signale que parmi les coquilles de Faxe qu'il a déterminées, certaines sont identiques à celles de Maastricht et il considère les calcaires de Faxe comme identiques à ceux de Maastricht, mais il ne se prononce pas sur la pertinence de la corrélation. Rappelons que Lyell, en 1835, avait montré à Deshayes des fossiles du calcaire de Faxe lors de son passage à Paris³⁸¹. La présence dans le calcaire de Faxe, de fossiles identiques à ceux de Maastricht explique pourquoi Deshayes n'a jamais fait, lui-même, le parallèle entre le calcaire de Faxe (contenant des fossiles crétacés) et le calcaire pisolithique (qui n'en contient pas), ni réagit en 1838 lors de la lecture de la note sur le mémoire de Lyell avec lequel il était d'accord. La corrélation de ce calcaire de Faxe, identique à celui de Maastricht, avec le calcaire pisolithique qu'il considérait jusque-là comme tertiaire, doit considérablement l'embarrasser. Deshayes pense que faune crétacée et faune tertiaire sont totalement distinctes, exclusives et qu'aucune espèce ne passe d'une formation à l'autre. Si l'on considère la présence du *Cidaris Forchhammeri* à Vigny et à Faxe, soit cette espèce passe d'une formation à l'autre – ce qu'il ne peut accepter –, soit le calcaire pisolithique est identique à celui de Maastricht – ce qui est contraire à ce qu'il a affirmé

³⁷⁹ DESOR E., 1847, op. cit., p. 182.

³⁸⁰ Voir ch.II-1.3.

³⁸¹ Voir note 293.

jusqu'ici et en totale contradiction avec la présence de fossiles tertiaires. Dans tous les cas, ses convictions catastrophistes sont mises à rude épreuve.

Ainsi, la corrélation entre le calcaire pisolithique et le calcaire de Faxe ainsi que la définition de ce nouvel étage du terrain danien semblent acquises pour tous excepté Michelin³⁸² et probablement A. d'Archiac mais, dans les faits, en France les géologues continueront à utiliser le terme de « calcaire pisolithique » plutôt que celui de « terrain danien ». Le rapprochement avec la craie de Maastricht et la présence de fossiles de la craie font du terrain danien le dernier étage du Crétacé. En conséquence, le calcaire pisolithique jusque-là plutôt considéré comme tertiaire (si l'on excepte Élie de Beaumont et ses adeptes) devient plutôt crétacé. Cette attribution sera renforcée par la découverte de nouveaux sites de calcaire pisolithique.

2) De nouveaux terrains, aux fossiles mieux conservés, rapprochent l'étage danien de la craie de Maastricht (1847)

Quelques mois après la définition de l'étage du terrain danien, Hébert qui avait trouvé avec Élie de Beaumont les piquants de *Cidaris Forchhammeri* à Vigny en 1846, expose à la Société géologique de France son travail sur de nouveaux terrains de calcaire pisolithique dans une *Note sur le calcaire pisolitique*³⁸³.

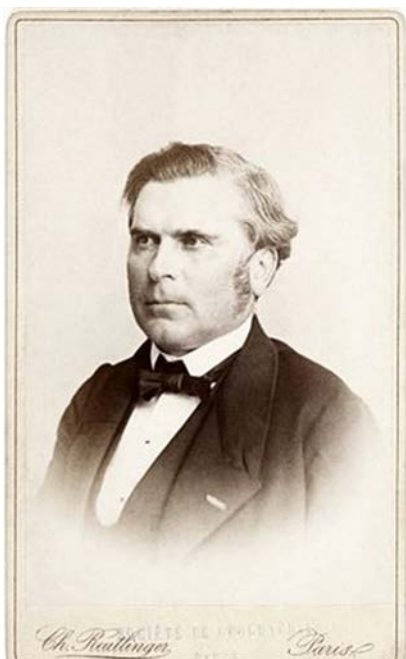


Figure 38 – Edmond Hébert (1812-1890)
Photographie Ch. Reutlinger, Source gallica.bnf.fr/

Edmond Hébert (1812-1890), un nouveau venu dans le débat sur le calcaire pisolithique

Né en 1812, Edmond Hébert (fig. 38) a un parcours atypique. D'abord maître d'études – par nécessité – pour préparer le concours à l'École Normale supérieure pour les sciences, Hébert y est reçu dans la promotion 1833. Après deux ans passés au Collège de Meaux comme professeur de mathématiques et physique, il revient en 1838 à l'École Normale supérieure où il fait d'abord fonction de préparateur en chimie puis, après divers postes, il en devient sous-directeur des études en 1841. Agrégé en sciences en 1840, il prépare une thèse de physique mais, à la suite d'une excursion en Normandie

³⁸² DESOR E., 1847, op. cit., p. 182.

³⁸³ HÉBERT E., 1847, « Note sur le calcaire pisolitique », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p.517-522.

dirigée par Élie de Beaumont, il se passionne pour la géologie et s'y consacre de fait tardivement. Il entre en 1845 à la Société géologique de France où il prendra rapidement une part active grâce à ses travaux sur le bassin de Paris. Géologue infatigable, disciple d'Élie de Beaumont, il arpentera la région et apportera de nombreuses précisions sur le calcaire pisolithique. Réputé pour la minutie de ses observations et son travail sur les coupes géologiques, son éloignement des théories, et son opiniâtreté à défendre ses opinions, il succède à Constant Prévost à la chaire de géologie à la faculté des Sciences de Paris en 1857³⁸⁴. Outre ses travaux personnels en stratigraphie paléontologique, il exerce une grande influence sur ses élèves et favorise le développement de laboratoires à l'École Normale supérieure, d'abord, puis à la Sorbonne. Enfin, il participe à l'organisation du premier Congrès géologique international qui se tiendra à Paris en 1878 et dont il fut le président.

Au moment où Hébert lit sa note sur le calcaire pisolithique en mars 1847, il est donc, malgré ses 35 ans, un « tout jeune » géologue qui va fréquemment en excursion avec Élie de Beaumont. Dans cette note qu'il veut exhaustive, il reprend l'ensemble des données précédentes qu'il réactualise par de nouvelles observations. Simultanément, il présente plusieurs échantillons d'un calcaire identique à celui de Vigny et qu'il a trouvé dans la vallée de la Mauldre, à Falaise, hameau près de Mareil (fig. 30).

Des fossiles mieux conservés changent la donne

Contrairement aux calcaires de Laversine, Bougival, Port-Marly, Meudon et Vigny, ces échantillons montrent des fossiles dont les moules ou empreintes sont parfaitement conservés, *sans la plus légère altération*. De ce fait, ils sont parfaitement déterminables et on peut y reconnaître :

- un fragment de *Cerithium*, comme celui que Ch. d'Orbigny avait décrit comme étant un *Cerithium giganteum* et qui, comme celui des échantillons de Laversine et Vigny présentés simultanément pour comparaison, est en fait une *espèce tout à fait distincte et nouvelle*, opinion partagée par Deshayes. Ce *Cerithium* n'est donc pas un fossile du calcaire grossier mais une nouvelle espèce probablement caractéristique du calcaire pisolithique ;
- des *empreintes de Cérites et Nérinées* qui n'appartiennent à *aucune espèce connue du calcaire grossier* ;

³⁸⁴ Notice historique sur le troisième fauteuil de la section de minéralogie à l'Académie.
<http://annales.org/archives/x/hebert.html>

- une Pleurotomaire apparemment identique à un échantillon de la craie supérieure de Valognes dont les caractères minéralogiques sont, en outre, identiques à ceux du calcaire de Vigny et Falaise ;
- plusieurs empreintes de Mollusques dont aucune n'appartient à une espèce tertiaire ;
- des Polypiers parmi lesquels des espèces de la craie de Maastricht, ce qu'avaient déjà indiqué Michelin et Graves.

Cet ensemble de fossiles ajouté au *Cidaris* de Vigny (*Cidarites Forchhammeri*, Desor) montre donc que le calcaire pisolithique ne contient aucune espèce du calcaire grossier c'est-à-dire aucune espèce tertiaire³⁸⁵. Comme il contient des espèces de la craie de Maastricht, Hébert considère ces échantillons comme *une preuve nouvelle* qu'Élie de Beaumont avait raison, en 1834, de les identifier à la craie de Maastricht, opinion qui lui paraît maintenant généralement admise.

Tous les sites corrélés, mais sous quel nom ?

Inlassable, Hébert qui s'est à nouveau rendu à Vigny, Port-Marly et Bougival, avec Desor et Graves, réalise la corrélation entre les terrains daniens et le calcaire pisolithique de Port-Marly, Bougival et Meudon (puis le mont Aimé un peu plus tard) mais ne se prononce pas pour les autres sites qu'il ne connaît pas. A Port-Marly, les *couches inférieures* du calcaire pisolithique correspondent au calcaire de Vigny et de Laversine, et reposent directement sur la craie mais par une *surface nette et tranchée*. La couche supérieure est *brisée, démantelée, et ses débris sont de toutes parts enveloppés d'argile plastique*, autrement dit, des événements violents l'ont détruite et ont été suivis par le dépôt tertiaire tranquille de l'argile plastique. Là est le début de la période tertiaire. À Bougival, les fossiles sont les mêmes que dans les couches inférieures, entre autres les polypiers caractéristiques. Le calcaire pisolithique de Meudon n'ayant jamais été séparé de celui de Bougival, toutes ces couches peuvent donc être rassemblées dans le terrain daniens.

Cependant, les terrains du calcaire pisolithique décrits en France ne possèdent pas tous ce caractère « pisolithique ». Aussi, Hébert juge-t-il qu'il serait préférable de substituer au nom de « pisolithique » un nom géographique comme il en est de plus en plus l'usage. Ce terrain se révélant plus développé dans le bassin de Paris qu'il ne l'est au Danemark, il ne peut *s'empêcher d'espérer une dénomination plus satisfaisante* pour ce terrain d'autant plus que c'est dans le

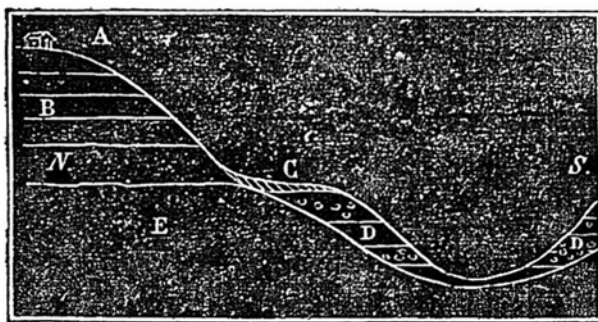
³⁸⁵ La référence est en effet, ici, les espèces tertiaires du bassin de Paris donc du calcaire grossier puisque, jusque-là aucun terrain *intermédiaire* n'a été accepté comme tertiaire.

bassin de Paris que ses relations avec les autres couches paraissent les plus claires. Bref, il souhaiterait un nom géographique certes, mais bien français.

Stratigraphie du calcaire pisolithique

Pour finir, il réalise une étude géologique des couches du calcaire pisolithique et estime qu'elles se sont déposées horizontalement « à l'O. de Paris, sous les bois de Meudon, de Saint-Cloud, la forêt de Marly, celle des Alluets, et sous les plaines de calcaire grossier qui séparent Vigny de Meulan. » Vigny pourrait être la limite nord de ce dépôt, le calcaire pisolithique semblant être adossé au nord contre la craie. Il en donne la coupe (fig. 39).

[...] bien que le sol ne soit point entamé de manière à faire voir nettement la superposition, je pense que je ne m'écarterai pas beaucoup de la vérité en donnant pour cette localité la coupe suivante, dans laquelle les hauteurs sont beaucoup exagérées proportionnellement aux longueurs.³⁸⁶



- A La comté de Vigny.
- B Calcaire grossier.
- C Argile plastique.
- DD Calcaire pisolitique.
- E Craie.

Figure 39 – Coupe hypothétique montrant la position du calcaire pisolithique dans le Comté de Vigny, par Hébert (1847).

Le calcaire pisolithique D est adossé à la craie E.

Il semblerait que le calcaire pisolithique présente la même disposition dans la vallée de la Mauldre entre Beyne et Falaise, près Mareil, et qu'il se poursuive sur la rive droite de la Mauldre, à l'est, sous le calcaire grossier jusqu'au bois de Meudon et la forêt de Marly. Cependant son dépôt n'est pas nécessairement continu, d'une part parce que la craie dont la

³⁸⁶ HÉBERT E., 1847, *op.cit.*, p.520. L'état actuel de la carrière lui donne globalement raison. L'exploitation du calcaire de Vigny a été arrêtée lorsqu'ils ont buté au nord contre la craie qui se présente comme une falaise verticale. Elle est actuellement interprétée comme une falaise liée à un rejeu de faille hercynienne, falaise de craie côtière (exemple Etretat) envahie par la mer danienne. Le calcaire daniens a progressivement comblé ce relief sous-marin.

surface est ondulée, n'a probablement pas été recouverte entièrement par la mer lors du dépôt danien et d'autre part à cause *des ravages causés par l'éruption violente qui a accompagné la période tertiaire*. Comme on peut le constater, le début de la période tertiaire est pour Hébert comme pour Élie de Beaumont, marqué par des événements catastrophiques qui démantèlent la couverture sédimentaire, évènements traduits par l'arrachement de blocs resédimentés dans l'argile plastique ou leur disparition pure et simple. Rien de semblable pour la surface de la craie qui n'est que « ondulée ». Pourtant craie blanche et calcaire pisolithique sont en couches horizontales. Les phénomènes à l'origine des ondulations de la craie ne sont pas évoqués alors qu'A. d'Archiac et Ch. d'Orbigny avaient précisé, en 1836, que la craie de Meudon avait été dénudée et transformée avant le dépôt du calcaire pisolithique en stratification discordante.

En résumé :

- Le calcaire pisolithique ne contient aucune espèce tertiaire ni aucune espèce de la craie. Il ne contient que des espèces nouvelles et quelques polypiers de la craie de Maastricht.
- Hébert corrèle le calcaire de Bougival, Port-Marly et Meudon à celui de Vigny et Laversine et par là-même au terrain danien, montrant la vaste étendue de ce terrain dans le bassin de Paris (qui sera élargie vers la vallée de la Mauldre, au Sud de Vigny, et vers Montereau, Épernay et au mont Aimé près Sézanne).
- Le calcaire pisolithique est adossé à la craie comme le montre la coupe (fig. 39), ce qui implique que la craie a été dénudée, sa surface bosselée, déformée, etc. puis la mer est revenue et a déposé dans les creux les couches de calcaire pisolithique.
- Cependant les évènements postérieurs à ces dépôts ont été beaucoup plus violents que ceux qui les ont précédés et sont donc ceux qui marquent le début de la période tertiaire.

Malgré la minutie de cette étude, le rapporteur de la séance, J. Hugard, vice-secrétaire, conclura « [... le] *travail de M. Hébert et par suite [...] la discussion [...] n'[ont] fait que soulever de nouvelles incertitudes relativement au terrain pisolitique des environs de Paris* » propos contre lequel s'insurgera Hébert³⁸⁷ considérant que son travail démontre le rattachement du terrain danien à la craie de Maastricht et que, sans aucun doute, l'étage danien est créacé. Cependant,

³⁸⁷ Il dira un an plus tard, à la séance du 5 juin 1848 : « aussi ai-je été très surpris de voir six mois après, lorsque le compte-rendu de la séance eut été imprimé, que la discussion, à laquelle ma note avait donné lieu, n'avait fait que soulever de nouvelles incertitudes relativement au calcaire pisolitique des environs de Paris ». In HÉBERT E., 1848, « Note sur les dépôts situés, dans le bassin de Paris, entre la craie blanche et le calcaire grossier », Bull. Soc. géol. France, (2), 5, p.390.

ce n'est de toute évidence pas l'avis de tous et le problème reste entier. La faune n'est, en effet, ni tertiaire (telle que définie à l'époque c'est-à-dire du calcaire grossier), ni crétacée (de la craie blanche). Qu'en faire ? Le calcaire pisolithique appartient-il aux terrains crétacés ou aux terrains tertiaires ? Où placer la limite entre les deux ? Avant ou après le calcaire pisolithique ?

Une limite géologique aux terrains tertiaires

Alors qu'en 1836, Deshayes avait proposé une limite entre les terrains crétacés et tertiaires à la base du calcaire pisolithique en se fondant sur les données paléontologiques³⁸⁸, Élie de Beaumont réfute cet argument et propose une limite géologique.

En effet, Élie de Beaumont explique que si l'on a une différence paléontologique si importante entre la craie blanche et les terrains tertiaires inférieurs du bassin de Paris, c'est que, là, il y a une grande lacune et que la craie et l'argile plastique sont deux tronçons discontinus d'une série continue dont il reste à combler les lacunes (fig. 40). La grande difficulté vient de ce que *les illustres fondateurs de cette science* ont pris le bassin de Paris comme référence³⁸⁹. Élie de Beaumont a figuré dans ses cours de 1847 les lacunes et les positions stratigraphiques des différents terrains par un diagramme (fig. 40)³⁹⁰. Dans le bassin de la Méditerranée, le terrain nummulitique contient à la fois des fossiles tertiaires et des fossiles crétacés mais surtout des espèces nouvelles. Dans tous les cas, il est postérieur à l'étage danien. Cependant, dans le bassin de Paris (*le nord de la France*), nulle part, il n'y a vraiment de continuité entre la craie blanche

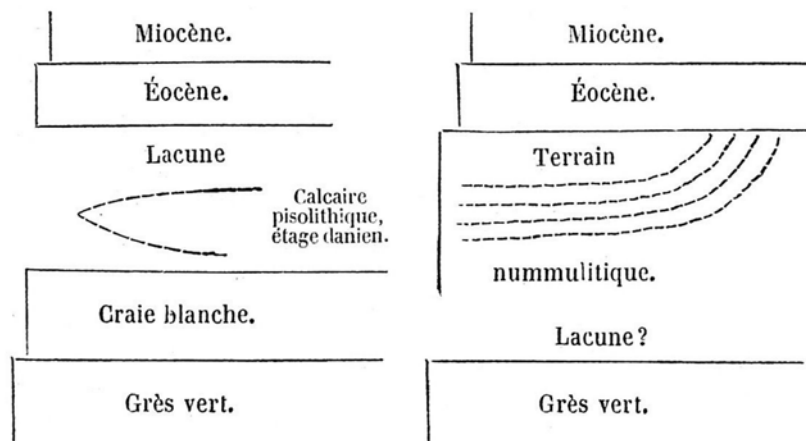


Figure 40 – Relations de gisement entre les terrains crétacés et supra-crétacés, dans le nord de la France, à gauche, et dans le bassin de la Méditerranée, à droite, par Élie de Beaumont (1847).

³⁸⁸ Voir ch.II-1.2 En conclusion.

³⁸⁹ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1847, « Note sur la manière de classer la partie de la série des terrains stratifiés qui s'étend du grès vert au calcaire grossier », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p. 564.

³⁹⁰ *Ibid.*, p. 566.

et le calcaire pisolithique / étage danien, ni entre celui-ci et le calcaire grossier, ce que traduit parfaitement le schéma d'Élie de Beaumont.

Alors où est la limite entre terrains crétacés et terrains tertiaires ? Avant ou après l'étage danien ? Élie de Beaumont suggère que l'ensemble de ces terrains est « *favorable à l'opinion de l'extinction progressive des espèces dites crétacées et de leur remplacement graduel par les espèces dites tertiaires et à la classification géologique qu'il rattache à cette opinion.* »³⁹¹

Et de poursuivre :

*Si cette manière de voir était reconnue exacte, la ligne de démarcation entre les terrains secondaires et les terrains tertiaires deviendrait aussi indéterminée et aussi peu nécessaire [...]. Mais si [...] on veut encore conserver la dénomination [...] de terrains tertiaires [... alors il convient] d'assigner aux terrains tertiaires [la] limite [...] qu'on [Élie de Beaumont] leur avait donnée dans l'origine, en l'appliquant aux dépôts qui se sont formés après le passage de ce flot immense qui a, presque partout, détruit et remanié les couches du calcaire pisolithique, de même que les couches supérieures de la craie proprement dite [...]. Cette révolution a coïncidé avec le soulèvement des Pyrénées [...].*³⁹²

Ainsi, il réitère ici ce qu'il avait déjà avancé en 1836, à savoir que la période tertiaire commence avec le soulèvement des Pyrénées. Il condescend à constituer *un étage complètement distinct de tous les étages des terrains crétacés* mais il n'en demeure pas moins que c'est un étage secondaire. Pour affirmer cela, Élie de Beaumont s'avère très catastrophiste quand il s'agit de géologie – *cette révolution* –, des soulèvements de montagnes responsables de changements de faune, etc., mais il devient très uniformitariste – opportunément ? – quand il s'agit de biologie. La paléontologie ne permet donc pas la détermination d'une période et de ses limites, il faut donc utiliser la géologie, et tout particulièrement les soulèvements de montagnes. Ce choix tout-à-fait théorique et sans fondement particulier lui permet d'affirmer qu'il avait raison dès 1836.

Élie de Beaumont s'obstine donc dans sa théorie des soulèvements de montagne utilisant les arguments qui vont dans son sens. Reste à expliquer la stratification discordante et les différences de faunes entre la craie et le calcaire pisolithique et à justifier ainsi de placer la limite entre le calcaire pisolithique et l'argile plastique plutôt qu'entre la craie et le calcaire

³⁹¹ *Ibid.*, p. 569.

³⁹² *Ibid.*, p. 569.

pisolithique. C'est la tâche à laquelle s'attèle Hébert convaincu, comme son maître, que le calcaire pisolithique est crétacé. Il poursuit sa quête d'observations de terrain pour confirmer ses dires et propose des scénarios plus ou moins crédibles pour les expliquer.

La quête d'Hébert : prouver que l'étage danien est crétacé

Au cours des trois années qui vont suivre, Hébert sillonnera le bassin de Paris, notamment au Sud et à l'Est de Paris, toujours à la limite des *couches inférieures du terrain éocène* afin de rechercher les limites entre craie et calcaire grossier et déterminer les relations précises existant entre craie blanche, calcaire grossier et tout terrain intermédiaire comme le calcaire pisolithique. C'est un travail long et minutieux qu'il va conduire de façon très méthodique espérant exposer une solution définitive (?) au problème posé par la position et l'âge du calcaire pisolithique.

Dans sa *Note sur les dépôts situés, dans le bassin de Paris, entre la craie blanche et le calcaire grossier* du 5 juin 1848³⁹³, Hébert rappelle que pas un des fossiles de Falaise, près de Maule et Mareil, n'est tertiaire, *vérité reconnue par MM. Deshayes³⁹⁴ et Alc. D'Orbigny*, les spécialistes en la matière, références obligées de l'époque, et qui *n'a été contestée par personne*. Il signalera, lors de la réunion extraordinaire à Épernay en octobre 1849³⁹⁵, que même Ch. d'Orbigny avait adopté cette opinion. En effet, dans son article « *Terrains* » du *Dictionnaire universel d'Histoire Naturelle*³⁹⁶, Ch. d'Orbigny reconnaît que les fossiles qu'il avait considérés avec Deshayes comme plutôt tertiaires, étaient des fragments ou des empreintes difficilement déterminables et que les fossiles nouvellement découverts à Falaise et mieux conservés, en cours de description par A. d'Orbigny, se rapportent à des espèces nouvelles. Ainsi, pour Ch. d'Orbigny, le calcaire pisolithique constitue

*[...] un petit horizon géologique distinct, et qu'il faut probablement placer dans l'échelle géognostique, au-dessus de la Craie de Maëstricht, à la partie la plus supérieure du Terrain crétacé, ainsi que le pensent plusieurs géologues, tels que MM. Élie de Beaumont, Alc. d'Orbigny, Grave, Hébert, etc.*³⁹⁷

³⁹³ *Ibid.*, p.388-408.

³⁹⁴ Qu'aucun fossile du calcaire pisolithique ne soit tertiaire convient certainement à Deshayes, cela excluant le mélange d'espèces crétacées et d'espèces tertiaires.

³⁹⁵ HÉBERT E., 1849, « Compte-rendu de la séance de clôture de la session extraordinaire à Epernay », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 6, p.719-733

³⁹⁶ ORBIGNY Ch. d', 1848, Article « Terrains », In *Dictionnaire universel d'Histoire Naturelle*, 12, Paris, Renard et Martinet, p. 505-506.

³⁹⁷ *Ibid.*, p.506.

Cependant à la différence des autres géologues, comme Élie de Beaumont et Hébert, qui considèrent que le calcaire pisolithique est à rapprocher de la craie de Maastricht, Ch. d'Orbigny le place *au-dessus* et ne lui donne donc pas exactement la même position stratigraphique. Mais tous en font la partie la plus récente du Crétacé.

La description par A. d'Orbigny de tous les fossiles récoltés dans le calcaire pisolithique est en cours et très attendue pour confirmer (ou non) leur position. Celle-ci sera présentée à la Société le 21 janvier 1850.

En attendant, Hébert confirme la présence et la position sous l'argile plastique du calcaire pisolithique au sud et à l'est parisien à Montereau, au mont Aimé, à Vertus et au plateau de la Madeleine dont il donne deux coupes³⁹⁸ (fig. 41), et annonce qu'il a découvert le calcaire pisolithique à Ambleville, à 8km à l'ouest de Magny³⁹⁹ (fig. 30).

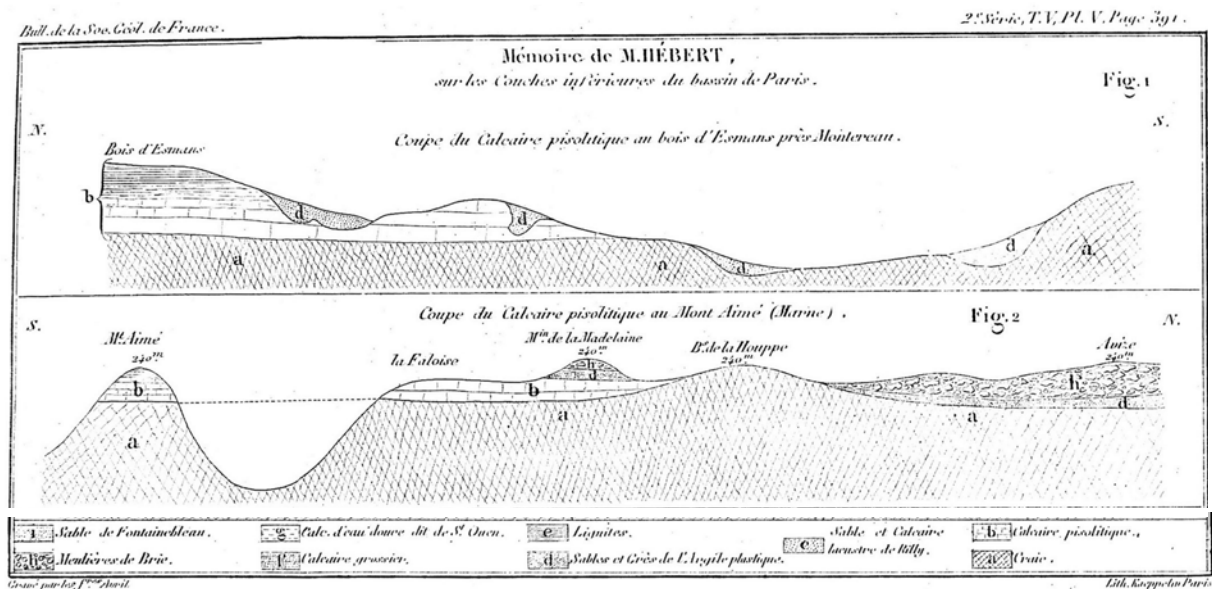


Figure 41 – Coupes du calcaire pisolithique : en haut, au Bois d'Esmans près Montereau ; en bas, au Mont Aimé et au plateau de la Madeleine (Marne), par Hébert (1848).

Le calcaire pisolithique (b sur les Fig. I et II, fig. 41) a un développement plus important à Montereau et Vertus que dans l'ouest du bassin de Paris et son aspect et sa texture minéralogique différent de ceux du calcaire de Vigny; il est plus compact et plus blanc notamment. Sa surface est ravinée à Montereau et les ravinements remplis d'argile plastique⁴⁰⁰ (d sur la Fig. I, fig. 41).

³⁹⁸ HÉBERT E., 1848, *op. cit.*, entre p.390 et 391.

³⁹⁹ HÉBERT E., 1850, « Note sur la présence du calcaire pisolithique à Ambleville », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 7, p.135.

⁴⁰⁰ HÉBERT E., 1848, *op. cit.*, p.391.

Hébert note que la présence de silex, *se fondant dans la masse*⁴⁰¹, dans le calcaire de Laversine, présence remarquée par Graves dans son *Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise*, est un fait quasi général puisqu'il en a trouvé aussi à Vigny, Falaise, Bougival, Montereau et au mont Aimé. Ces silex de nature très variée sont pour lui l'un des éléments les plus constants qui pourrait servir à reconnaître au premier coup d'œil le calcaire pisolithique.

Concernant la faune, il confirme que ce n'est pas celle du calcaire grossier, et qu'elle n'est donc pas tertiaire. En effet, il a trouvé à Montereau un très grand nautille (25 cm de diamètre sur 15 d'épaisseur) qui n'est pas un des nautilles tertiaires décrits par Deshayes et par Sowerby mais qui, par contre, ressemble fortement au nautille décrit par Faujas de Saint-Fond dans la craie de Maastricht⁴⁰². A Vertus, c'est un moule de cérithes *gigantesque* qu'il a trouvé mais différent de celui de Vigny, Laversine et Falaise, tous deux différents du *Cerithium giganteum* du calcaire grossier. La faune du calcaire pisolithique présente des différences importantes selon la localisation des dépôts. Il distingue trois grandes unités :

*Ainsi les dépôts du sud où l'on trouve de volumineux nautilles, ceux de l'ouest, si abondants en reptiles, n'ont ni oursins, ni polypiers, fossiles qui forment au contraire une partie notable des dépôts de l'est et du nord, où l'on ne rencontre que de très rares débris de reptiles.*⁴⁰³

Il y a donc des différences de dépôts, de faciès, du calcaire pisolithique, cependant la corrélation entre ces terrains est parfaitement établie par Hébert. Une note de bas de page singularise cette faune du calcaire pisolithique :

*La faune du calcaire pisolithique est réellement très digne de fixer l'attention des paléontologistes ; presque toutes les espèces dont elle se compose sont nouvelles, et quelques unes sont fort remarquables. Déjà M. Pomel a donné, dans les Archives des sciences naturelles de Genève (mois d'août 1847), une idée des poissons et des reptiles que l'on rencontre au Mont-Aimé, et qui diffèrent à la fois de ceux des terrains tertiaires et de ceux des terrains crétacés. Nous avons lieu d'espérer que M. Alc. D'Orbigny fera bientôt connaître tous les mollusques déterminables, rencontrés jusqu'à ce jour dans le calcaire pisolithique.*⁴⁰⁴

⁴⁰¹ GRAVES L., 1847, *op. cit.*, p. 166.

⁴⁰² Voir fig. 3.

⁴⁰³ HÉBERT E., 1848, *op. cit.*, p.394.

⁴⁰⁴ *Ibid.*, p.394.

Dans l'attente des résultats d'A. d'Orbigny, persuadé que celui-ci confirmera ses dires, Hébert tente d'expliquer, d'interpréter les différences observées avant et après le dépôt du calcaire pisolithique.

Un scénario bien complexe

Hébert considère lui aussi que « *tous les caractères géologiques ou paléontologiques [du calcaire pisolithique] le distinguent d'une manière nette et tranchée des terrains tertiaires* »⁴⁰⁵. Il en résulte que ses recherches confirment en tout point ce qu'il avait déjà affirmé dans sa note du 1^{er} mars 1847.

*Le calcaire pisolitique est un dépôt complètement indépendant des dépôts tertiaires, et par sa position géologique et par les débris organiques qu'il renferme. Sous ce double point de vue, il se rapproche beaucoup plus du terrain crétacé, dont il doit être considéré comme formant la partie la plus récente.*⁴⁰⁶

En insistant sur l'indépendance du terrain tertiaire, Hébert laisse penser que le calcaire pisolithique est dépendant du terrain crétacé. Il est vrai qu'un certain nombre de personnes ont rapproché de la craie supérieure de Maastricht, crétacée, certaines espèces du calcaire pisolithique. Mais surtout, en juin 1848, il va beaucoup plus loin et donne un véritable scénario de ce qui a pu se produire à l'époque :

*-1° Le calcaire pisolitique est adossé à la craie [...] laquelle formait les bords du golfe où ce dépôt s'est effectué. S'il n'eût pas été enlevé ultérieurement par une grande dénudation, il couvrirait la craie dans toute l'étendue du bassin de Paris ; mais probablement il s'étendait beaucoup au-delà (Maëstricht, Faxoë, Valognes).
-2° la cause qui, pendant ou après le dépôt de la craie a formé la cavité connue sous le nom de bassin de Paris, a opéré sans amener de matériaux de transport et de débris de terrains préexistants ; elle n'a laissé à la surface de la craie que les silex lavés, qui ont été empâtés dans les premiers dépôts calcaires. -3° Le dépôt du calcaire pisolitique n'a point suivi immédiatement et d'une manière continue celui de la craie blanche de Meudon ; il y a eu une interruption ; la craie s'est élevée ; une partie a été émergée, et le bassin de Paris est resté couvert par les eaux marines. Pendant cette période le bassin de Paris n'a point été le théâtre de*

⁴⁰⁵ *Ibid.*, p.393.

⁴⁰⁶ *Ibid.*, p.389.

bouleversements ou de courants violents. –4° Les eaux dans lesquelles s'est déposé le calcaire pisolitique contenait une faune qui se rapproche beaucoup plus de la faune du terrain crétacé supérieur que de celle du calcaire grossier. Les échantillons qui ont reçu des noms du calcaire grossier appartiennent à des espèces toutes différentes. –5° Le calcaire pisolitique a été émergé après son dépôt ; il en est résulté un lac où s'est déposée d'abord de la silice pure, à l'état de sable cristallin, puis un calcaire marneux, où se sont conservés des végétaux et des coquilles. –6° Une irruption violente a détruit le lac et emporté une grande partie du calcaire pisolitique, et alors ont commencé des dépôts marins sableux, où des courants d'eau douce... –7° Pendant la période de ces dépôts il s'est formé de petits lacs partiels... –8° Le sol du bassin de Paris, qui avait été constamment en s'élevant pendant toute la durée du dépôt des terrains jurassiques et crétacés, jusqu'au moment de l'irruption des sables de l'argile plastique, un certain laps de temps après le dépôt du calcaire pisolitique, cesse alors son mouvement ascensionnel pour obéir à un mouvement inverse et il s'enfonce graduellement sous les eaux pendant le dépôt des terrains tertiaires.⁴⁰⁷

On remarquera une fois encore que dans ce scénario tout ce qui se produit avant le dépôt de l'argile plastique semble se faire en douceur, ne justifiant donc pas de ligne de démarcation entre terrains secondaires et terrains tertiaires avant l'argile plastique. Cette période est marquée par une élévation progressive de la craie. Par contre tout ce qui se produit après le dépôt du calcaire pisolitique n'est qu'évènement catastrophique Puis la craie s'enfonce progressivement. L'inversion du mouvement justifie de placer là la limite entre terrains secondaires et terrains tertiaires.

Dans le résumé des observations faites lors de la réunion extraordinaire à Epernay du 23 septembre au 2 octobre 1849, il explique plus clairement pourquoi il considère que l'élévation s'est poursuivie pendant le dépôt du calcaire pisolitique. A Meudon où l'épaisseur du calcaire pisolitique, entre craie blanche et calcaire grossier, n'est que de deux mètres, le dépôt s'est effectué horizontalement sur la craie intacte⁴⁰⁸, tandis qu'ailleurs la craie avait été dénudée. *Il affectait la position suivante* (fig. 42).

⁴⁰⁷ *Ibid.*, p.407-408.

⁴⁰⁸ Ceci n'était pas l'avis de Ch. d'Orbigny et A. d'Archiac en 1836.

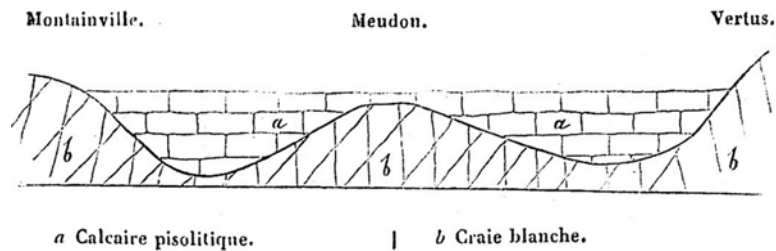


Figure 42 – Position du calcaire pisolithique dans le Bassin de Paris ; coupe Ouest-Est, par Hébert (1849).

*Le calcaire pisolitique a donc nivelé les inégalités de la craie [...] et si ce dépôt était resté immobile, nous trouverions immédiatement au-dessus de lui tous ceux qui se sont effectués successivement. Or l'observation montre immédiatement que le niveau du calcaire pisolitique avait changé considérablement lors du dépôt de l'assise qui lui a succédé dans le bassin de Paris.*⁴⁰⁹

D'autre part, le scénario concernant la craie blanche est plus précis et légèrement modifié : il s'est produit une émergence de la masse crayeuse, un durcissement de la surface par suite de l'action prolongée des agents atmosphériques (responsable de la craie dure à tubulures signalée par Ch. d'Orbigny et A. d'Archiac), un exhaussement à l'Est et un affaissement général du niveau de la craie émergée et enfin la formation de dépressions. Puis la craie, à surface ondulée, a été à nouveau envahie par la mer, mais pas partout, et alors a commencé le dépôt du calcaire pisolithique.

*Mais on voit qu'entre le commencement de ce dépôt et celui de la dernière couche de craie blanche il y a eu deux oscillations du sol, l'une ascendante, l'autre descendante, et un espace de temps considérable, auquel correspondent, à mon avis, les couches supérieures de Maëstricht et le calcaire à Baculites de Valognes.*⁴¹⁰

Voici un élément parfaitement nouveau ; Hébert ne rapproche plus vraiment le calcaire pisolithique de la craie de Maastricht, mais les décale dans le temps. Le calcaire pisolithique serait postérieur à la craie de Maastricht. Quel élément nouveau a-t-il à sa disposition ? Nous sommes en septembre 1849. A. d'Orbigny a quasiment terminé la description des fossiles du

⁴⁰⁹ HÉBERT E., 1849, *op. cit.*, p.723.

⁴¹⁰ *Ibid.*, p.722.

terrain danien puisqu'il présentera sa *Note sur les fossiles de l'étage danien* à la Société quelques mois après, le 21 janvier 1850. Nul doute qu'Hébert connaît déjà l'essentiel de son contenu et a modifié sa théorie en conséquence.

Dans tous les cas, le scénario d'Hébert insiste sur une période calme avant le dépôt du calcaire pisolithique et une période mouvementée après, qui, seule, est susceptible de marquer le début des terrains tertiaires. Mais les arguments géologiques ne vont pas tous dans ce sens. A. d'Archiac et Ch. d'Orbigny avaient démontré qu'à Meudon, il y avait un conglomérat signant la dégradation des roches antérieures, à la base du calcaire pisolithique comme de l'argile plastique. L'argument géologique montré ici manque donc de robustesse.

Ces arguments et scénarios concernent les terrains du calcaire pisolithique du bassin de Paris mais ne concernent pas le calcaire de Faxe. Il en est d'ailleurs rarement question mais, pour confirmer la corrélation établie par Desor, Charles d'Orbigny a précédemment confié des fossiles du calcaire pisolithique et du calcaire de Faxe à son frère, Alcide, paléontologue réputé.

Alcide Dessalines d'Orbigny (1802-1857)

Alcide d'Orbigny (fig. 43) est un cas un peu particulier du fait de son parcours scientifique, d'une part, et de ses théories, d'autre part. Reconnu pour ses travaux sur les *Céphalopodes polythalamés microscopiques* (les Foraminifères) lus à l'Académie des sciences en 1825, il est envoyé par le Muséum d'histoire naturelle en Amérique du Sud⁴¹¹. Naturaliste-voyageur du Muséum donc, son voyage durera sept ans et demi. Parti en juin 1826, il revient en janvier 1834 et en rapporte une collection considérable. Membre de la Société géologique de France dès son retour, il s'y montre d'abord peu actif, occupé par la publication de ses travaux sur son voyage en Amérique du Sud. À partir de 1840, beaucoup plus présent, il y fait la lecture de plusieurs mémoires sur la stratigraphie du Jurassique et du Crétacé, qui occuperont une place très importante dans les bulletins des années 1842 et 1843,



Figure 43 – Alcide Dessalines d'Orbigny (1802-1857). Lithographie d'après nature par Émile Lassalle, 1839.
Source [wikimedia.org/](https://commons.wikimedia.org/)

⁴¹¹ À l'instigation de Cuvier, Brongniart et Geoffroy Saint-Hilaire. In TAQUET P. (dir.), 2002, *Alcide d'Orbigny. Du Nouveau Monde... au passé du monde*, Paris, Nathan et MN p. 8.

années pendant lesquelles il est successivement vice-président et président de la Société. C'est aussi à partir de 1840 qu'il commence à publier sa *Paléontologie française*. Ces travaux conséquents recevront pourtant un accueil très partagé, certains se montrant très enthousiastes, d'autres au contraire très critiques. La part des observations, la création des étages du Crétacé et de la stratigraphie paléontologique qu'il va introduire, auront une grande influence mais pour la part théorique, il se trouve bien isolé. Rares sont ceux qui adhèrent à la fois au catastrophisme et au créationnisme dont il fait preuve dans ses travaux, leur faisant perdre d'ailleurs, à cette époque, une partie de leur crédit. Certains lui reprochent de faire cadrer ses déterminations avec sa théorie d'une création à chaque nouvel étage. D'autre part, suivant Élie de Beaumont, il pense qu'à chaque système de montagne soulevé, la faune existante disparaît suivie, après une période de repos, d'une nouvelle création. Il obtient à sa création en 1853, la chaire de paléontologie au Muséum. Cependant, par l'ampleur de ses travaux, il est actuellement considéré comme le fondateur de la paléontologie stratigraphique⁴¹².

Des résultats tant attendus

La description des fossiles du terrain danien, si attendue par l'ensemble de la Société, est longue à venir, car A. d'Orbigny s'est attaché à faire une étude approfondie et détaillée de l'ensemble des fossiles daniens que lui ont remis Ch. d'Orbigny et Hébert. Comme la plupart sont des empreintes ou des moules, il en a tout d'abord reconstitué les formes extérieures par des moulages. Grâce à cette technique originale, il a pu les comparer ensuite⁴¹³. Pour cette étude, il a probablement utilisé son hélicomètre, appareil qu'il a fabriqué pour mesurer les divers angles caractéristiques des coquilles⁴¹⁴ ; cependant, il donne très peu d'angles dans sa description des fossiles de l'étage danien (Annexe 14). Ce travail minutieux et méthodique lui a permis, dit-il, de montrer que, bien que les espèces du terrain danien aient été rapportées, « *d'après de fausses déterminations de fossiles qui ont été faites*⁴¹⁵, *aux terrains tertiaires, [...] aucune n'est, comme on l'avait pensé, identique avec les fossiles du calcaire grossier du bassin de Paris, [...] ; toutes ces espèces sont totalement distinctes, et ne sont pas réellement tertiaires* »⁴¹⁶ mais la plupart

⁴¹² GAUDANT J., 1982, « Actualisme, antiprogressionnisme, catastrophisme et créationnisme dans l'œuvre d'Alcide d'Orbigny (1802-1857) ». *Travaux du COFRHIGEO*, 1^{ère} série, n° 46, 7 p.

⁴¹³ ORBIGNY A. d', 1850c, « Note sur les fossiles de l'étage danien », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 7, p. 126-135.

⁴¹⁴ Voir ch.III-2.2 ; fig. 50.

⁴¹⁵ Il écrit dans l'introduction de sa note p. 126 : « Cette position [du Danien], reconnue par tous... aurait sans doute décidé la question, si M. Charles d'Orbigny n'avait été trompé par les fausses déterminations qui lui avaient été fournies ». Il exonère ainsi son frère de l'erreur tout en chargeant celui qui aurait fait les déterminations, A. d'Archiac peut-être, Deshayes certainement, conchyliologiste le plus réputé de l'époque et donc son concurrent direct. *In ibid.*, p. 126.

⁴¹⁶ *Ibid.*, p. 126 et 134.

sont des espèces nouvelles. Il résume de la façon suivante ses conclusions sur 66 espèces étudiées, y compris celles de Faxe :

Espèces communes aux étages sénonien et danien..	....	.....4
Espèces communes entre la France et la Suède.....		4
Espèces spéciales à la Suède		8
Espèces spéciales à la France		53
	—	
Total des espèces spéciales à l'étage danien	62	62
		—
Total égal à l'ensemble .....	....	66

On y trouve des genres jusqu'ici caractéristiques du Crétacé (*Belemnitella*, *Baculites*, *Rhynchonella* etc) et même trois espèces du sénonien (nom qu'il a donné à l'étage de la craie blanche) et une propre à Maastricht. Parmi ces 4 espèces crétacées, deux d'entre elles, *Belemnitella mucronata* et *Baculites faujasii*, n'ont été trouvées qu'à Faxe⁴¹⁷. Ainsi, pour A. d'Orbigny, « considérées comme faune, toutes les espèces constituent, au contraire, un facies purement crétacé ».

De ce fait, la position d'A. d'Orbigny est claire : l'étage danien est crétacé. Aucune discussion ne semble avoir suivi la lecture de cette note. Un consensus sur la position crétacée du terrain danien semble donc trouvé. C'est l'opinion de la plupart des géologues, Hébert, A. et Ch. d'Orbigny, Deshayes et bien sûr, Élie de Beaumont, Dufrénoy, Graves pour ne citer que ceux qui ont pris une part très active dans les recherches et les débats. Pourtant quelques oppositions demeurent.

Des oppositions fortes

A la Société géologique de France, il s'agit surtout du marquis de Roys (1791-1881) et A. d'Archiac. Le marquis de Roys considère, comme A. d'Archiac d'ailleurs, que « l'étage sénonien a été profondément sillonné avant le dépôt du calcaire pisolitique, ce qui constate l'existence d'un grand cataclysme postérieur au dépôt de la craie blanche »⁴¹⁸. Les arguments principaux en faveur de cette opposition sont le caractère très creusé, fissuré de la surface de la

⁴¹⁷ Ce sont d'ailleurs ces deux espèces qui ont largement contribué à l'attribution du calcaire de Faxe au crétacé par Lyell en 1835. Voir ch.I-3.3 et I-4.

⁴¹⁸ ROYS marquis DE, 1852, « Lettre sur le calcaire pisolitique de la Fonderie, commune de Villecerf (Seine et Marne) », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 9, p. 565.

craie et la présence de galets de craie et de silex de la craie, empâtés dans la base du calcaire pisolithique, cependant ces arguments ne suffisent pas à Hébert.

Quant à A. d'Archiac, celui-ci fait dans son *Histoire des progrès de la géologie* en 1851, un véritable réquisitoire contre l'attribution crétacée du calcaire pisolithique bien qu'il en discute la position dans le tome 4 concernant la *Formation crétacée* (partie « craie blanche et craie tuffeau »). En se référant aux dires d'Hébert (1849), il rappelle que :

*La superposition du calcaire pisolithique à la craie blanche n'est donc pas seulement discontinue, comme nous l'avons dit, mais elle est encore transgressive, peut-être même discordante, et le dépôt ne s'est effectué qu'après une émergence complète, une dénudation de la surface et le retour de la mer, [...]. Ainsi il y a eu au moins trois phénomènes qui ont séparé ces sédiments de ceux de la craie.*⁴¹⁹

Ces caractères stratigraphiques indiquent nettement une discontinuité entre craie et calcaire pisolithique et sont renforcés par les caractères *pétrographiques*, la craie étant toujours d'aspect et de minéralogie très différente du calcaire, et ceci quel que soit le lieu d'observation. Et enfin, les caractères paléontologiques mis en avant par Hébert et A. d'Orbigny, à savoir *la non-identité* des fossiles avec des espèces tertiaires, ne permettent pas, pour A. d'Archiac, un *parallélisme qui n'existe pas*. En effet, il remet en cause la corrélation avec la craie de Maastricht et le calcaire de Faxe dans la mesure où A. d'Orbigny a utilisé pour prouver le faciès purement crétacé de la faune des terrains daniens, trois genres (*Belemnitella*, *Baculites*, *Rhynchonella*, etc.) que l'on n'a encore jamais trouvé dans le calcaire pisolithique du bassin de Paris alors qu'ils se trouvent à Maastricht et Faxe. Il remet en cause aussi, au moins partiellement les déterminations d'A. d'Orbigny :

En outre, l'Ostrea canaliculata, d'Orb., ou lateralis, Nils., signalée dans la craie de Royan et dans tant d'autres localités d'un niveau parallèle ou inférieur, nous a paru ne pouvoir être séparée d'une Huître assez commune dans la formation nummulitique des Pyrénées. Le Fusus Neptuni, d'Orb., que nous avons cherché en vain dans la Paléontologie française, et qui, dans le Prodrome de paléontologie universelle, se trouve indiqué sous deux noms (F. Nereis, dans l'étage sénonien de l'auteur, et F. Neptuni, dans son étage daniens), nous est inconnu et est sans doute encore à l'état de moule. Cette espèce, ni figurée ni décrite, car la phrase de

⁴¹⁹ ARCHIAC A. d', 1851, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1850*, Paris, Au lieu des séances de la Société, tome 4, p. 242-243.

*l'auteur n'est pas une description, serait la seule d'une certaine importance, puisque c'est la seule qui rattache le calcaire pisolithique à la craie de France.*⁴²⁰

A. d'Archiac est très sévère avec A. d'Orbigny lui reprochant comme l'avait fait Philippe Matheron (1807-1899) en 1842,⁴²¹ d'attribuer deux noms différents à la même espèce selon l'étage dans lequel elle se trouve. Et quand il s'agit de la seule espèce commune entre le calcaire pisolithique et la craie, cela devient grave et enlève toute crédibilité à la paléontologie d'A. d'Orbigny pour donner un âge aux terrains. Quant à la corrélation avec le calcaire de Faxe, elle ne repose que sur deux espèces, *Nautilus danicus*, Schloth., et le *Cidaris Forchhammeri*. Et de conclure que sur 54 espèces du calcaire pisolithique, une seule se trouverait dans la craie de Royan, deux dans le calcaire de Faxe et aucune dans la *craie supérieure de Maestricht avec laquelle on l'a si souvent comparé*. Comme aucun genre de la craie n'a été trouvé dans le calcaire pisolithique A. d'Archiac juge que sa faune présente « un *facies* beaucoup plus *tertiaire* que *crétacé*. » Ainsi, pour toutes ces raisons – stratigraphiques, pétrographiques et paléontologiques – A. d'Archiac rejette le parallélisme du calcaire pisolithique avec la craie supérieure de Maastricht. De la même façon, il doute de celui avec le calcaire de Faxe qui ne repose que sur deux espèces fossiles, et affirme qu'il faudra discuter de la valeur du terme « terrain danien », « *adopté par quelques personnes, sans plus de réflexion qu'on n'en avait mis à la proposer.* »

Qu'est-ce donc qu'un parallélisme qui n'est pas encore établi ni sur la stratification, ni sur les caractères pétrographiques, ni sur les fossiles ? C'est tout au moins une conclusion très prématurée et qui n'a pour elle aucune des lois de l'analogie que l'on invoque en pareil cas. La question ramenée à ces termes, les seuls vrais quant à présent, n'est donc pas résolue, en repoussant encore ici le synchronisme du calcaire pisolithique avec la craie supérieure de Belgique, il nous reste à examiner ses rapports avec la craie des bords de la Baltique ; c'est ce que nous ferons lorsque nous aurons étudié cette dernière, et que nous aurons aussi

⁴²⁰ ARCHIAC A. d', 1851, *op. cit.*, p. 243-244.

⁴²¹ Voir plus loin ch.II-4. Philippe Matheron, chargé de cours de paléontologie à l'Université de Marseille, ingénieur et agent-voyer en chef à Marseille, considéré comme le père de la géologie provençale, a publié notamment en 1839 un *Essai sur la constitution géognostique des Bouches du Rhône* accompagné d'une carte géologique du département des Bouches du Rhône. Il a découvert deux espèces de dinosaure et a été le premier à en décrire des œufs. Il est secrétaire de la réunion extraordinaire de la Société géologique de France, présidée par Coquand, à Aix en 1842. <http://mdp.cerege.fr/matheron.php> consulté le 10 novembre 2011.

*discuté la valeur de cette épithète de terrain danien, adoptée par quelques personnes, sans plus de réflexion qu'on n'en avait mis à la proposer.*⁴²²

Par conséquent, pour A. d'Archiac, aucun argument convaincant ne permet de corréler le calcaire pisolithique avec la craie supérieure de Maastricht ni même avec le calcaire de Faxe.

Dans le même temps, en-dehors de France, Lyell examine la question des terrains sis entre les terrains crétacés et tertiaires, et semble considérer les choses différemment. En effet, la différence des faunes fossiles est telle entre celle des plus jeunes couches crétacées et celle des plus anciennes couches tertiaires, que Lyell présume qu'il y a une immense lacune dans le registre fossile, d'une période aussi longue que la période tertiaire elle-même⁴²³. Ceci implique, pour Lyell, que l'on trouvera une longue série de terrains intermédiaires dont les faunes, entre celle de Maastricht et Faxe d'une part, et celle de l'Éocène inférieur d'autre part, présenteront des mélanges d'espèces nouvelles avec des espèces crétacées ou tertiaires. C'est pour cette raison qu'il crée en 1851, un nouveau système « intermédiaire entre l'Éocène et le Crétacé »⁴²⁴ dans lequel il range tous les terrains entre la craie de Maastricht et l'Éocène inférieur en se fondant sur la nomenclature utilisée par Dumont en 1851, dans sa carte de Belgique. Plutôt que de rapporter les nouveaux terrains intermédiaires systématiquement et exclusivement aux terrains crétacés ou aux terrains tertiaires, il conviendrait de les ranger dans ce nouveau système intermédiaire. Celui-ci comprendrait donc d'une part, le Landénien inférieur que Dumont place dans le Tertiaire, c'est-à-dire la glauconite et le tufeau de Lincent, d'autre part le Héersien que Dumont suppose crétacé⁴²⁵, c'est-à-dire les argiles et glauconite de Heers, tous deux manquant en Angleterre et sans équivalent en France, à ce moment, (fig. 44) auxquels il faut ajouter *le calcaire pisolithique de France*.⁴²⁶

Deux faits remarquables s'imposent ici : le premier est que Lyell corréle, comme en 1835, le calcaire de Faxe et la craie de Maastricht, laissant ainsi le calcaire de Faxe dans le Crétacé ; le deuxième est la position du calcaire pisolithique dans son nouveau système intermédiaire entre Crétacé et Tertiaire. Ceci implique qu'il sépare le calcaire de Faxe du calcaire pisolithique et réfute, en conséquence, la corrélation faite par Desor en 1846, rejoignant par-là A. d'Archiac.

⁴²² ARCHIAC A. d', 1851, *op. cit.*, p. 245.

⁴²³ LYELL Ch., 1833b, *op. cit.*, p.168.

⁴²⁴ « *Intermediate between Eocene and Cretaceous* ». In LYELL Ch., 1852, « On the Tertiary Strata of Belgium and French Flanders. Part II. The Lower Tertiaries of Belgium », *Proceed. of geol. Soc. of London*, vol. VIII, p. 279.

⁴²⁵ LYELL Ch., 1852. *op. cit.*, p. 370.

⁴²⁶ *Ibid.*, p. 367.

TABLE I.
Synoptical Table of Tertiary Formations of Belgium and French Flanders.*

	Names adopted in this Memoir.	Nomenclature used by M. Dumont in his Map of Belgium.	British equivalents.	French equivalents.	Periods.
E. 1. ..	Laeken Beds, or Upper Nummulitic (<i>Nummulites variolaris</i>).	S. Laekienien...	Barton Clay	Sables moyens ou Grès de Beauchamp.	Middle (or Nummulitic) Eocene.
E. 2. ..	Brussels Beds, or Middle Nummulitic (<i>Nummulites laevigatus</i>).	S. Bruxellien...	Bagshot and Bracklesham Beds.	Calcaire grossier.	
E. 3. ..	Lower Nummulitic Beds (<i>Nummulites planulatus</i>).	S. Panisielien?, and S. Ypresien, étage supérieur.		Sables Soissonnais, partie supérieure.	
F. 1. ..	London Clay	S. Ypresien, étage inférieur.	London Clay proper.	Wanting.....	Lower Eocene.
F. 2. ..	Plastic Clay and Sands ..	S. Landenien supérieur.	Lower London Tertiaries.	Lignite Soissonnais.	
G.	Glauconite and Tufeau of Lincent.	S. Landenien inférieur.	Wanting.		Intermediate between Eocene and Cretaceous.
H.	Marls and Glauconite of Heers.	S. Héersien	Wanting.		
I.	Maestricht Chalk.....	Calcaire de Maestricht.	Wanting.		Cretaceous.

Figure 44 – Extrait du tableau synoptique des formations tertiaires de Belgique et des Flandres françaises.

In Lyell Ch., 1852, p. 279.

Ces formations tertiaires sont présentées avec leurs équivalents en Angleterre et en France.

Mais Hébert ne l'entend pas ainsi.

De nouvelles découvertes par Hébert

Devant les incertitudes ou contestations de *MM. Lyell, d'Archiac, de Roys, etc.*,⁴²⁷ Hébert estime indispensable de faire de nouvelles investigations pour étayer une fois de plus, ses affirmations. Ses résultats, appuyés sur les faits stratigraphiques et paléontologiques, confirme, *avec une certitude complète*, le rattachement du calcaire pisolithique aux *assises supérieures du terrain crétacé*.

Du point de vue stratigraphique, bien qu'il reconnaisse une discordance de stratification entre la craie blanche et le calcaire pisolithique, il envisage encore une fois, *des mouvements lents et de peu d'intensité* au cours de leurs dépôts. Mais, après, craie blanche et calcaire pisolithique ont subi, ensemble, une *ascension et une érosion considérables* avant le dépôt de l'argile plastique, ascension et érosion caractérisées par un conglomérat⁴²⁸. Il « *insiste sur ce que ce*

⁴²⁷ HÉBERT E., 1853, « Recherches sur la craie supérieure de l'Europe », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 10, p.178.

⁴²⁸ Hébert appellera ce conglomérat contenant des blocs de calcaire pisolithique, le conglomérat de Meudon. *In* HÉBERT E., 1854, « Observations sur l'argile plastique et les assises qui l'accompagnent dans la partie méridionale

*sont ces ravinements qui, sous le rapport stratigraphique, marquent, dans le bassin de Paris, la limite entre le terrain tertiaire et le terrain crétacé ».*⁴²⁹

La nouveauté est paléontologique : de nouvelles espèces ont été découvertes dans le calcaire pisolithique ; « *aujourd'hui, sur 103 espèces du calcaire pisolitique appartenant aux Céphalopodes, aux Gastéropodes et aux Acéphalés lamellibranches, [...] 35 [...] appartiennent à des dépôts crétacés d'autres contrées* »⁴³⁰ comme par exemple le *Pecten quadricostatus* et *Nautilus De-Kayi* Morton, etc. mais aucune espèce tertiaire. Enfin et peut-être surtout, il a trouvé à Maastricht au-dessus des carrières, donc très haut dans la falaise, des *bancs de calcaire compacte* très ressemblant au calcaire pisolithique, tant du point de vue minéralogique que du point de vue paléontologique – il contient plusieurs espèces fossiles du calcaire pisolithique⁴³¹. Aussi, Hébert considère-t-il ces assises supérieures de la craie de Maastricht comme *l'équivalent exact* du calcaire pisolithique. Dans le même temps, il souligne que ces assises supérieures avaient déjà été signalées « *et l'on avait cru avoir affaire à des assises tertiaires.* »⁴³² A. d'Archiac suppose d'ailleurs qu'il s'agit des couches décrites en 1829 par William Henry Fitton (1780-1861) et rapportées au terrain tertiaire.⁴³³ Cependant, pour Hébert, aucun doute, ces assises supérieures de Maastricht sont nécessairement crétacées comme le reste de la craie de Maastricht. Il n'y a pour lui aucune raison de distinguer les deux.

*Sa position ne permet pas de le séparer du reste de la craie supérieure : il forme généralement le ciel des carrières, mais il est recouvert par la craie jaune sableuse, épaisse de plus de 10 mètres, et parfaitement semblable à celle que l'on exploite au-dessous, quoiqu'il y ait une certaine différence sous le rapport des débris organiques qu'on y rencontre.*⁴³⁴

du bassin de Paris, et sur leur relation avec les couches tertiaires du Nord », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 11, p. 425.

⁴²⁹ HÉBERT E., 1853, *op. cit.*, p.179.

⁴³⁰ *Ibid.* p. 179.

⁴³¹ Parmi ces espèces, Hébert cite la *Corbis sublamellosa*, d'Orb., qui, toujours selon lui, avait été confondue avec la *C. lamellosa* du calcaire grossier. In HÉBERT E., 1852, « Note sur la limite qui sépare le terrain crétacé du terrain tertiaire », *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 35, p. 863. Il est étrange de voir que cette *Corbis sublamellosa* du calcaire pisolithique a été décrite par Alcide d'Orbigny (d'Orb.) et qu'il la distingue d'une espèce tertiaire avec laquelle elle avait été confondue jusque-là. A. d'Orbigny a-t-il fait ici aussi, ce qui lui a été déjà reproché, à savoir faire d'une seule espèce deux espèces différentes selon l'étage auquel elle appartient ? Si tel était le cas, ce serait donc une espèce tertiaire présente dans le calcaire pisolithique. Or il soutient, et beaucoup d'autres avec lui qu'il n'y en a aucune, raison pour laquelle le calcaire pisolithique ne peut pas être tertiaire.

⁴³² HÉBERT E., 1853, *op. cit.*, p. 180.

⁴³³ ARCHIAC A. d', 1853b, « Remarques sur les recherches sur la craie par M. Hébert », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 10, p. 186.

⁴³⁴ HÉBERT E., 1852, *op. cit.*, p. 863.

Même s'il y a des changements paléontologiques notables dans le haut de la falaise et qu'il y a des bancs de calcaire compact plutôt que de la craie, Hébert en fait un tout indissociable.

Curieusement, il corrèle le calcaire pisolithique et les assises supérieures de la craie de Maastricht or, tous deux, ont été décrits indépendamment, comme tertiaires dans les années 1830.

A. d'Archiac prend note de l'existence de fossiles du calcaire pisolithique dans la partie supérieure de la craie jaune mais n'est toujours pas d'accord sur l'interprétation de la faune du calcaire pisolithique. Il persiste dans l'opinion que « *la faune du calcaire pisolitique offre encore dans l'ensemble de ses formes un facies beaucoup plus tertiaire que créacé* »⁴³⁵ et cite à l'appui, tous les genres créacés qui ne sont pas présents dans l'étage danien et le peu de genres créacés présents comparativement à toutes les autres espèces. « *Il ne suffit pas, en effet, pour justifier l'expression de facies créacé, que les espèces soient toutes différentes des espèces tertiaires inférieures* »⁴³⁶. A. d'Archiac estime les arguments pour en faire une faune de facies créacé insuffisants et juge que ce facies pourrait être considéré comme un intermédiaire, un degré traduisant des modifications continues des organismes et des faunes dans les couches successives.

*La cause de ce phénomène constant, quelle qu'elle soit, doit être regardée comme le résultat d'une loi indépendante des perturbations plus ou moins profondes qui, à certains moments et sur certains points, ont pu produire aussi de brusques changements dans l'organisme. La faune du calcaire pisolitique ne serait rien autre qu'un de ces degrés que la nature semble avoir placés pour préparer le passage d'une formation à une autre comme entre les divers étages d'une même formation.*⁴³⁷

Pour convaincre A. d'Archiac, Hébert ajoute quelques faits : l'absence des céphalopodes est liée à des *circonstances purement physiques*, ils n'ont pas disparu ; certains des genres d'Oursins cités par A. d'Archiac ont été trouvés depuis dans le calcaire pisolithique, ainsi que d'autres espèces, etc. Mais, peine perdue, A. d'Archiac réitère ce qu'il a déjà dit, à savoir « *que prise dans son ensemble, la dernière faune créacée [celle du calcaire pisolitique] a un facies plutôt tertiaire que secondaire, et qu'elle est en cela d'accord avec la modification générale et*

⁴³⁵ ARCHIAC A. d', 1853b, *op. cit.*, p. 181.

⁴³⁶ *Ibid.*, p. 182.

⁴³⁷ *Ibid.*, p. 182-183.

*successive des formes organiques dans le temps ; [...] ».*⁴³⁸ La question pour A. d'Archiac n'est plus semble-t-il une question d'appartenance du calcaire pisolithique au terrain crétacé ou au terrain tertiaire mais bien plutôt une question de la place de ce calcaire dans une série continue qu'il suppose exister rejoignant la position uniformitarienne de Lyell.

Le débat à la Société géologique de France, lors de la séance du 20 décembre 1852, est donc particulièrement long et vif. De nombreuses interventions montrent l'importance du sujet et l'implication de nombre de géologues. Édouard de Verneuil (1805-1873) fera la synthèse des interventions de A. d'Archiac en précisant que le calcaire pisolithique a une faune spéciale *qui se rapproche déjà de celle du terrain tertiaire, mais que les types principaux du terrain crétacé ont disparu*. Dans cette optique, il est difficile de considérer une limite entre les terrains.

Cependant, alors que la position d'A. d'Archiac semblait bien arrêtée lors de la séance, il nuance son propos en 1853 et se range aux vues d'Hébert, du fait des nouvelles observations apportées par celui-ci à la séance du 20 décembre 1852. En effet, après avoir à nouveau récusé la corrélation du calcaire pisolithique avec le calcaire de Faxe, il précise que :

*[...] si, depuis lors, quelques observations ont permis de placer au même niveau les dernières assises de la craie de Maestricht et le calcaire pisolithique, il ne nous est pas démontré, [...], qu'il en soit de même du calcaire de Faxøe proprement dit, lequel renferme encore des Ammonites, des Baculites et des Bélemnites [...]*⁴³⁹

En conséquence, A. d'Archiac rejette la corrélation du calcaire pisolithique avec le calcaire de Faxe comme avec l'ensemble de la craie de Maastricht. Par contre, il en accepte la corrélation avec le banc calcaire compact des assises supérieures de la craie de Maastricht. Il accepte aussi de rassembler l'ensemble des terrains au-dessus de la craie blanche (dans les bassins de la Meuse et de la Seine, et sur les bords de la Baltique) en un étage nommé « craie supérieure » et constituant *le premier étage du premier groupe de la formation crétacée*. Les différences observées entre les différents lieux *ne seraient que le résultat d'influences locales plus ou moins limitées*.⁴⁴⁰ Cet étage de la craie supérieure préparerait une nouvelle période géologique avec l'apparition d'une nouvelle faune.

⁴³⁸ *Ibid.*, p. 184.

⁴³⁹ ARCHIAC A. d', 1853a, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1850*, Paris, Au lieu des séances de la Société, tome 5, Formation crétacée, 2^{ème} partie, p. 183.

⁴⁴⁰ *Ibid.*, p. 183.

*A partir de l'horizon de la craie blanche, nettement établi dans le nord de la France comme dans les Pays-Bas et les régions baltiques, et en n'attribuant à ces faits locaux que l'importance qu'ils ont réellement dans l'ensemble de la formation, nous ne pouvons voir autre chose ici qu'un exemple de ces modifications observées partout dans les derniers sédiments des grandes périodes géologiques, modifications qui préparent pour ainsi dire l'apparition d'une faune nouvelle.*⁴⁴¹

Il semble donc qu'A. d'Archiac considère les modifications qui ont lieu progressivement au cours de l'étage de la craie supérieure comme une étape intermédiaire entre les deux grandes périodes géologiques que sont les époques secondaire et tertiaire.

Les années suivantes n'apporteront pas d'éléments nouveaux et cristalliseront les interprétations telles qu'elles ont été établies par Hébert qui, avec persévérance (obstination ?), continue à explorer les terrains à la limite de la craie et des terrains tertiaires.

En 1854, il donne une interprétation de l'aspect de la base du calcaire pisolithique et de la surface de la craie, qui, d'après lui, seraient creusés, après leur formation, sous le calcaire pisolithique, par les battements de la mer : « *Dénudé par-dessus, excavé en dessous, les débris de la dénudation se sont accumulés en dessous et en dessus sans qu'il s'affaissât* »⁴⁴² (fig. 45). Là encore, un scénario bien compliqué – est-il plausible ? – est nécessaire pour expliquer les faits constatés en divers endroits. Il faut croire que l'argument paléontologique est bien faible pour qu'il juge nécessaire de proposer un tel scénario. Le problème pour Hébert est, ici, de justifier que le cataclysme qui marque la limite entre les terrains crétacés et tertiaires, est postérieur au calcaire pisolithique. De plus, ce scénario étrange qui pourrait nous paraître incroyable, présente deux immenses avantages pour Hébert : le premier est qu'il explique (tant bien que mal) l'aspect de la surface de la craie à la base du calcaire pisolithique et le deuxième est qu'il récuse la dénudation de la craie avant le dépôt de ce même calcaire. Ceci a pour corollaire un dépôt continu, de la craie au calcaire pisolithique, d'une part, et que la différence lithologique est, quant à elle, liée à un abaissement du niveau marin, d'autre part. Ainsi, le scénario d'Hébert corrobore les interprétations fournies par Élie de Beaumont dès 1836 : après le dépôt de la craie en milieu pélagique, le niveau marin s'abaisse et se déposent dans des mers

⁴⁴¹ *Ibid.*, p. 183.

⁴⁴² HÉBERT E., 1854, *op. cit.*, p. 428.

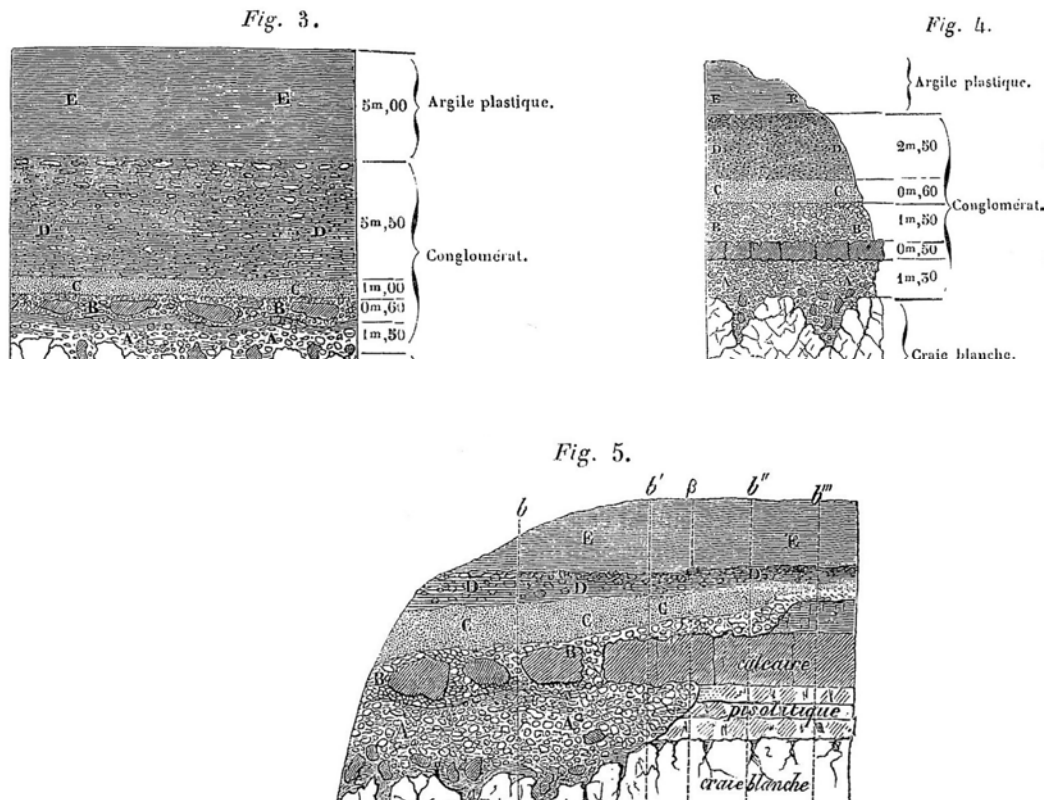


Figure 45 – Schémas de Hébert (1854) montrant l’excavation progressive du calcaire pisolithique.

« Sur la coupe idéale de la *fig. 5*, la première coupe réelle de Bougival où BB renferme de gros blocs de calcaire pisolitique parfois de plus de un mètre cube (*fig. 3*) s’obtiendra par une section suivant *a b*, la seconde coupe de la carrière en face où on observe entre AA et BB un banc parfaitement régulier et horizontal de calcaire pisolitique (*fig. 4*) par une section suivant *a’b’*, la coupe du chemin de la Princesse par la section *a’’b’’*, celle de Meudon par *a’’’b’’’*. A Port-Marly, à l’ouest, la coupe sera fidèlement représentée par $\alpha\beta$. »

peu profondes des concrétions calcaires, à savoir le calcaire pisolithique. Puis le soulèvement des Pyrénées provoque l’émersion etc.

D’ailleurs Hébert peine à convaincre. En effet, lors de la réunion extraordinaire de la Société géologique de France qui se tient à Paris du 2 au 10 septembre 1855, au cours de la première visite à Meudon, Ch. d’Orbigny montre son désaccord avec l’interprétation par Hébert des différentes couches entre la craie et l’argile plastique. L’interprétation d’Hébert tend à montrer qu’il n’y a pas eu de cataclisme avant le dépôt du calcaire pisolithique, celle de Ch. d’Orbigny indique par l’observation d’un conglomérat bréchiq ue juste à la surface de la craie, que celle-ci a été profondément remaniée avant le dépôt du calcaire pisolithique démontrant ainsi une dénudation de la craie. La visite de la carrière de Vigny sera l’occasion de faire le bilan sur les données paléontologiques et sur les avis divergents d’Hébert, Élie de Beaumont, Graves, A. et

Ch. d'Orbigny d'un côté et d'A. d'Archiac (jusqu'en 1851) de l'autre. Cependant, même si celui-ci accepte « officiellement » l'interprétation d'Hébert en 1853, il demeure réticent.

3. L'étage danien crétacé, mais sans intime conviction

Malgré les affirmations d'Hébert lors de la réunion extraordinaire de 1855, des doutes sur la place à donner au calcaire pisolithique subsistent : en effet, il semble acquis que le calcaire pisolithique est l'équivalent des « assises supérieures » de la craie de Maastricht mais faut-il attribuer ces terrains au Crétacé ou au Tertiaire ? Ce questionnement n'est jamais ouvertement exprimé mais se retrouve dans des schémas ou tableaux notamment.

Le tableau des terrains par Ch. d'orbigny (1857), interrogatif

Ainsi, Ch. d'Orbigny et Charles Léger produisent, en 1857, une *Coupe figurative de la structure de l'écorce terrestre* (fig. 46) dans laquelle ils placent le « Terrain de calcaire pisolithique »

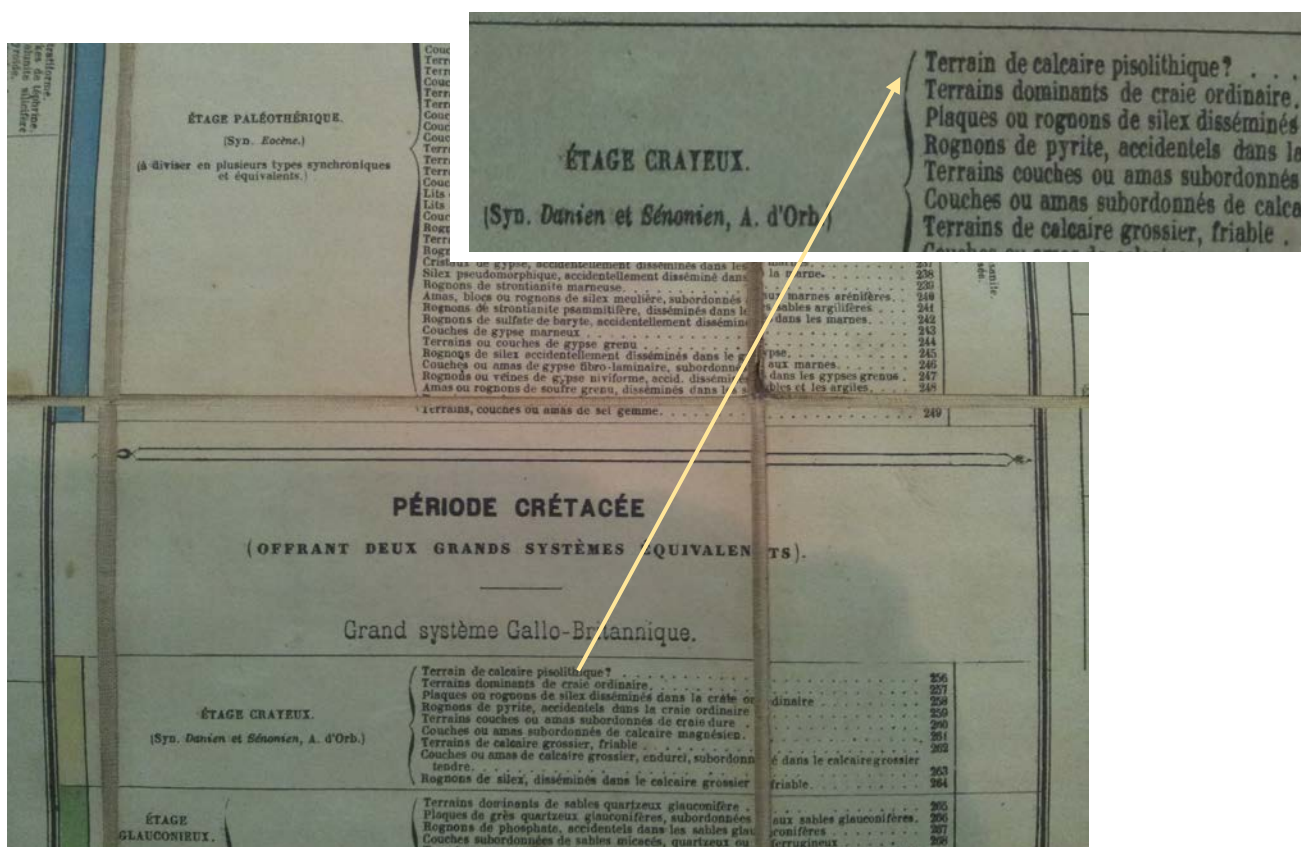


Figure 46 – Extrait de la *Coupe figurative de la structure de l'écorce terrestre* par Charles d'Orbigny et Charles Léger (1857). Source : SGF. Cliché F. Dreyer

Le terrain le plus récent de la période crétacée est le « Terrain de calcaire pisolithique » à côté duquel est inséré un point d'interrogation indiquant l'incertitude des auteurs quant à l'attribution tertiaire ou crétacée de ce terrain.

certes comme le plus récent des terrains crétacés ou étage crayeux (syn. Danien et Sénonien, A. d'Orb.) mais figure en face de ce nom un « ? », point d'interrogation qui montre leur incertitude quant à la position de ce terrain. Nous sommes en 1857, le frère de Charles d'Orbigny, Alcide, défenseur de la position crétacée du terrain pisolithique et qui a déterminé les fossiles daniens, est mort le 30 juin de la même année. Un hasard ?

Le plus inattendu vient du Danemark.

En effet, dans le cours de Forchhammer à l'École polytechnique de Copenhague, au printemps 1859, l'étudiant E. Henckel accompagne ses notes d'une coupe des terrains (fig. 47 et 48).

Dans les notes manuscrites, la formation la plus récente des *Kridtformationen* ou formations de la craie, est « *Det nyere Kridt el. Terrain danien* » (la craie la plus jeune ou Terrain danien – en français dans le texte). *Det nyere Kridt* très développée au Danemark et dans le sud de la Scandinavie, manque totalement en Angleterre, mais on la trouve en Belgique près d'Aachen⁴⁴³ et en France sous le nom de *calcaire pisolitique* où elle apparaît entre la craie blanche et les terrains tertiaires.⁴⁴⁴ Par conséquent, dans le cours de Forchhammer, le terrain danien et le calcaire pisolitique sont clairement crétacés. Cependant la coupe donnée, associée au cours, les positionne tout aussi clairement à la base des terrains tertiaires avec une nette discordance entre craie et calcaire pisolitique.

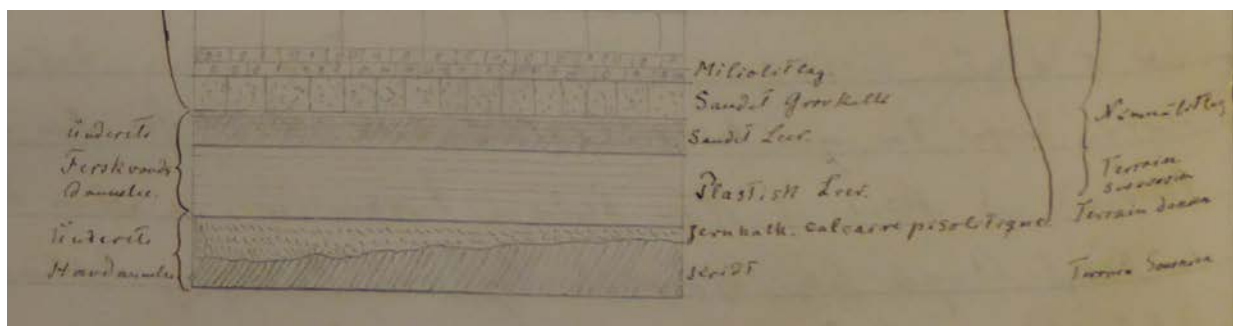


Figure 47 – Extrait de la coupe des terrains tertiaires et de leur contact avec la craie. Cours de géognosie de Forchhammer à l'École polytechnique de Copenhague (1859). Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Légende :

Formations d'eau douce inférieures	Couche à miliolites
Formations marines inférieures	Calcaire grossier sableux
	Marne sableuse
	Argile plastique
	Calcaire ferreux (glauconie)-calcaire pisolitique
	Craie

⁴⁴³ Il s'agit probablement de Maastricht.

⁴⁴⁴ Cours de géognosie de Forchhammer à l'École polytechnique de Copenhague. Notes prises par E. Henckel au printemps 1859, p. 148 et 151 du cours.

Le moins convaincu, A. d'Archiac

Le plus incertain et le plus explicite est sans aucun doute A. d'Archiac dans son Rapport à l'Empereur en 1868⁴⁴⁵. Un court paragraphe du chapitre « craie » concerne le calcaire pisolithique dont la faune, dit-il, est encore à décrire.

*Nous signalerons seulement, d'après M. P. Gervais, dans les calcaires du mont Aimé près de Vertus (Marne), le Gavialis macrorhynchus, seul crocodilien secondaire trouvé en France qui présente des vertèbres concavo-convexes comme celles des espèces tertiaires ou plus récentes. La même localité a fourni des restes de poissons du genre Pycnodus (Palæobalistum Ponsarti, Heck.) et le Lates Heberti, Gerv. Cette faune n'a point d'ailleurs acquis un caractère secondaire bien prononcé, et il ne serait pas impossible que de nouvelles découvertes, comme celles des environs de Mons, ne vinssent modifier l'opinion qu'on s'est faite à son égard.*⁴⁴⁶

Ainsi donc, en 1868, A. d'Archiac rappelle la présence, dans le calcaire pisolithique, de fossiles d'allure plutôt tertiaire et considère cette position crétacée incertaine. De fait, depuis leur découverte, la position de ces terrains pose problème et reste encore incertaine dans les années 1860. Pourquoi donc cette attribution a-t-elle posé problème et été si âprement discutée ?

4. Théories de la Terre contre observation

Plusieurs obstacles ont concouru à la difficulté d'un consensus : des obstacles idéologiques et l'influence des hommes, l'opposition géologie et zoologie au début des années 1830 et l'absence de critères d'appartenance bien définis.

Les obstacles idéologiques sont présents en France comme au Danemark, mais sur des bases épistémologiques différentes : la théorie des soulèvements d'Élie de Beaumont soutenu par les institutionnels comme Dufrenoy et Hébert ; les 5 créations de Deshayes ; le catastrophisme d'A. d'Orbigny ; l'impossibilité pour Lyell en 1835 de penser le calcaire de Faxe, avec baculites et

⁴⁴⁵ A. d'Archiac établit un rapport sur la paléontologie de la France alors qu'Élie de Beaumont présente un rapport sur la stratigraphie, rapport essentiellement consacré aux relations géométriques liées aux systèmes de montagnes. In GOHAU G., 2009, « Le Rapport sur les progrès de la stratigraphie d'Élie de Beaumont », in BARBIN E., GODET J.-L. et STENGER G. 2009, *1867, l'année de tous les Rapports. Les lettres et les sciences à la fin du Second Empire*, Paris, Du Temps Eds., p. 211.

⁴⁴⁶ ARCHIAC A. d', 1868, *Recueil de rapports sur les progrès des lettres et des sciences en France. Paléontologie de la France*, Paris, Imprimerie Impériale, p. 183.

bélemnites, comme tertiaire ou comme un intermédiaire (impossibilité favorisée par l'erreur de Forchhammer sur Møn).

Le premier obstacle est donc conceptuel : la théorie des soulèvements d'Élie de Beaumont le conduit à imposer la base de l'argile plastique comme marquant le début de la période tertiaire.

En effet, en 1829, Élie de Beaumont dans ses *Recherches sur quelques-unes des Révolutions de la surface du globe, présentant différens exemples de coïncidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes, et les changemens soudains qui ont produit les lignes de démarcation qu'on observe entre certains étages consécutifs des terrains de sédiment* met en relation le redressement brusque des couches et les variations tout aussi brusques observées à différents niveaux dans l'allure des couches et dans les fossiles animaux et végétaux qu'elles contiennent. Il relie ces variations par la direction de la chaîne de montagnes et celle de l'axe de redressement des couches.

Ainsi, il associe le défaut de continuité observé dans la série des dépôts de sédiments entre la craie et les formations tertiaires à une « *révolution de la surface du globe qui est arrivée entre la période du dépôt de la craie et la période du dépôt des terrains tertiaires. Le redressement des couches d'un système de montagnes, qui comprend les Pyrénées et les Apennins, a eu lieu dans cette révolution* »⁴⁴⁷. Les deux périodes de dépôts sont deux périodes calmes séparées par une révolution liée au soulèvement d'un système de montagnes. Les « *accidens de la surface du globe qui, étant parallèles à la direction des Pyrénées (E. 18° S. à O. 18° N.) et en étant peu éloignés, semblent devoir être de la même date que le redressement des couches de cette chaîne* »⁴⁴⁸. Les terrains secondaires sont redressés ; les terrains qui leur sont superposés ne le sont pas et sont par conséquent en stratification discordante : ce sont les terrains tertiaires. Dans le bassin de Paris et en Angleterre, ceci se traduit, d'après Élie de Beaumont, par des protubérances crayeuses de direction pyrénéenne qui ont subi une grande dénudation et sur lesquelles viennent *mourir en s'amincissant* les dépôts tertiaires. Ces protubérances et leur dénudation « *ont dû être produites entre la période du dépôt de la craie et la période du dépôt des terrains tertiaires* »⁴⁴⁹. Parmi les terrains tertiaires, Élie de Beaumont cite l'argile plastique, le calcaire grossier notamment, à savoir les terrains tertiaires tels que décrits par Cuvier et

⁴⁴⁷ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1829, « Recherches sur quelques-unes des Révolutions de la surface du globe, présentant différens exemples de coïncidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes, et les changemens soudains qui ont produit les lignes de démarcation qu'on observe entre certains étages consécutifs des terrains de sédiment », *Ann. Sc. Nat.*, 18, p. 284.

⁴⁴⁸ *Ibid.*, p. 287.

⁴⁴⁹ *Ibid.*, p.316.

Brongniart. Dans le système d'Élie de Beaumont, le dépôt de la craie est donc suivi par le soulèvement des Pyrénées et des Apennins. La révolution de la surface du globe en résultant est à l'origine de la dénudation de la craie et par conséquent l'abaissement de la profondeur de la mer⁴⁵⁰, puis sa disparition. Après quoi, les dépôts tertiaires ont commencé par les dépôts d'eau douce de l'argile plastique, puis les dépôts marins du calcaire grossier.

De ce fait, les terrains découverts entre la craie et l'argile plastique ne peuvent être, pour Élie de Beaumont, que des terrains de la craie. Lors de la description de ces terrains, il s'attachera, ainsi que Dufrénoy puis Hébert, à relever tous les arguments en faveur de sa théorie, et seulement ceux-ci, balayant ceux qui iraient à son encontre.

Ainsi, la discordance signalée en premier lieu à Laversine est oubliée voire niée en 1847 par Graves, la dénudation de la craie avant le dépôt du calcaire pisolithique n'est pas prise en compte, ni les blocs et silex à la base du calcaire pisolithique. Pourtant Hébert réalise en 1849 un très beau schéma représentant les relations qu'il suppose entre craie et calcaire pisolithique, ce dernier adossé à la craie et remplissant les creux des ondulations de celle-ci⁴⁵¹. Toutefois, ces arguments ne sont rien devant les blocs de craie et/ou de calcaire pisolithique à la base de l'argile plastique signe d'une destruction massive, une discordance de stratification pas toujours existante, mais surtout... les dépôts d'argile plastique sont d'eau douce traduisant un bouleversement majeur qui a précédé son dépôt, selon Élie de Beaumont.

Une controverse analogue a eu lieu au sein de la Société concernant le calcaire à Nummulites. En mai 1843, Dufrénoy explique, arguments à l'appui, que c'est la différence prononcée de stratification liée au soulèvement des Pyrénées, qui permet de séparer le système nummulitique des terrains tertiaires et de l'associer aux formations crétacées. En juin, Lyell considérant la faune en grande majorité tertiaire estime que ce terrain est plutôt tertiaire et que, par conséquent, *le mouvement qui a produit le relief des Pyrénées serait plus moderne qu'on ne l'avait cru*⁴⁵², idée qui va à l'encontre de tout ce qu'a affirmé jusque-là Élie de Beaumont. C'est à cette occasion que Dufrénoy demandera la permission de faire des espèces inconnues *pour ainsi dire neutres* (le tiers des fossiles), des espèces crétacées alors que MM. d'Orbigny et d'Archiac en

⁴⁵⁰ Au cours duquel se dépose le calcaire pisolithique, dira-t-il en 1836.

⁴⁵¹ Voir fig. 42.

⁴⁵² LYELL Ch., 1843, « Communication sur la présentation à la Société géologique de Londres d'échantillons de coquilles et de coraux des terrains de Biarritz par M. Pratt », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 534.

*feront sans doute des espèces tertiaires*⁴⁵³ et soulignant par là le fait que d'autres ont des points de vue et des bases épistémologiques différents.

Un deuxième obstacle est l'idée préconçue de Deshayes, celle de l'existence de cinq créations.

Dans sa définition des fossiles caractéristiques, faite en 1831,⁴⁵⁴ Deshayes n'exclut pas le passage d'une espèce fossile d'un étage à un autre, néanmoins les espèces caractéristiques et elles seules ne passent pas. L'observation qu'aucun fossile de la craie ne se trouve dans les terrains tertiaires et qu'aucun fossile tertiaire ne se trouve dans la craie, l'a conduit à la conviction qu'il n'y avait pas de passage d'espèce de la formation crétacée à la formation tertiaire et en généralisant, d'une formation à une autre. Ses études ultérieures l'ont conforté dans cette idée. Il a ainsi décrit, comme nous l'avons dit⁴⁵⁵, cinq groupes zoologiques ne présentant aucune espèce identique commune, groupes qui correspondaient donc à cinq créations. Il érige en loi ce qui était jusque-là un ensemble d'observations.

A chaque nouvelle description de terrain, il réaffirme cette loi, et lorsque les faits semblent en contradiction, il objecte « *que lorsque les fossiles auront été convenablement étudiés, les espèces citées par M. de Verneuil rentreront probablement dans les lois qu'il a reconnues [...]* »⁴⁵⁶, ce que lui reprochera vertement Ami Boué (1794-1881) en 1841, en remarquant qu'il s'agit là de « *la réserve ordinaire du non-lieu, c'est ce qu'on a dit pour annuler le témoignage si important des mammifères de Stonesfield* »⁴⁵⁷. Cela n'empêchera pas Deshayes d'affirmer en 1844 que :

*[...] depuis que j'ai déterminé cinq divisions de terrains [...] comme n'ayant aucune espèce qui passe de l'une à l'autre, ce fait capital [...] n'a rencontré aucun contradicteur parmi ceux qui pratiquent la géologie, ou du moins on n'a pu apporter aucun fait en contradiction avec ces lois.*⁴⁵⁸

Mais il ajoute quelques lignes plus loin : « *Les déterminations fautives de fossiles faites par M. Grateloup ne peuvent rien contre ces principes* ». Autrement dit, le contradicteur s'étant trompé dans la reconnaissance des fossiles, sa loi reste valable.

⁴⁵³ DUFRENOY A., 1843b, « Observations sur communication de M. Lyell à propos des terrains de Biarritz », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 534-535.

⁴⁵⁴ Voir plus loin ch. III-3.1.

⁴⁵⁵ Voir ch. II-1.2.

⁴⁵⁶ DESHAYES G.-P., 1838b, « Discussion à la suite de la présentation par M. de Verneuil d'un échantillon jurassique contenant des Ammonites et une Orthocère », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 188.

⁴⁵⁷ BOUÉ A., 1842, « Lettre adressée à M. Michelin », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 88.

⁴⁵⁸ DESHAYES G.-P., 1844a, « Réponse à une note de M. Rivière », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 1, p. 254.

Cependant, quelques mois plus tard, Deshayes présente à la Société, les travaux de Pratt sur la limite du terrain tertiaire et de la craie près de Biarritz. Il commence par louer la méthode de travail de Pratt, la minutie avec laquelle il échantillonne, précise qu'il a lui-même examiné les collections récoltées et assure que les résultats de Pratt sont dignes de foi. Il reconnaît ainsi avec Pratt, que tout le système nummulitique appartient à un terrain tertiaire et que les espèces sont tertiaires sauf deux qui sont *parfaitement identiques* à des espèces crétacées. Ce fait est pour lui de loin le plus important.

*Ainsi, il est désormais constaté que l'on a trouvé dans une couche tertiaire deux espèces fossiles qui ont vécu dans la craie, et qui toutes deux présentent ce singulier phénomène de passer d'une craie inférieure dans le terrain tertiaire, sans se montrer dans les formations intermédiaires.*⁴⁵⁹

Devant les faits, Deshayes accepte l'idée de mélange de fossiles. De cette façon il répond aux remarques de Boué en montrant qu'on ne peut pas lui reprocher de rejeter des faits dérangeants et que, devant les observations, il est prêt à changer sa théorie. « *La bonne foi doit avant tout présider à nos travaux* »⁴⁶⁰. Mais, il reste malgré tout très réticent. Il n'est pas certain que les deux espèces crétacées en question aient vécu en même temps que les espèces tertiaires, il se pourrait que les espèces crétacées aient été remaniées et mélangées aux espèces tertiaires comme cela se passe encore actuellement sur nos côtes avec le mélange des espèces actuelles et des espèces fossiles provenant des éboulements des falaises. Il attend des observations plus précises sur l'état de conservation des fossiles pour décider du passage d'une espèce de la craie au terrain tertiaire.

Ainsi, lorsque les empreintes et moules des espèces fossiles du calcaire pisolithique ont été décrites comme étant des espèces tertiaires, Deshayes considérait ce calcaire tertiaire. Dès qu'Hébert a montré que ces espèces n'étaient ni tertiaires, ni crétacées, Deshayes était dans le doute, doute balayé lors de la corrélation entre le calcaire pisolithique et le calcaire de Faxe contenant des espèces crétacées : le calcaire pisolithique était alors, pour lui, crétacé.

Deshayes a toujours été très attaché aux observations, il l'a maintes fois répété. On a pu lui reprocher, il est vrai, de généraliser et s'il a fait des erreurs, c'était, semble-t-il, de bonne foi. Ses lois sont basées sur ses observations (guidées par ses présupposés ?) et si des observations nouvelles l'imposent, il est prêt, dit-il, à en changer mais, pour cela, il lui faut des preuves

⁴⁵⁹ DESHAYES G.-P., 1844b, « Sur des fossiles des Pyrénées », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 1, p. 578.

⁴⁶⁰ *Ibid.*, p. 579.

irréfutables. Il n'en est pas de même pour A. d'Orbigny qui a développé au cours de ses travaux une philosophie de la zoologie qui lui est propre et qu'il appliquera à la géologie.

Cette même idée de création devient un obstacle d'ordre philosophique chez A. d'Orbigny.

Le cas d'Alcide d'Orbigny pourrait paraître anecdotique s'il n'avait eu, dans les années 1840, une influence considérable sur la communauté des zoologistes et des géologues, d'abord par l'importance de ses travaux sur les Céphalopodes mais surtout par ses observations en Amérique méridionale. D'ailleurs, son œuvre majeure, la *Paléontologie française*, suivie du *Prodrome* et de ses *Cours élémentaires*, donnera une formidable impulsion aux recherches paléontologiques et stratigraphiques⁴⁶¹. Après et à l'instar de ses prédécesseurs anglais (pour les Cambrien, Silurien, Dévonien), belge (Omalius d'Halloy pour le Crétacé) ou suisse (Jules Thurmann (1804-1855) pour le Kimmeridgien, le Portlandien etc.), il a, par l'étude détaillée des Gastéropodes, divisé le Crétacé en plusieurs étages auxquels il a donné des noms géographiques afin de faire cesser les confusions entre les divers terrains nommés par leur minéralogie ou leur fossile principal, informations qui, en soi, ne représentent pas l'âge. Ainsi ces nouveaux noms signent une période, un âge, quelle que soit la minéralogie de la couche ou les fossiles qu'elle contient. Malgré tous ces travaux importants et reconnus, il semble bien isolé. En effet, il leur attribue une double dimension, celle des faits et celle de la question philosophique.

*Il ressort évidemment des faits [...] les conséquences suivantes de la plus haute importance soit dans leur application aux grandes questions philosophiques de la zoologie, soit pour la reconnaissance et pour la classification des époques géologiques des terrains.*⁴⁶²

Il ne cache pas l'application philosophique qu'il fait de ses observations et résultats tout en affirmant que son « *principal but est l'application positive de la paléontologie à la classification naturelle des terrains* »⁴⁶³. Selon lui, les terrains sont séparés les uns des autres par un épisode qui coïncide avec l'apparition d'un ensemble d'espèces nouvelles, caractéristiques de ce même terrain. En schématisant, on peut avancer qu'A. d'Orbigny postule

⁴⁶¹ FISCHER J.-C., 2002, "Conception et suites de la Paléontologie française d'A. d'Orbigny », *C.R. Palevol*, 1, p. 599.

⁴⁶² ORBIGNY A. d', 1842c, « Quelques considérations géologiques sur les Rudistes », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 161.

⁴⁶³ ORBIGNY A. d', 1843b, « Considérations géologiques et géologico-géographiques sur l'ensemble des mollusques Gastéropodes des terrains crétacés », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 461.

une succession de créations, une création à chaque nouvel étage. Ainsi, dans les conclusions de ses travaux sur les Rudistes crétacés, il définit cinq zones distinctes de Rudistes qui lui permettent d'affirmer :

*Les Rudistes ont paru cinq fois à la surface du globe dans le système crétacé, chaque fois sous des formes entièrement différentes, sans qu'il y ait de passage zoologique dans les espèces, ni de transport des individus d'une zone géologique dans l'autre. Ainsi, les faunes respectives des cinq zones de Rudistes, soit des étages différents, soit dans les couches d'un même étage, ont été successivement anéanties et remplacées par d'autres tout-à-fait distinctes, ce qui n'annoncerait, dans cette série d'êtres, aucun passage, ni dans les formes, ni dans les couches qui les renferment.*⁴⁶⁴

Ces résultats concordent avec ceux qu'il avait déjà présentés dans sa *Paléontologie française* concernant les Céphalopodes et ceux qu'il établira en 1843 pour les Gastéropodes⁴⁶⁵. C'est au cours de son étude sur les Gastéropodes qu'il propose de changer la terminologie des terrains crétacés et, *comme nos voisins*, de remplacer les noms vagues basés sur un seul caractère minéralogique, la nature ou la couleur de la roche, par un nom de localité située sur le terrain. Chaque nom est alors celui d'un étage correspondant à une période géologique déterminée, caractérisée par une faune caractéristique de Céphalopodes, Rudistes et Gastéropodes. C'est ainsi qu'il appelle les cinq périodes crétacées qu'il a définies, terrains sénonien, turonien, albien, aptien et néocomien⁴⁶⁶, clarifiant la nomenclature des terrains qui sera adoptée, plus ou moins rapidement, par tous.

Ce présupposé philosophique - pour reprendre les propres termes d'A. d'Orbigny - mis en évidence, « une création à chaque nouvel étage », est lourd de conséquences pour la taxonomie des espèces fossiles elle-même. Lors de la description des terrains, il souligne, pour chacun d'entre eux, qu'aucune des espèces ne passant d'un terrain à l'autre, elles peuvent être considérées comme caractéristiques. Pour chaque observation contestable, il fournit une explication. Par exemple, les rognons à fossiles néocomiens disséminés à la base des couches aptiennes sont considérés comme des *parties enlevées et charriées ensuite par des courants*

⁴⁶⁴ ORBIGNY A. d', 1842c, *op.cit.*, p. 160-161.

⁴⁶⁵ ORBIGNY A. d', 1843b, *op.cit.*, p. 485.

⁴⁶⁶ Sénonien pour l'antique *Senones*, Sens, située au milieu de la craie blanche ; turonien, de la ville de Tours, *Turones*, ou de la Touraine, *Turonia*, situées sur la craie chloritée, la glauconie crayeuse, la *craie tufau* et le grès vert ; albien, l'Aube traversant le gault en divers points ; aptien, pour Apt ; néocomien donné par Thurmann pour *Neocomium*, nom latin de Neuchâtel, Suisse. *In Ibid.*, p. 462-463.

*lors d'une dislocation partielle du sol*⁴⁶⁷ ce que contestent Victor Raulin (1815-1905) et A. d'Archiac à la fin de la lecture du Mémoire. Autre exemple, des couches attribuées dans un premier temps à l'étage turonien contenaient des fossiles qui auraient pu faire croire qu'il y avait un passage, mais une nouvelle observation de collections a montré que ces couches dépendaient *in fine* de l'étage albien. Et lorsqu'à la fin de la lecture de son Mémoire, Dufrénoy lui demande son opinion sur les terrains du Midi contenant un mélange de fossiles crétacés et tertiaires, il répond qu'il n'y a pas de mélange, que tous les terrains des Pyrénées sont soit tertiaires soit crétacés.

En outre, il insiste sur le fait que « *Les Gastéropodes des terrains crétacés seraient dès lors nés à cinq époques distinctes. Après chaque anéantissement complet des espèces qui existaient [...]* », ce qui implique que toutes les espèces de Gastéropodes, et non quelques espèces isolées, sont des espèces caractéristiques qui pourront indiquer l'âge du terrain. Ceci est d'une *grande importance géologique*.

Enfin, si les espèces sont caractéristiques des terrains, certains genres le sont des formations. Sept genres de Gastéropodes apparaissent au Néocomien signant le début de la formation crétacée. Après la *grande commotion terrestre* à la fin de la période jurassique, une *création tout-à-fait nouvelle* marque le début de la période crétacée. Chaque période se termine par une commotion géologique, une nouvelle dislocation anéantissant la faune et suivie d'une nouvelle création. Suivant Élie de Beaumont, il propose que le système du Mont-Viso termine la période du terrain turonien. L'étude de la distribution des espèces dans les bassins français lui a permis aussi des *considérations géologico-géographiques*, ce que nous appellerions aujourd'hui des reconstitutions paléogéographiques. De plus, ses observations paléontologiques et géologiques lors de son voyage en Amérique méridionale lui ont permis de comparer Nouveau-Monde et Europe, d'observer des faits analogues et d'en « *déduire des conclusions d'une immense importance pour la solution des hautes questions générales de la géologie et de l'histoire chronologique de l'animalisation à la surface du globe* »⁴⁶⁸.

Ainsi, A. d'Orbigny a eu le mérite, certes, de donner des noms d'étages aux terrains crétacés et d'en clarifier la nomenclature. Ses considérations géologico-géographiques en Europe et dans le Nouveau-Monde l'ont amené à proposer des théories sur l'histoire géologique de la terre et du développement des êtres vivants. Il a réalisé pour sa *Paléontologie française* un travail

⁴⁶⁷ *Ibid.*, p. 466.

⁴⁶⁸ ORBIGNY A. d', 1843a, « Considérations générales sur la paléontologie de l'Amérique méridionale, comparée à la paléontologie de l'Europe », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 348.

colossal de collecte, d'observation et de détermination des fossiles, mais si l'on regarde dans ses listes les noms des fossiles, on remarque qu'ils sont pour la plupart nommés et déterminés par lui. Ceci signifie qu'il a refondé, à sa manière, toute la classification, ne conservant que fort peu de noms donnés par ses prédécesseurs. Quels ont été ses critères ? Des angles sont donnés, il a donc très probablement utilisé son hélicomètre⁴⁶⁹. Ses descriptions s'accompagnent des localités où les fossiles ont été trouvés. Mais, à la réunion extraordinaire d'Aix en 1842, Matheron attaque sa *Paléontologie française* considérant la classification des espèces par étages trop absolue puisqu'A. d'Orbigny n'admet aucun passage là où la plupart des géologues les admettent. Et il cite à l'appui un passage de la *Paléontologie* où A. d'Orbigny dit à propos de la *Nerinea gigantea*, « *Le N. grandis de M. Voltz, [...], a tant d'analogie avec cette espèce, que j'ai été tenté de les réunir ; en effet, mêmes tours évidés, même bouche carrée et taille analogue ; la localité seule, indiquée comme le terrain portlandien, m'a empêché d'opérer cette réunion, sur laquelle il me serait resté des doutes* »⁴⁷⁰. Matheron s'insurge :

*Eh bien ! voilà ce que j'appelle une tendance funeste. Quoi ! deux coquilles offrent les mêmes caractères ; on les confondrait dans une même espèce si elles appartenaient à une même formation ; et parce qu'il n'en est point ainsi, on les sépare ! N'est-ce pas là, je le demande, faire coïncider, arranger, torturer un fait pour le faire entrer dans une théorie ?*⁴⁷¹

L'objection est de taille. Il lui reproche de falsifier les faits pour les faire coïncider avec sa théorie. Cette même objection, nous l'avons vu,⁴⁷² lui a été faite par A. d'Archiac en 1851. Aussi quel crédit apporter à de telles déterminations ? Comment définir l'espèce ? Quel sens géognostique donner à une espèce définie selon ce principe ? Des doutes sont alors permis comme nous l'avons suggéré,⁴⁷³ pour *Corbis sublamellosa*, d'Orb., qui, toujours selon lui, avait été confondue avec la *C. lamellosa* du calcaire grossier. Est-ce ceci qui amène A. d'Archiac et Omalius d'Halloy à remettre en cause la définition de l'espèce ? En effet, en 1845, après des observations sur la distribution géographique des espèces actuelles et des précautions qu'elle implique dans l'étude des terrains et dans la signification des espèces fossiles, A. d'Archiac

⁴⁶⁹ Voir fig. 50 dans ch.III-2.2.

⁴⁷⁰ ORBIGNY A. d', 1842b, *Paléontologie française*, tome 2, Paris, chez l'auteur et Arhus-Bertrand, p.77-78.

⁴⁷¹ MATHERON P., 1842, « Compte-rendu de la Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Aix », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 447.

⁴⁷² Voir ch.II-2.2.

⁴⁷³ Voir ch.II-2.2 note 431.

ajoute, concernant la détermination de l'âge des couches tertiaires par la règle des proportions de Deshayes :

*[...] l'espèce, qui est la base de tout le raisonnement, est elle-même mise en question. Les zoologistes les plus distingués sont plus ou moins en désaccord sur la réalité et sur les caractères de l'espèce. Tel d'entre eux peut sans doute asseoir son opinion sur des motifs dont nous ne sommes pas juge ; mais il serait contraire à toute logique d'admettre comme base, dans une science, un principe emprunté à une autre science, et sur lequel les personnes les plus compétentes ne sont point d'accord.*⁴⁷⁴

Ainsi donc, du fait des désaccords entre zoologistes, est remise en cause la notion même d'espèce mais aussi l'usage de la zoologie en géologie par un géologue qui lui est plutôt favorable, et il n'est pas le seul. Omalius d'Halloy sera encore plus précis l'année suivante :

*L'objection [...] serait d'une grande importance si les zoologistes étaient d'accord sur les principes qui déterminent l'espèce et sur l'application de ces principes ; [...] la détermination de l'espèce chez les paléontologistes, au lieu d'être basée sur des caractères tirés uniquement des corps observés, est le résultat d'idées théoriques, car nous voyons que les auteurs qui pensent que chaque période géologique correspond à une population organique complètement indépendante donnent des noms spécifiques différents à des êtres qui, pour d'autres paléontologistes, ne forment que des variétés d'une même espèce.*⁴⁷⁵

Sans le nommer, A. d'Archiac et plus clairement Omalius d'Halloy mettent en cause A. d'Orbigny, corroborant ainsi l'attaque, elle, nominative, faite par Matheron.

Dans l'extrait de son *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle* lu à la Société le 21 janvier 1850, A. d'Orbigny, probablement en réponse à ces attaques, affirmera :

Lorsque nous trouvons dans deux étages qui se suivent immédiatement des espèces qui se ressemblent, nous commençons par les étudier comparativement dans tous leurs détails zoologiques, pour nous assurer si elles sont identiques ou différentes ;

⁴⁷⁴ ARCHIAC A. d', 1845, « Observations sur le développement de l'organisme dans le sens horizontal, géographiquement ou dans l'espace et présentation des résultats de M. Forbes », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 2 p. 485.

⁴⁷⁵ OMALIUS D'HALLOY J.-B. d', 1846, « Note sur la succession des êtres vivants », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 3, p. 492.

*car, dégagé de tout système préconçu, ennemi de toute idée théorique qui pourrait fausser les faits, nous voulons, par-dessus tout, la vérité jusque dans ses plus petits détails.*⁴⁷⁶

Ainsi, si elles s'avèrent identiques, il le signale, mais *ce sont toujours des exceptions*, la plupart du temps une analyse attentive permet de trouver *d'excellents caractères distinctifs*. Après cette profession de foi d'objectivité, il ajoute un peu plus loin :

*Si nous trouvions dans la nature des formes qui, après l'analyse la plus scrupuleuse, ne nous offriraient encore aucune différence appréciable, quoiqu'elles fussent séparées par un intervalle de quelques étages (ce qui n'existe pas encore), nous ne balancerions pas un instant à les regarder néanmoins comme distinctes. Lorsqu'on voit toutes les formes spécifiques bien arrêtées avoir des limites fixes dans les étages et appartenir à un seul, on doit croire que ce sont nos moyens de distinction qui sont insuffisants pour trouver les différences entre ces deux espèces d'époques éloignées qui se ressemblent. En effet, ne pas trouver ces caractères différentiels, n'est point une raison pour qu'ils n'existent pas entre ces deux êtres de deux époques distinctes, séparés par un long intervalle où ils ne vivaient pas... En résumé, pourquoi veut-on, seulement par un esprit de système, donner des entraves à la puissance créatrice ? Pourquoi veut-on empêcher la nature de reproduire, à diverses reprises, dans les âges du monde, des formes analogues, si elles ne sont pas identiques, surtout lorsque l'espace et le temps les séparent ! En vérité, cette prétention serait trop exagérée, pour que nous ne la poursuivions pas jusque dans ses derniers retranchements, par l'expression de la vérité.*⁴⁷⁷

C'est pourquoi il s'est attelé à cette

*[...] discussion critique, sévère [...] de l'âge géologique, du genre et de l'espèce pour tous les fossiles figurés dans les auteurs ; travail qui nous a fait sonder, dans toute sa vérité, l'immense chaos dans lequel se trouvait la paléontologie stratigraphique, par suite d'erreurs de tous genres, qui toutes tendaient à fausser les faits géologiques, par suite de fausses indications d'âge ou des déterminations zoologiques erronées des plus disparates.*⁴⁷⁸

⁴⁷⁶ ORBIGNY A. d', 1850b, « Extrait du Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle », Bull. Soc. géol. France, (2), 7, p. 103-104.

⁴⁷⁷ *Ibid.*, p. 104-105.

⁴⁷⁸ *Ibid.*, p. 103.

Ainsi, il n'épargne pas ses contemporains et remet en cause toutes les données jusque-là acquises, notamment et de façon plus ou moins explicite tous les travaux de Deshayes⁴⁷⁹.

Aussi lorsqu'A. d'Orbigny reprend l'ensemble des mollusques fossiles de l'étage danien, redéfinit et renomme les espèces, quel crédit les géologues de l'époque peuvent-ils donner à ses résultats et surtout à ses interprétations ? Seules quelques espèces ont gardé leur nom ancien, notamment celles qui sont attribuées aux terrains crétacés. Les autres espèces, nouvellement découvertes, ne sont, à son avis comme celui de Deshayes, Ch. d'Orbigny et Hébert, pas des espèces des terrains tertiaires parisiens, c'est-à-dire pas du calcaire grossier, mais ne sont pas non plus de la craie blanche, ni de la craie supérieure de Maastricht. Sur ce point, tous sont d'accord. A. d'Orbigny, fidèle à sa théorie d'une faune entièrement et exclusivement caractéristique d'une période, attribue les terrains daniens et toutes les espèces qu'ils contiennent à la période crétacée, du simple fait de la présence de deux (voire quatre) espèces crétacées dans la faune danienne, malgré la présence de 62 espèces nouvelles, spéciales à l'étage danien.

Le problème est tout à fait différent en ce qui concerne Lyell en 1835. En effet, celui-ci, selon sa doctrine uniformitarienne, s'attend à ce que soit découvert un ensemble de terrains intermédiaires entre la craie et les terrains tertiaires (tels que définis bien sûr à cette époque). Or quand, à Faxe, il est face à un terrain qui correspond à ces critères avec une faune contenant certes 20% d'espèces connues dans des terrains crétacés mais 80% d'espèces nouvelles, autrement dit une faune intermédiaire, il est dans l'impossibilité de penser sa théorie sur le terrain. Il préfère une explication exclusivement géographique et environnementale à cette différence de faune. Il prendra appui sur deux arguments, le changement de lithologie et la présence de *Baculites faujasii* et *Belemnites mucronatus* caractéristiques des terrains crétacés.

Les obstacles à la définition de la limite entre les terrains crétacés et tertiaires ont donc été particulièrement forts, difficulté de mettre en place des critères acceptables, difficulté de se dégager des premières observations faites par Cuvier et Brongniart dans le bassin de Paris et de ce que chacun supposait être la limite, une catastrophe marquée ou un passage progressif. S'opposent les deux théories avancées à l'époque : d'une part, le catastrophisme qui est encore largement admis et soutenu par Deshayes qui a défini cinq créations, A. d'Orbigny, bien sûr,

⁴⁷⁹ On comprend mieux ici pourquoi il a fallu attendre plus de vingt ans après sa mort pour que s'éteignent les « lutttes ardentes soulevées par l'apparition de ses doctrines » et que soit publiée la notice biographique d'Alcide d'Orbigny à la Société géologique de France. Ceci explique aussi la « véritable conspiration du silence, dont son successeur [A. d'Archiac] dans la chaire de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle fut le premier artisan ». In GAUDANT J., 1982, *op. cit.*

qui définira vingt-sept catastrophes et vingt-sept créations, une pour chacun des vingt-sept étages qu'il décrira, Élie de Beaumont, aussi, pour qui un soulèvement de montagnes correspond à une période cataclysmique entre deux périodes de repos mais ne se prononce pas vraiment sur les créations ; d'autre part, la théorie de l'uniformitarisme, de Lyell, Constant Prévost et, de façon plus modérée, Boué, pour qui on passe progressivement d'un étage à l'autre, avec mélange d'espèces de formations différentes.

Ainsi, sur des bases épistémologiques différentes, Élie de Beaumont, A. d'Orbigny et Lyell estiment les terrains daniens d'âge crétacé. Leur influence et l'autorité de ces théoriciens face aux observateurs que sont Forchhammer, Ch. d'Orbigny et A. d'Archiac sont telles qu'ils imposent leurs vues.

Un autre obstacle de nature plus théorique apparaît au tournant des années 1830, l'opposition de l'usage de la lithologie et de la minéralogie prôné par les géologues à celui de la paléontologie prôné par les zoologistes. Cette opposition est liée à une forte réticence à utiliser la paléontologie, soutenue notamment par la difficulté de définir une espèce, les synonymies, le manque de données sur la répartition des espèces dans le temps (la série des couches) comme dans l'espace. Cette opposition, dans les faits, traduit un changement de modèle explicatif, de système de références que nous étudierons dans la partie suivante.

Conclusion

C'est donc entre les années 1831 et 1835 que sont découverts de nouveaux terrains entre la craie et les terrains tertiaires, à Laversine, Vigny, Bougival, Port-Marly et Meudon. Les premiers descripteurs signalent une discontinuité stratigraphique, une différence minéralogique (calcaire versus craie) et une différence paléontologique notable avec la craie. En effet, les espèces de ces nouveaux terrains sont reconnues comme tertiaires par A. d'Archiac, Ch. d'Orbigny et Deshayes. Deshayes, catastrophiste, pense que toutes les espèces ont disparu à la fin de la période crétacée et ont été remplacées par une faune entièrement nouvelle. Tout naturellement, il considère que ce nouveau calcaire, nommé calcaire pisolithique du fait de la taille de ses grains, appartient aux terrains tertiaires. Ch. d'Orbigny et A. d'Archiac, non catastrophistes, estiment eux aussi que le caractère tertiaire des espèces permet d'attribuer le calcaire pisolithique à l'époque tertiaire. Cependant, ils se heurtent à une opposition farouche de la part d'Élie de Beaumont qui affirme que l'époque tertiaire commence après le soulèvement des Pyrénées marqué par le dépôt de l'argile plastique d'eau douce puis du calcaire grossier marin.

Par conséquent, à un argument factuel, paléontologique – les espèces fossiles sont tertiaires –, il oppose un argument géologique tout à fait théorique – l'époque tertiaire commence après le soulèvement des Pyrénées. Il affirme aussi que les fossiles, à l'état d'empreintes mal conservées sont difficiles à déterminer et par conséquent peu fiables. Il reçoit l'accord de Dufrénoy, son ami et collègue de la carte géologique de France, de Graves, etc. Ce débat met ainsi en évidence l'opposition entre les géologues que sont Élie de Beaumont et Dufrénoy, et les paléontologues, Deshayes et A. d'Archiac. L'influence d'Élie de Beaumont et son assurance sont telles que l'attribution du calcaire pisolithique reste indéfinie et âprement discutée à chaque nouvelle donnée. Pour les uns, il appartient aux terrains tertiaires, pour les autres il appartient, aux terrains crétacés. L'histoire se répète en France comme au Danemark : un calcaire qui a tout d'un calcaire tertiaire tend à être attribué au terrain crétacé sous l'influence des théoriciens et le poids de leur autorité.

Cependant un virage est pris dans les années 1840. Un nouveau venu prend part au débat, Hébert, initié à la géologie par Élie de Beaumont et soutenant la position de son maître. Passionné, il parcourt le bassin de Paris et décrit le calcaire pisolithique en de nombreux endroits où les fossiles, mieux conservés sont déterminés : aucune espèce n'est tertiaire, ce que confirme Deshayes, mais aucune espèce n'est crétacée. Le problème demeure irrésolu. Il s'avère donc que le calcaire pisolithique contient une faune intermédiaire, ni crétacée, ni tertiaire ce qui tend à conforter les uniformitariens qui pensent que les faunes changent progressivement et que l'on trouvera encore d'autres terrains intermédiaires. Élie de Beaumont fait sien cette idée pour affirmer, en 1847, que dans ce cas, aucun caractère paléontologique ne permettra de faire la distinction entre terrains crétacés et terrains tertiaires et que si l'on veut toujours parler de terrains tertiaires, alors ils commencent là où il l'avait indiqué, avec l'argile plastique, après le soulèvement des Pyrénées. L'argile plastique marque donc le début des terrains tertiaires.

Le coup de grâce tombe en 1846, lorsque Desor fait la corrélation entre le calcaire de Faxe et le calcaire pisolithique sur la base d'une espèce fossile commune, le *Cidaris Forchhammeri* (auquel s'ajoutera par la suite, le *Nautilus danicus* Schlot.). Ainsi, l'histoire française rejoint l'histoire danoise. Cette histoire commune connaît des soubresauts et sera à l'origine de la fixation du calcaire pisolithique dans les terrains crétacés. En effet, le calcaire de Faxe contenant *Belemnites mucronatus* et *Baculites faujasii*, est donc jugé crétacé par Lyell et les géologues

français – ce que confirmerait tout géologue contemporain⁴⁸⁰. Sa corrélation avec le calcaire pisolithique implique l'appartenance de celui-ci aux terrains crétacés. Deshayes ne peut qu'accepter cette conclusion et Ch. d'Orbigny se range à cette opinion. Les tenants de l'attribution tertiaire du calcaire pisolithique se résolvent donc à accepter l'attribution crétacée mais des réticences demeurent comme au Danemark. Ces réticences sont perceptibles par des bémols qu'il faut lire quasiment entre les lignes. Seul A. d'Archiac le criera haut et fort jusqu'en 1852. En effet, A. d'Archiac réfute cette corrélation, le calcaire pisolithique ne contenant aucun de ces céphalopodes caractéristiques de la craie présents dans le calcaire de Faxe, et sa faune ayant, à son avis, un caractère beaucoup plus tertiaire que crétacé.

Hébert, qui pense exactement l'inverse, poursuit ses recherches sur les terrains situés à la limite des terrains tertiaires pour démontrer que les évènements qui se sont produits avant le dépôt de l'argile plastique sont infiniment plus violents que ceux qui se sont produits avant le dépôt du calcaire pisolithique, et que par conséquent le cataclysme majeur justifiant un changement d'époque géologique est bien le soulèvement des Pyrénées. Il recherche aussi des fossiles, notamment à Maastricht pour corréler calcaire pisolithique, craie de Maastricht et calcaire de Faxe. Enfin, il trouve en 1852, au-dessus des carrières de la Montagne Saint-Pierre de Maastricht, un banc calcaire compact très semblable au calcaire pisolithique et contenant des fossiles du calcaire pisolithique. Ces derniers arguments convainquent A. d'Archiac.

En 1852, un consensus est donc trouvé en France : le calcaire pisolithique, le calcaire de Faxe et la craie de Maastricht constituent l'étage de la « craie supérieure », étage le plus récent de la formation crétacée. Cependant, on remarque ici un glissement, l'élargissement du « banc calcaire compact des assises supérieures de Maastricht » à l'ensemble de la « craie de Maastricht », conférant ainsi un caractère franchement crétacé à l'ensemble. Sous la pression d'Hébert notamment qui préfère le terme de « craie supérieure », la dénomination d'« étage danien » est, pour l'instant, laissée de côté en France.

Il est pourtant frappant que les trois terrains corrélés sur la base des fossiles, à savoir le banc calcaire compact des assises supérieures de Maastricht, le calcaire pisolithique et le calcaire de Faxe, ont été rapportés au terrain tertiaire lors de leur première description. Les raisons de leur attribution au terrain crétacé sont cependant différentes. En effet, le cas du calcaire des assises

⁴⁸⁰ Cependant, en 2005, Machalski et Heinberg. ont mis en évidence à la base du Danien à Stevns Klint la présence de baculites contenant des dinocystes tertiaires, indiquant une survivance des baculites au tout début du Danien. In MACHALSKI M. et HEINBERG C., 2005, « Evidence for ammonite survival into the Danian (Paleogene) from the Cerithium Limestone at Stevns Klint, Denmark », *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 52, p. 97-111.

supérieures de Maastricht n'a pas été relevé et l'ensemble de la Montagne de Saint-Pierre de Maastricht a été dite crétacée. Dans le cas du calcaire de Faxø, la présence de bélemnites et de baculites ont emporté la décision de Lyell malgré sa théorie uniformitarienne qui aurait dû le pousser à en faire un terrain intermédiaire. Et, enfin, dans le cas du calcaire pisolithique, c'est avant tout l'*a priori* théorique et conceptuel d'Élie de Beaumont soutenu par Hébert, qui a imposé son opinion. Pour justifier leur position, Élie de Beaumont comme Lyell supposent des changements des conditions de milieu, seule possibilité pour expliquer les changements importants des faunes.

Ces deux histoires parallèles, danoise et française, ont un autre point commun, elles s'insèrent dans un débat de fond méthodologique sur l'usage de la paléontologie en géologie, usage remis en cause par un registre fossile encore fragmentaire, par la difficulté de déterminer une espèce fossile et d'en saisir toutes les variations et par la prise en compte, au cours de ces années, de nouveaux paramètres comme la fluctuation des niveaux marins et la notion de faciès. Mais cela va plus loin car il s'agit en réalité d'un profond changement dans la façon de penser la géologie.

CHAPITRE III - CHANGER DE CADRE DE PENSÉE : DE LA LITHOLOGIE À LA PALÉONTOLOGIE

Comme nous l'avons déjà évoqué dans l'introduction de ce travail, la première moitié du XIX^{ème} siècle signe un changement fondamental dans la description des roches (à une description d'abord exclusivement lithologique, s'ajoute ensuite la description des fossiles) et dans la perception des critères géologiques et/ou paléontologiques utiles pour passer du régional au général et par conséquent pour écrire une histoire globale de la Terre.

Les vifs débats, en ce début de XIX^{ème} siècle, sur la position crétacée ou tertiaire à donner aux nouveaux terrains découverts entre la craie et l'argile plastique, comme l'illustrent les histoires danoise et française, soulignent la difficulté de changer de modèle et de système de références pour déterminer l'âge d'un terrain – c'est-à-dire passer des caractères lithologiques et minéralogiques des roches aux caractères paléontologiques - ainsi que la difficulté à mettre en place un référentiel stable – une paléontologie étendue et acceptée par tous. Ils révèlent aussi un débat de fond sur des questions plus philosophiques et/ou religieuses, la notion d'espèce et l'histoire de la vie.

1. De la lithologie à la paléontologie

Au XVIII^{ème} siècle, le développement de la chimie moderne de Lavoisier et celui de la minéralogie avec l'abbé René Just Haüy (1743-1822) par exemple, a permis de décrire la nature des roches et, de ce fait, d'en distinguer de grands groupes. Les naturalistes utilisent donc la lithologie et la minéralogie pour comparer et classer ces roches. C'est alors que s'établissent progressivement des théories de la Terre parfois divergentes dans la mesure où elles prennent appui sur des données régionales souvent différentes et non sur des données générales.

1) La théorie de la Terre de Werner et la lithologie

Werner, nous l'avons vu, fonde la géognosie, étude descriptive basée exclusivement sur la lithologie des roches et leur superposition. Cette collecte de données empiriques est sous-tendue par l'idée de l'existence d'un océan mondial primordial beaucoup plus concentré que l'océan

actuel, où se seraient déposées successivement les roches selon la théorie neptunienne, comme lors de la cristallisation d'une saumure. Auraient ainsi cristallisé en premier, et précipité les minéraux constituant un premier type de roches : les roches cristallines, à grains de plus en plus fins, le granite, roche primordiale, puis les schistes cristallins. Le niveau de l'océan universel s'abaissant, les plus élevées de ces roches cristallines commencent à émerger et produisent des dépôts « mécaniques ». La composition chimique de l'océan primordial alors modifiée, se dépose un ensemble de roches sédimentaires, successivement des couches salifères, des grès et poudingues, puis les calcaires, etc... et enfin la craie, la superposition de ces formations traduisant le temps écoulé. Ainsi la nature des roches change au fur et à mesure des dépôts de telle sorte que l'on pourrait établir une série caractéristique et universelle des formations. La lithologie permettrait donc de déterminer la position d'une roche dans cette série et d'en donner l'âge relatif, et constituerait de cette façon la référence absolue pour la géognosie. Ainsi, Werner étend-il ses observations régionales au cadre général de la Terre et ses élèves tentent de retrouver cette série universelle en Europe et aux quatre coins du monde comme A. von Humboldt en Amérique équatoriale. Cependant, à peine émise cette théorie est remise en cause. En effet, l'accumulation des données et l'observation de considérables écarts avec la série universelle de Werner démontrèrent la non-universalité de cette série. Il fallait se rendre à l'évidence : la lithologie ne pouvait fournir l'âge relatif des couches. L'histoire de la Terre était infiniment plus complexe.

Il apparut dès lors que la lithologie ne suffisait pas à rendre compte de cette histoire.

En effet, la présence de roches cristallines non seulement à la base de toutes les formations mais aussi intercalées entre les autres formations ou les traversant, invalide l'idée neptunienne d'un océan primitif universel ayant permis la cristallisation de ces roches. Les roches n'ont pas toutes une origine aqueuse. Or James Hutton (1726-1797) publie en 1795, une autre *Théorie de la Terre* proposant une origine ignée de ces roches cristallines, c'est-à-dire qu'elles résulteraient de l'injection de ces roches à l'état liquide dans les formations puis de leur refroidissement et cristallisation *in situ*. Cette théorie ou plutonisme suppose l'effet d'une chaleur interne. Elle sera adoptée par Humboldt au cours de son voyage en Amérique équatoriale. En effet, Humboldt fut « *l'un des premiers à formuler d'une manière précise le synchronisme de certains produits ignés et aqueux, en établissant, dans la classification chronologique des terrains secondaires et tertiaires, deux séries parallèles correspondantes.* »⁴⁸¹ Ainsi, dans le même

⁴⁸¹ PRÉVOST C., 1845b, « De la chronologie des terrains et du synchronisme des formations » (extrait), *CRAS*, p.1064.

temps, se forment des roches de lithologie et d'origine différentes, les unes ignées, les autres neptuniennes.

S'impose alors l'idée que la composition de l'océan primitif n'était pas différente de l'actuel ou si peu. D'autre part, diverses études régionales montrent la présence à différents niveaux, de roches ayant la même lithologie, calcaires par exemple ou argiles. Par conséquent, des roches de même lithologie n'ont pas nécessairement le même âge. Il convient dès lors, pour les distinguer, de trouver des critères plus précis ou différents.

Un autre constat s'oppose à la théorie de Werner : comme l'a montré Lavoisier dans un mémoire présenté en 1789 à l'Académie des Sciences⁴⁸² une même couche, évidemment de même âge en tous ses points, peut varier de lithologie selon les sites, passant par exemple d'une argile à un sable ou un calcaire, de « *bancs littoraux* » à des « *bancs pélagiques* », « *formés en pleine mer à grandes profondeurs* » comme peuvent varier les dépôts actuels. Deux roches d'origine marine mais de lithologie différente peuvent donc être de même âge. Lavoisier indique aussi que ces variations peuvent se faire verticalement, selon les montées et les retraits de la mer. Ainsi, Lavoisier démontre les variations des niveaux marins en un point donné à partir de la variation de la lithologie des couches. De la même façon, sera démontrée plus tardivement, par Brongniart, vers 1807, la présence de fossiles d'eau douce dans certains dépôts. Par conséquent, des roches contemporaines peuvent-elles être soit ignées, soit marines, soit d'eau douce ou encore terrestres.

Ainsi, la lithologie et la minéralogie n'ont de sens qu'au niveau régional mais ne peuvent servir pour des corrélations à distance. Dans les faits, les relations de superposition et de recoupement sont toujours des indicateurs de premier ordre. Ce sont elles qui ont permis de comprendre que les couches successives sont d'âges différents et permettent de déterminer l'âge relatif des formations mais elles sont souvent inaccessibles pour des corrélations à distance entre les régions, les pays voire les continents. Il était donc nécessaire de trouver un système de référence complémentaire, indépendant de l'espace, de la nature des roches et même de leur position relative.

⁴⁸² LAVOISIER A.L., 1792, « Sur les couches modernes horizontales, qui ont été déposées par la mer, et sur les conséquences qu'on peut tirer de leur disposition, relativement à l'ancienneté du globe terrestre », *Mém. Académie des Sciences*, année 1789, p. 351-371, pl. I-VII. In ELLENBERGER F., 1994, *Histoire de la géologie, la grande éclosion et ses prémices 1660-1810*, tome 2, Paris, Technique et Documentation (Lavoisier), p. 52 ; 54-55 ; 353.

2) Vers un nouveau référentiel : la paléontologie

Au XVIIIème siècle déjà, avait été observé que les faunes changeaient d'une couche à l'autre et même parfois totalement. Deluc avait suggéré « *deux histoires collatérales, celle des couches et celles des êtres organisés* ». Cependant, le registre paléontologique étant encore très parcellaire et les connaissances individuelles assez restreintes, les relations de superposition, la minéralogie et la lithologie demeuraient les seuls critères retenus pour classer les couches et les terrains, bref pour faire de la géologie.

Au tournant XVIIIème - XIXème siècle, le contenu paléontologique des roches commence à être décrit mais la paléontologie est encore une science balbutiante. Les travaux classificatoires de Cuvier, Lamarck et bien d'autres ont permis d'avoir un premier aperçu des fossiles et de leur répartition dans les couches et, dès le début des années 1820, les paléontologues démontrent par l'accroissement et la précision du registre paléontologique que les fossiles peuvent servir à caractériser une couche, à la classer dans l'ordre des couches - c'est-à-dire lui donner un âge relatif - et à corrélérer des couches à grande distance. Si Smith en Angleterre et Cuvier et Brongniart en France, parmi d'autres, montrèrent qu'à chacune des couches décrites régionalement correspond une association de fossiles, c'est à Brongniart que l'on doit la démonstration en 1821 qu'il était possible de corrélérer à distance, grâce à leurs fossiles, des terrains fort éloignés bien que de lithologies différentes⁴⁸³.

Dès 1822, l'ensemble des difficultés liées à l'utilisation des fossiles en stratigraphie ainsi que quelques règles essentielles sont soulignés par Brongniart lui-même.

Caractérisation des terrains par les « espèces » de coquilles fossiles et non par des « genres »

En 1822, dans l'avertissement préliminaire à la *Description géologique des environs de Paris*, Cuvier et Brongniart rappellent que l' « *on sait qu'il n'est pas possible de désigner les coquilles fossiles qui paroissent caractériser un terrain par de seuls noms de genres, [...]* »⁴⁸⁴ et la nécessité de décrire et nommer convenablement tous les corps organisés fossiles. Dès 1810, ils ont été confrontés à la difficulté de trouver des fossiles qui, malgré les importants travaux de classification de Lamarck, n'avaient encore jamais été décrits. Brongniart note en 1810 que la description de certains genres comme celui des cérithes regroupant des espèces marines, d'eau douce et terrestres, a nécessité un travail de reclassification des espèces. « *M. de Lamarck [...]*

⁴⁸³ BRONGNIART Alex., 1821, *op. cit.*, p.571.

⁴⁸⁴ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1822, *op. cit.*, p. III.

s'occupe à subdiviser encore ces genres de manière à opérer la séparation complète des coquilles marines, des terrestres et fluviatiles »⁴⁸⁵. Deshayes, conchyliologue renommé et disciple de Lamarck en prendra la succession dans ces travaux de détermination et de classification des coquilles fossiles. Les investigations et les nombreuses découvertes de fossiles non encore décrits posent donc ce premier problème qui occupera largement toute la première moitié du XIX^{ème} siècle.

Nécessité d'obtenir l'observation d'un grand nombre de faits pour établir des lois :

Remplacer l'exégèse de cas individuels par l'accumulation de faits semblables pour en tirer des règles est une tendance générale de la recherche du début du XIX^{ème} siècle.

Les fossiles diffèrent d'autant plus des formes actuelles qu'ils sont plus anciens :

Le texte de 1821 de Brongniart « *Sur les caractères zoologiques des formations [...]* » commence par un paragraphe « *Valeur des caractères zoologiques en géologie* » qui sera entièrement repris sous forme de note en 1822 dans la *Description géologique des environs de Paris* (p.91 à 94). Il y discute la notion de fossile caractéristique et considère que

*[...] tous les géologues conviennent maintenant que les générations des corps organisés fossiles qui ont successivement habité la surface de la terre, étoient d'autant plus différentes de la génération actuelle, que leurs débris se trouvent enfouis dans les couches plus profondes de la terre, ou, ce qui revient à peu près au même, qu'ils ont vécu dans des temps plus éloignés de l'époque actuelle.*⁴⁸⁶

Il remarque d'autre part que cette succession dans la formation des couches est le plus souvent associée à des différences lithologiques et de superposition. Cependant, dans certains cas, ces deux classes de caractères, lithologiques et paléontologiques ne se suivent pas et il pose alors la question « [...] lorsque dans deux terrains éloignés, les roches sont de nature différente, tandis que les débris organiques sont analogues, doit-on les regarder [...] comme de formation différente, ou bien [...] comme de même époque de formation [...] ? »⁴⁸⁷ et après une argumentation précise, il conclut « *Je regarde donc les caractères d'époque de formation, tirés de l'analogie des corps organisés, comme de première valeur en géognosie, et comme devant l'emporter sur toutes les autres différences [...]* »⁴⁸⁸. Ainsi, l'établissement de quelques règles

⁴⁸⁵ BRONGNIART Alex., 1810, *op. cit.*, p.42.

⁴⁸⁶ BRONGNIART Alex., 1821, *op. cit.*, p.540.

⁴⁸⁷ *Ibid.*, p.541.

⁴⁸⁸ *Ibid.*, p.543.

lui permet de donner toute leur valeur aux fossiles sans nier pour autant l'utilité des autres critères.

Des précautions dans l'emploi des fossiles

- Evaluer l'influence des différences horizontales et des climats :

Dans son *Mémoire sur les terrains... d'eau douce* de 1810, Brongniart note que l'on sait qu'actuellement, dans d'autres endroits du globe, on trouve en eau douce des espèces très différentes des espèces européennes et parfois plus proches d'espèces marines actuelles. Et il ajoute « *Certainement si l'on eût trouvé ces coquilles à l'état fossile, on n'eût pas différé de les regarder comme marines...* »⁴⁸⁹.

- Savoir apprécier les ressemblances apparentes :

Il s'agit ici de déterminer si les ressemblances de certaines espèces dans des formations très différentes sont apparentes ou réelles dans la mesure où quelques rares espèces « *ont eu le privilège de survivre à la destruction de leurs contemporains et de rester toujours les mêmes, au milieu de tous les changements qui se sont passés autour d'elles* »⁴⁹⁰. Autrement dit sont-elles de simple variétés ou des espèces différentes ?

- S'assurer que les fossiles sont bien *in situ* :

Par l'intégrité de la coquille et sa position, le géologue doit vérifier qu'elle n'a pas été arrachée, roulée, transportée dans des terrains plus récents que ceux qu'elle caractérise. D'autre part, il est nécessaire de prélever le fossile dans la roche elle-même, non pas dans un éboulis par exemple.

Il faut donc, pour Brongniart, beaucoup d'attention et de discernement pour donner aux fossiles leur vraie valeur.

Ainsi, au début des années 1820, l'utilité des fossiles pour faire des corrélations à distance et pour déterminer l'âge relatif des formations était clairement énoncée. Le débat entre les partisans et les opposants à l'usage des fossiles en géognosie pourrait sembler clos, cependant nous verrons qu'il agite encore la Société géologique de France dès sa création en 1830.

⁴⁸⁹ BRONGNIART Alex., 1810, *op. cit.*, p.46.

⁴⁹⁰ BRONGNIART Alex., 1821, *op. cit.*, p.545.

3) Des résistances encore au début des années 1830

Ainsi, la détermination de l'âge relatif des terrains est relativement aisée quand les relations stratigraphiques sont claires mais, comme l'ont fait remarquer Brongniart puis Deshayes, dès que celles-ci sont confuses ou inexistantes et surtout pour faire des corrélations à distance, l'usage de la paléontologie devient le plus souvent indispensable. Pourtant celui-ci est encore très controversé du fait d'un mésusage des fossiles ce qui conduit Boué à faire une étude critique de l'utilisation de la paléontologie en géologie dans un mémoire lu aux séances de la Société géologique de France des 5 et 19 décembre 1831⁴⁹¹ et publié en 1832 sous le titre *Essai sur les avantages de la paléontologie* dans le premier volume de ses *Mémoires géologiques et paléontologiques*⁴⁹².

Ami Boué (1794-1881) (fig. 49), né à Hambourg, de famille française et huguenote ayant migré un peu partout en Europe, polyglotte, a fait des études de médecine, de chimie, de botanique, puis de minéralogie et de paléontologie à Hambourg, Genève, Paris, Édimbourg, Berlin, Vienne. Sa fortune personnelle et ses origines familiales, lui ont laissé une grande liberté de voyager et une indépendance d'esprit⁴⁹³. À Paris de 1817 à 1835, un des principaux fondateurs de la Société géologique de France, il en sera président en 1835 avant son départ pour l'Autriche où il s'installe définitivement. Il s'oppose à toute idée de cataclysme destructeur de toute la surface du globe, tels que les supposent Cuvier et A. d'Orbigny, mais accepte l'idée de perturbations violentes mais localisées et n'a pas d'opposition à l'explication des soulèvements de montagnes d'Élie de Beaumont. Il n'est pas opposé à l'usage de la zoologie en géologie mais engage à la plus grande prudence tant que les observations restent très incomplètes et que ses principes ne sont pas suffisamment bien établis. Dans ses *Rapports sur les progrès de la géologie et sur les travaux de la Société géologique de France* puis, après son départ pour l'Autriche, dans ses longues lettres lues aux séances de la

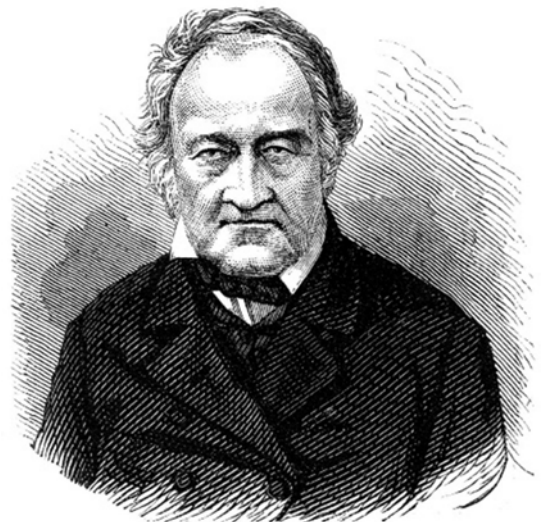


Figure 49 – Ami Boué (1794-1881).
Source wikimedia.org

⁴⁹¹ BOUÉ A., 1832a, « Essai pour apprécier les avantages de la paléontologie, appliquée à la géologie et à la géogénie », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 87-88.

⁴⁹² BOUÉ A., 1832c, *Mémoires géologiques et paléontologiques*, tome premier, Paris, F.G. Levrault, 362 p., 4 pl.

⁴⁹³ LAURENT G., 1993, « Ami Boué (1793-1881) : sa vie et son œuvre ». *Travaux du COFRHIGEO*, 3^{ème} série, t. VII, n° 3, p.19-30.

Société, il mettra en garde tous les géologues contre les idées préconçues, les théories de tout genre et les exhortera à rester au plus près des faits, à ne pas *escamoter l'exception* mais à rechercher la « vérité ». Ses écrits sont sans concession, mais il reconnaît les mérites de chacun.

Toujours prudent quant à la théorisation, Boué met en garde contre l'abus fait de l'utilisation de la zoologie en géologie et les théories en vogue. Son mémoire de 1831 reflète parfaitement les réticences de nombre de géologues de l'époque à l'utilisation de la paléontologie en géologie et résume leurs principales objections. Il répond en premier lieu à la présentation faite en 1831 par Deshayes de son *Tableau comparatif des espèces de coquilles vivantes avec les espèces des coquilles fossiles des terrains tertiaires de l'Europe, et des espèces de fossiles de ces terrains entr'eux* à l'Académie des Sciences et à la Société géologique de France (séance du 2 mai 1831), tableau qui sera publié dans le troisième volume des *Principles of Geology* de Lyell.

L'utilisation de la zoologie en géologie, la théorisation de Deshayes :

Dans ce tableau, Deshayes, en comparant les espèces fossiles aux espèces actuellement vivantes présentes dans les mers, établit que l'on peut distinguer deux grands types de terrains en fonction de leur contenu en coquilles fossiles. Les uns, les plus récents sont les terrains tertiaires qui contiennent, avec des *espèces perdues*, des coquilles fossiles ayant des analogues vivants encore actuellement, et ce dans des proportions d'autant plus importantes que l'on se rapproche de l'époque actuelle. Ses observations, faites sur plus de 40 000 individus de 4 639 espèces vivantes et 2 902 espèces fossiles tertiaires, lui permettent de partager les terrains tertiaires en trois époques selon le pourcentage d'espèces fossiles ayant des analogues encore vivants (3% pour l'époque la plus ancienne, 19% et enfin 52% pour la plus récente)⁴⁹⁴. Les autres, qui ne contiennent aucune espèce ayant un analogue vivant dans les mers actuelles, ni même un analogue fossile dans les terrains tertiaires, sont les terrains secondaires. Autrement dit, les espèces secondaires avaient déjà disparu quand a commencé l'époque tertiaire. La distinction entre ces deux périodes, secondaire et tertiaire, serait aussi bien marquée par la zoologie que par la géologie.

L'opposition des géologues :

Après cette lecture de Deshayes à la Société géologique, Élie de Beaumont indique qu'il a de la même façon divisé les terrains tertiaires en trois étages *en suivant la méthode purement géologique*, c'est-à-dire d'après la disposition géométrique et la nature des couches. Chaque

⁴⁹⁴ DESHAYES G.-P., 1831b, *op. cit.*, p. 185-187.

étage correspond à une période de tranquillité entre deux soulèvements de montagne. Mais il ajoute qu'on peut aussi y remarquer la succession de générations *de grands animaux*, les espèces changeant presque toutes à chaque changement d'étage. Boué, lui-même, rappelle qu'il a proposé dans son mémoire sur l'*Origine et la distribution des terrains de l'Europe*, de grouper ensemble les dépôts tertiaires de régions très éloignées, seulement d'après leur analogie en fossiles. Cependant, il observe que si certains résultats de Deshayes correspondent à ceux d'autres géologues, il n'en est pas de même pour toutes ses conclusions ; « *cette divergence apparente entre les résultats zoologiques et géologiques servira à nous faire apprécier les avantages ou les désavantages de chacune des méthodes zoologique ou géologique pour la classification des terrains* »⁴⁹⁵.

Ainsi, ceux qui font la géologie (Élie de Beaumont, Dufrénoy, etc.) ne sont souvent pas ceux qui font la paléontologie. Les experts en paléontologie sont le plus souvent des zoologistes (conchyliologistes notamment) comme Deshayes, Louis Georges Duvernoy (1777-1855) ou anatomistes comparatistes comme Cuvier. Leurs références ne sont donc pas les mêmes : lithologie, minéralogie et superposition pour les géologues et paléontologie pour les paléontologistes. Même si tous les paléontologistes utilisent aussi des données purement géologiques, s'affrontent les deux visions, les géologues, en situation de pouvoir en France, acceptant difficilement l'incursion des zoologistes dans leur domaine, leur chasse gardée. Aussi, beaucoup de géologues sont-ils très réticents à l'usage de la paléontologie mettant en avant les limites de ce champ d'étude.

Les objections à l'usage de la zoologie :

- Un répertoire insuffisant

Malgré le nombre important d'espèces déterminées et observées par Deshayes, Boué considère que les connaissances, en 1831, tant en zoologie qu'en paléontologie sont très insuffisantes. Les espèces actuelles des mers lointaines sont encore mal connues, il est donc délicat de savoir si une espèce fossile a un analogue encore vivant. Les espèces fossiles ne sont certainement pas toutes connues, notamment celles des terrains secondaires ; on ne peut pas être certain qu'ils ne contiennent pas des espèces ayant des analogues vivants ou simplement analogues à des espèces tertiaires. D'ailleurs, Dufrénoy a découvert des coquilles tertiaires dans des terrains crétacés, ce

⁴⁹⁵ BOUÉ A., 1831, « Remarques sur le Tableau comparatif des espèces de coquilles... », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 188-189.

qui semble indiquer qu'il n'est *a priori* pas impossible que des espèces traversent plusieurs formations ou époques.

- Des variations climatiques mal connues

Le climat, à chaque époque géologique, a présenté des variations selon les différentes parties de la terre ou zones climatiques. Les conditions d'existence favorables à certains animaux et plantes peuvent cesser là où elles continuent ailleurs. Ainsi un groupe zoologique signe des circonstances géologiques et non une chronologie. Il ne permet pas de corréliser des bassins éloignés.

- Méconnaissance de la distribution des espèces

Les connaissances sur la distribution des espèces tant dans l'espace (distribution horizontale) que dans le temps (distribution verticale) sont encore *dans l'enfance* tant pour l'Europe que pour le reste du monde. Boué souligne dans son Résumé des progrès de la géologie en 1830 et 1831 qu'il faudrait combiner tous les « *catalogues stratographiques [sic]* », les indications de gisement des restes organiques « *pour espérer d'arriver ainsi à une liste approximative des fossiles distribués dans les couches d'une bonne partie de l'Europe* »⁴⁹⁶ mais ceci supposerait d'établir la synonymie des coquilles décrites par les différents auteurs.

- La difficulté de définir l'espèce

L'une des plus graves difficultés est de définir l'espèce et ses caractères en paléontologie. Cette définition dépend de la personne et « *quelquefois les conchiliologistes [sic] les plus renommés ne sont pas d'accord sur le genre d'une coquille* »⁴⁹⁷, *a fortiori* sur l'espèce. A l'appui de cette objection, Lyell insiste sur le fait que toutes les déterminations ayant été faites *par le même naturaliste* donne toute sa valeur à une étude comparative aussi étendue que celle du *Tableau comparatif...* de Deshayes qu'il insère dans le troisième volume des *Principes*⁴⁹⁸.

Mais cette difficulté, comme nous le verrons plus loin, n'est pas seulement un problème de personne, bien des facteurs rendent compliquée la définition d'une espèce en paléontologie.

Finalement, toutes ces objections ou précautions nécessaires qu'avait soulignées Brongniart dès 1821, amènent Boué à affirmer, comme Élie de Beaumont, que l'observation de la continuité et de la superposition des couches est irremplaçable pour la détermination géognostique des

⁴⁹⁶ BOUÉ A., 1832b, « Résumé des progrès de la géologie en 1830 et 1831 », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 188.

⁴⁹⁷ BOUÉ A., 1832c, *op. cit.*, p.103.

⁴⁹⁸ LYELL Ch., 1833b, *op. cit.*, p. 51.

terrains et que la géologie peut parfaitement se passer (et s'est déjà passée) de la zoologie pour établir toutes les grandes divisions. Le problème reste cependant entier si l'on veut comparer deux points éloignés du monde et que continuité et superposition ne sont pas accessibles auquel cas la paléontologie peut être de quelque intérêt.

L'intérêt de l'usage de la zoologie en géologie

Même si Boué considère que la paléontologie n'est utile, en géognosie, que pour les *assises isolées* et lorsque les données géologiques sont insuffisantes (absence de continuité ou de superposition), il lui reconnaît cependant quelque intérêt.

Notamment, elle permet, dans un bassin déjà bien connu, d'écourter les recherches et elle a pu suffire pour la reconnaissance de certains dépôts dans des pays très éloignés mais dans la même zone climatique (comme les Etats-Unis et l'Europe). L'intérêt majeur de la paléontologie réside, pour Boué, dans les informations qu'elle fournit sur les conditions de dépôts. Elle a ainsi été nécessaire pour déterminer l'origine de certaines formations d'eau douce. « *Elle a ouvert un champ presque tout-à-fait neuf à nos idées sur la succession des états divers, par lesquels a passé la surface du globe* » et fournit une « *histoire des créations successives* »⁴⁹⁹. En termes modernes, nous dirions que, pour Boué, les fossiles ont surtout un intérêt paléogéographique, tout du moins pour les fossiles de facies, mais n'auraient que peu d'intérêt dans la datation des couches, Boué ne reconnaissant pas vraiment de fossiles stratigraphiques. Il insiste donc sur le bon usage de la paléontologie en géologie.

Contre les doctrines en paléontologie

Toujours pragmatique et peu enclin à la généralisation et à la théorisation, Boué met en garde, exemples à l'appui, contre les affirmations souvent employées comme « *ces animaux n'ont pas pu vivre à cette époque* » du simple fait que l'on n'a encore jamais rencontré ces animaux dans des terrains de cette époque, affirmations qui ont amené à de graves erreurs. Aussi, pose-t-il la question : « *parce qu'on n'a pas découvert des débris [...], est-ce une raison pour regarder l'existence de ces animaux comme impossible à ces époques ?* »⁵⁰⁰ L'absence de preuve n'est pas la preuve de l'absence. De la même façon, il donne « *deux exemples de classement faux ou du moins anormal, basé simplement sur l'idée qu'il y a ou doit y avoir partout une différence notable entre tous les fossiles de la craie et du sol tertiaire, position qui me paraît à priori*

⁴⁹⁹ BOUÉ A., 1832. *Mémoires géologiques et paléontologiques*, tome premier, Paris, F.G. Levrault, p.111.

⁵⁰⁰ *Ibid.*, p.116.

d'une improbabilité très grande »⁵⁰¹. Samuel Woodward (1790-1838) a poussé la doctrine jusqu'à affirmer que « *chaque pétrification ne se trouverait que dans une seule formation, et même que dans une seule assise de terrain* »⁵⁰², alors qu'il est reconnu que plusieurs *pétrifications* traversent toutes les formations ou au moins sont communes à plusieurs d'entre elles. Ainsi est mis en relief l'usage d'allégations non justifiées et le manque de prudence des naturalistes dans l'usage de la paléontologie en géologie.

Il affirme sa divergence avec Brongniart quand la zoologie et la géologie sont en désaccord : pour lui, la géologie doit primer. Il est impossible de classer les terrains uniquement d'après leur paléontologie. Comme le montre déjà son *Compte-rendu des progrès de la géologie*⁵⁰³ de 1831, Boué n'est pas à proprement parler contre l'usage de la paléontologie en géologie mais s'insurge contre les excès des « *chefs de cette secte de géologues paléonthologiques* »⁵⁰⁴, « *les auteurs de la géologie parisienne* », qui pensent pouvoir se passer de la géologie et ne voudraient utiliser que la paléontologie, et contre les idées préconçues qui conduisent à de graves erreurs. Il juge simplement que la science paléontologique n'a pas atteint sa maturité et qu'il faut donc l'utiliser avec précaution. Géognosie et zoologie géologique ont chacune leur but, leurs moyens et leurs résultats. Faire *une combinaison rationnelle des deux* doit être le but de chaque géologue. De fait, la triple référence – lithologie, superposition et paléontologie – devient la base de toute étude géognostique, la primauté de l'une ou l'autre dépendra essentiellement du sujet d'étude. D'ailleurs, les roches sont encore et toujours nommées selon leurs caractères lithologiques – calcaire grossier, argile plastique, marne, grès etc. – auquel on rajoute parfois un fossile particulièrement abondant et qui semble caractéristique de la roche – calcaire à cérithes, calcaire à nummulites – ou alors la localité où elle a été observé – craie de Maastricht, sables de Thanet par exemple.

Cependant, une combinaison rationnelle des deux exige une paléontologie solide et fiable ce qui nécessite une meilleure prise en compte de ce qu'est l'espèce en paléontologie et par conséquent une meilleure connaissance du registre paléontologique et de la distribution horizontale et verticale, c'est-à-dire dans l'espace et le temps, des espèces.

En conclusion, dans les années 1780, Werner a instauré la géognosie, méthode d'étude des roches très minutieuse basée sur la lithologie et la minéralogie. La superposition des couches

⁵⁰¹ *Ibid.*, p.130.

⁵⁰² *Ibid.*, p.132.

⁵⁰³ BOUÉ A., 1830b, « *Compte-rendu des progrès de la géologie* », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 113.

⁵⁰⁴ BOUÉ A., 1832c, *op. cit.*, p.122.

représente la succession des dépôts au fond d'un océan, donnant la flèche du temps. Par induction, il érige la série de couches observée en Saxe en série universelle. La lithologie sert donc de référence pour déterminer la position d'une roche dans cette série universelle et par conséquent pour en donner un âge relatif. Cependant, les faits démontrent rapidement que cette théorie d'une série universelle est fautive et que la lithologie est un critère insuffisant. Un critère complémentaire est donc nécessaire.

Dans le même temps, les êtres organisés fossiles présents dans les couches sont décrits et déjà, il est souligné que les faunes changent d'une couche à l'autre et même parfois totalement. Les nombreuses observations réalisées en France comme en Angleterre montrent qu'à chaque couche correspond un ensemble de fossiles et en 1821 Brongniart démontre que les fossiles permettent de corréler deux couches éloignées alors que la lithologie comme la superposition ne le permettent pas. La paléontologie peut donc suppléer à l'insuffisance de la lithologie comme référence. Mais les objections sont encore nombreuses dans les années 1830, objections en rapport avec un mésusage de la paléontologie, un registre paléontologique insuffisant que ce soit dans l'espace ou dans le temps, et surtout la difficulté de définir l'espèce.

2. La détermination de l'espèce, une difficulté majeure

Comme le montre fort bien Deshayes dans la partie historique de son *Traité élémentaire de Conchyliologie*⁵⁰⁵, les *Méthodes* se sont succédées à la fin du XVIII^{ème} siècle et au début du XIX^{ème} siècle. Il s'agissait de la description des animaux actuels et parfois fossiles ainsi que de leur classification dans le règne animal, la plupart d'entre elles se trouvant restreintes, de par l'ampleur de la tâche, à une partie seulement des animaux. Chacun des auteurs y décrivait, plus ou moins bien selon Deshayes, les espèces d'une région, au mieux d'un pays, et utilisait des critères de classification qui lui étaient propres. Carl von Linné (1707-1778) instaure une méthode de classification assez simple basée sur les formes extérieures avec une dénomination binominale tandis que Louis-Jean-Marie Daubenton (1716-1800), repris par Buffon, ajoute le critère d'interfécondité aux critères de ressemblance et de descendance commune pour définir une espèce⁵⁰⁶. Ce n'est qu'à la fin du XVIII^{ème} siècle avec Michel Adanson (1727-1806),

⁵⁰⁵ DESHAYES G.-P., 1839, *Traité élémentaire de Conchyliologie, avec les applications de cette science à la géologie*, tome 1, Paris, Crochard et C^{ie}, p. 34-273.

⁵⁰⁶ Sur l'histoire de la définition de l'espèce et sur l'opposition fixité/variabilité/transformation des espèces, A. d'Archiac consacre un très long chapitre dans la deuxième partie de son *Cours de paléontologie stratigraphique* au Muséum d'histoire naturelle. In ARCHIAC A. d', 1864a, *op. cit.*, p. 45-119. Il y évoque parmi beaucoup d'autres les positions de Cuvier, Lamarck, les deux Geoffroy Saint-Hilaire, et examine *De l'Origine des espèces* de Darwin.

Johann Christian Fabricius (1745-1808) et Giuseppe Saverio Poli (1746-1825) notamment⁵⁰⁷, que l'étude de l'anatomie interne sera introduite pour caractériser les espèces, anatomie qui servira de base aux classifications de Cuvier et Lamarck en France, Sowerby en Angleterre etc. pour ne citer que les plus importants. Mais ces classifications diffèrent selon le choix du critère principal pris en compte et sont modifiées au fur et à mesure des nouvelles observations. Enfin, les Grands Voyages ont eu un impact considérable⁵⁰⁸. Par son voyage en Amérique *équinoxiale*, A. de Humboldt apporte une nouvelle façon de regarder le réel, un regard intégré de la nature. A. d'Orbigny en *Amérique méridionale*⁵⁰⁹, Charles Darwin sur le Beagle, par la récolte de nouvelles espèces ou tout simplement d'espèces dont on ne connaissait jusque-là que la coquille, remettent en cause un certain nombre de suppositions et modifient la classification des animaux. On le voit, il manque encore une classification unique et internationale des animaux, *a fortiori* des coquilles fossiles.

1) La description des espèces et la synonymie

Dès les années 1820, lors de la description des terrains, le problème majeur est la détermination des espèces, les échantillons étant souvent incomplets, mal conservés ou simplement à l'état de moule. D'autre part, nombreux sont les observateurs qui n'ont que des connaissances incertaines en paléontologie et reconnaissent les genres mais peinent à reconnaître les espèces. Le plus souvent, mais pas toujours, ils font appel à des spécialistes en paléontologie, reconnus dans leur pays. On l'a vu avec Deshayes, avec Beck, etc. Ainsi, chacun décrit et nomme les espèces qu'il trouve dans les terrains qu'il observe, indépendamment de ce qui se fait ailleurs. Il leur manque « *un ouvrage assez complet, dans lequel ils trouveraient toutes celles [les espèces] actuellement connues, réparties d'une manière exacte dans leurs genres* »⁵¹⁰. Déjà, de nombreux fossiles, observés à *différents âges* ou décrits dans plusieurs *bassins* aux quatre coins du monde et surtout de l'Europe, ont reçu plusieurs noms. Certaines espèces vivantes n'ont pas le même nom que leurs analogues fossiles. La confusion règne dans les dénominations et classifications. La nécessité d'une synonymie, déjà souhaitée par Boué en 1832⁵¹¹, devient

⁵⁰⁷ DESHAYES G.-P., 1839, *op. cit.*, p. 86.

⁵⁰⁸ DROUIN J.-M., 1989, « De Linné à Darwin. Les voyageurs naturalistes », in SERRES M., (dir.), *Éléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, p. 321-335. BOURGUET M.-N., 1997, « La collecte du monde : voyages et histoire naturelle (fin XVII^e-début XIX^e siècle) », in BLANCKAERT C. (dir.), *Le Muséum au premier siècle de son histoire*, Paris, Muséum national d'histoire naturelle, p. 163-196.

⁵⁰⁹ A. d'Orbigny, qui admire A. von Humboldt, le rencontrera à Paris, avant son départ pour l'Amérique du Sud. In DROUIN J.-M., 2002, « Raisons et jalons du voyage en Amérique méridionale », in TAQUET P. (dir.), *Alcide d'Orbigny. Du Nouveau Monde... au passé du monde*, Paris, Nathan et MNHN, p. 15.

⁵¹⁰ DESHAYES G.-P., 1839, *op. cit.*, p. XI.

⁵¹¹ BOUÉ A., 1832b, *op. cit.*, p. 188.

manifeste en cette fin des années 1830 ; « [...] *ce qui... [serait d'] une grande utilité, ce serait surtout une synonymie faite avec tout le soin nécessaire* »⁵¹². Cela suppose la comparaison méthodique des collections et une description très précise de chacune des espèces. C'est un travail considérable qu'a entrepris Deshayes dans son *Traité élémentaire de Conchyliologie* (1839) pour les espèces tertiaires et qu'il songe à étendre, par un travail analogue, aux espèces des terrains anciens. C'est aussi ce que tentera de réaliser A. d'Orbigny dans sa *Paléontologie française* (1842-1860) pour les Mollusques crétacés et jurassiques⁵¹³.

Mais comment déterminer l'espèce et sur quels critères ? Telle est la question qui se pose encore dans la première moitié du XIX^{ème} siècle⁵¹⁴.

2) Mais qu'est-ce qu'une espèce ?

Si la définition de l'espèce selon Daubenton est totalement acceptée en ce début de XIX^{ème} siècle, il est déjà bien connu que certaines espèces sont extrêmement variables au plan de la taille, des ornements, etc. et même parfois de la forme, selon les conditions climatiques, l'âge, le sexe, etc. En effet, dans son *Essai* de 1832, Boué fait remarquer que les mollusques peuvent se modifier lors d'un changement lent et progressif de la température ou du climat et que « *certaines espèces varient extrêmement quant à la grosseur, les couleurs, les stries, les proéminences, etc.* »⁵¹⁵ selon les circonstances de leur habitat. Les critères morphologiques n'étant pas toujours ou que peu utilisables, la détermination de l'espèce devient alors délicate. Le critère d'interfécondité, utile pour les espèces actuellement vivantes, est évidemment inaccessible pour les espèces fossiles. Alors, comment reconnaître les individus d'une même espèce ? C'est dans cet esprit, pour pallier la difficulté de faire de bonnes déterminations en paléontologie, que Nérée Boubée (1806-1863) propose l'usage d'un *conchiliomètre*⁵¹⁶ pour

[...] mesurer quelques lignes et quelques angles dans ses coquilles, [...]. Ainsi, dans les univalves, il suffira de mesurer l'angle de la spire à son sommet, parce qu'il est

⁵¹² DESHAYES G.-P., 1839, *op. cit.*, p. XI.

⁵¹³ La question de la synonymie sera encore évoquée au premier Congrès international de géologie en 1878 comme nous le verrons plus loin.

⁵¹⁴ Cette question est en fait d'actualité plus que jamais. En effet, si la définition de l'espèce peut paraître simple (ensemble d'individus montrant des ressemblances et capable de se reproduire entre eux, leur descendance étant fertile), la théorie de l'évolution l'a rendue plus complexe et plusieurs définitions sont actuellement données. In GAYON J., « ESPÈCE, biologie », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 13 août 2017.

URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/espece-biologie/>

⁵¹⁵ BOUÉ A., 1832c, *op. cit.*, p.104.

⁵¹⁶ Le terme *conchiliomètre* [sic] n'est pas utilisé par Boubée mais par Desnoyers dans son « Rapport sur les travaux de la Société en 1831 », *In Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 322.

*constant dans les individus d'une même variété [...] l'angle d'ouverture [...] l'angle que fait la direction des tours de spire avec l'axe de la coquille, parce que c'est de cette direction plus ou moins oblique que résulte le facies particulier de chaque espèce.*⁵¹⁷

Il faut donc connaître des caractères constants chez tous les individus de l'espèce. Alors, ces descriptions plus précises et rigoureuses que les vagues termes jusque-là employés devraient permettre à tout *naturaliste éloigné* de la reproduire et de la reconnaître.

Ainsi, il est évident que l'espèce n'est pas aussi uniforme que l'on aurait pu le penser. De nombreux exemples s'accumulent. Certaines formes, Huîtres, Cérithes, etc. présentent de nombreuses variations. Deshayes souligne que parmi deux à trois cents individus de tous âges d'une même espèce de cérithes, les bourrelets, tubercules, granulations se modifient *presqu'à l'infini*⁵¹⁸. Il est déjà clairement établi que ces *modifications ou variétés* sont déterminées par l'âge, la température, la profondeur des eaux, la nature du fond sur lequel repose la coquille etc. et peuvent constituer une série de variations qui, par passages progressifs, va des formes les plus granuleuses à des formes presque lisses. Si l'on considère deux termes assez éloignés dans cette série, on est amené à en faire deux espèces distinctes, ce qui fait dire à Deshayes « *Aujourd'hui, on fait trop d'espèces* »⁵¹⁹. Cette difficulté de *détermination spécifique* est d'autant plus grande que les coquilles fossiles sont dans des terrains plus anciens et ceci est particulièrement vrai pour les Térébratules et les Ammonites. Une autre difficulté est celle d'échantillons incomplets comme les articulations de crinoïdes. A. d'Orbigny signale un échantillon d'un *Vorticella pentagona* qu'il a reçu en parfait état de conservation, et dont les articulations varient suivant les différents points de la tige. « *Par conséquent les caractères déduits de ces mêmes articulations prises isolément ne peuvent suffire pour déterminer une espèce* »⁵²⁰. Cette nouvelle observation lui a permis de réunir l'échantillon de *Pentacrinus caput Medusæ* déposé par Jean-Etienne Guettard (1715-1786) au Muséum en 1755 et le *Vorticella pentagona* de la Barbade décrit en 1761 par John Ellis (v. 1714-1776). On le voit, la route est encore longue avant que les observations et les connaissances soient suffisantes pour établir de façon plus exacte les espèces.

⁵¹⁷ BOUBÉE N., 1831, « Considérations sur de nouveaux moyens propres à faciliter la détermination des fossiles », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 232-233.

⁵¹⁸ DESHAYES G.-P., 1837, « Considérations sur ce que l'on doit entendre par *genre* et par *espèce* en zoologie », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 216.

⁵¹⁹ *Ibid.*, p. 217.

⁵²⁰ ORBIGNY A. d', 1837, « Remarques sur les crinoïdes », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 218.

De fait, ces difficultés de définition des espèces, d'attribution d'un individu à une espèce clairement établie et l'absence d'un ouvrage suffisamment complet et de portée internationale autorisent certains géologues à refuser l'usage de la zoologie en géologie ou tout du moins à lui accorder un intérêt mineur. Ce débat anime encore la Société géologique de France pendant la fin des années 1830. En février 1838, Félix Lajoye estimant que la détermination de l'espèce ne repose que sur des *caractères peu élevés* et qu'aucun auteur n'a donné de définition acceptable du mot même d'espèce, conclut « *qu'il doit en résulter une grande incertitude dans les applications que l'on fait de la zoologie à la détermination de l'âge relatif des couches.* »⁵²¹ Ce à quoi Deshayes répond que « *la question de l'espèce est très difficile à résoudre, et si la définition n'en a pas encore été donnée exactement, cela vient de ce que dans les collections particulières on considère l'espèce comme une chose bornée et bien déterminée* »⁵²² alors qu'il faudrait une multitude d'échantillons pour en établir *rigoureusement* les caractères. De ce fait les descriptions sont *individuelles et non spécifiques*. Au Capitaine Rozet citant les désaccords entre les conchyliologistes, tels que Beck, Deshayes et Félix Dujardin (1801-1860), Deshayes précise que la différence entre lui et Beck est *le plus ou moins d'étendue qu'ils donnent aux caractères spécifiques*, mais Rozet rétorquera que :

[...] *c'est précisément là qu'est la question, et que l'espèce étant ce à quoi on doit s'attacher en géologie, si ce qui forme une espèce pour un conchyliologiste ne constitue qu'une variété pour un autre, ou réciproquement, il en résultera que le premier trouvera dans un terrain une espèce de coquille que le second n'y voudra point reconnaître, et il y aura contradiction par cela seul que ces deux observateurs ne limitent point l'espèce de la même manière. Or, les déductions tirées de pareilles déterminations deviennent fort incertaines lorsqu'on veut les appliquer à la connaissance des couches. Les géologues sont arrivés à classer les terrains d'une manière assez rigoureuse sans le secours de la conchyliologie, et tous sont aujourd'hui d'accord sur les grandes divisions que l'on a établies dans la partie connue de l'écorce terrestre.*⁵²³

Ainsi, la géologie devrait-elle se passer de la zoologie selon Rozet. De la même façon, à la séance du 16 avril 1838, Agassiz estime que « *les résultats zoologiques ne sont pas encore*

⁵²¹ LAJOYE F. et DESHAYES G.-P., 1838, « Considérations de MM. Lajoye et Deshayes sur la circonscription de l'espèce », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 156.

⁵²² *Ibid.*, p. 157.

⁵²³ ROZET Capitaine, 1838, « Discussion à la suite de la présentation par M. de Verneuil d'un échantillon jurassique contenant des Ammonites et une Orthocère », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 189.

assez bien compris et n'ont pas été obtenus par des déterminations faites avec assez de soin pour pouvoir servir de bases solides à des déductions géologiques »⁵²⁴. C'est ainsi que certaines erreurs d'attribution perdurent longtemps et conduisent parfois à des controverses géologiques. C'est l'exemple de Nummulites que l'on avait trouvées mélangées aux Hippurites (Rudistes mollusques marins caractéristiques des terrains crétacés) qui posaient un véritable casse-tête et se sont avérées, dès 1847, être des Orbitolites (Foraminifères en forme de disque comme les Nummulites, mais biconcave)⁵²⁵.

La zoologie manque encore de crédibilité et de longues et nombreuses études sont encore nécessaires pour qu'elle acquière ses lettres de noblesse. La communication de Leymerie à la séance du 27 janvier 1840 à la Société géologique de France illustre parfaitement ce long parcours. Il considère que certains fossiles, peut-être mal positionnés dans la classification zoologique, peuvent malgré tout donner, par leur abondance, d'excellentes corrélations en géologie alors que d'autres espèces mieux caractérisées mais rares sont de peu de signification *sous le rapport géognostique*⁵²⁶. Relevons ici l'une des caractéristiques importantes soulignée par Leymerie pour qu'une espèce fossile puisse être considérée comme un bon fossile stratigraphique⁵²⁷ : son abondance dans les couches. À partir de l'exemple du genre des Huîtres, il propose, pour plus d'utilité en géologie, de faire les groupes de fossiles selon la géologie plutôt que selon la zoologie. En effet, par un examen comparatif d'un grand nombre d'individus d'*Exogyra sinuata* (*Gryphaea sinuata*, Sow.) il montre avec Deshayes, un *passage insensible des variétés les plus excentriques à la forme qui a été figurée et décrite par Sowerby*. Il établit alors la synonymie des six noms d'espèces qui lui avait été attribués mais propose, *pour satisfaire aux besoins de la géologie*, d'en distinguer huit variétés désignées non par des lettres comme l'avait fait Deshayes, mais plutôt par des noms particuliers ajoutés au nom de l'espèce (Annexe 15),

ou simplement au nom du genre en sous-entendant la désignation spécifique. Si par la suite on pensait devoir ériger en espèce une ou plusieurs de ces variétés, on

⁵²⁴ AGASSIZ L., 1838a, « Observations à la suite de la lecture du mémoire d'A. d'Archiac sur les étages inférieurs de la formation crétacée dans le nord de la France et en Angleterre », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 263.

⁵²⁵ MICHELIN H., 1847, *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p. 540 et VERNEUIL É. de, 1849, « Remarques » *Bull. Soc. géol. France*, (2), 6, p. 522.

⁵²⁶ LEYMERIE A., 1840. « Considérations sur l'importance de la zoologie en géologie et synonymie de l'*Exogyra sinuata* », *Bull. Soc. géol. France*, 11, p. 122.

⁵²⁷ Le terme de « fossile stratigraphique » est beaucoup plus tardif mais la notion en est présente dans les commentaires de Leymerie notamment puisqu'il s'agit d'énoncer les caractéristiques d'un fossile pour qu'il puisse permettre des corrélations à distance et ainsi, donner un âge relatif. Nous nous autorisons ici cet anachronisme permettant plus de clarté et d'éviter de longues périphrases.

*n'aurait qu'à considérer le nom de variété comme un nom d'espèce, et ce changement purement zoologique n'apporterait aucune modification à l'usage que le géologue aurait pu faire de ces fossiles et de leurs dénominations.*⁵²⁸

Leymerie a donc établi une synonymie entre plusieurs espèces décrites mais s'empresse d'en distinguer des variétés à l'usage du géologue, ces variétés n'étant présentes que dans certains étages. Mais cet usage qui convient dans une région peut s'avérer inutilisable ailleurs, la variation, comme nous le verrons plus loin, pouvant être due à ce qu'ils appellent un *passage latéral* c'est-à-dire un déplacement des individus vers des zones géographiques où les conditions leur sont plus favorables.

Ainsi, les caractères extrêmement variables et pourtant les plus faciles à observer ne peuvent servir à décrire l'espèce. Ceci implique de définir des caractères *plus constants... sur lesquels établir l'espèce*⁵²⁹. Deshayes propose pour les cérithes la forme de la lèvre, celle du canal de la base et la proportion de ce dernier avec l'ouverture de la coquille qui sont des caractères moins évidents mais plus constants. C'est pour cela que Boubée avait proposé en 1831 d'utiliser un conchyliomètre, pour mesurer divers angles des coquilles univalves et ainsi aider à la détermination des coquilles fossiles, mais sa mise en œuvre ne paraît pas avoir été convaincante. En janvier 1842, A. d'Orbigny *mettra sous les yeux de la Société* un hélicomètre qu'il a conçu et réalisé afin de mesurer *avec un grand degré de précision* divers angles et grandeurs des coquilles univalves⁵³⁰ (fig. 50) et dont l'utilisation sera détaillée à la séance de la Société du 21 février 1842⁵³¹. Pour A. d'Orbigny, l'usage d'un appareil de mesure pour établir les caractéristiques d'une espèce permet de remplacer par des chiffres, les termes vagues comme *courte, très courte* ou *allongée*, employés jusque-là pour qualifier une spire par exemple. « *La science a besoin d'un langage plus approprié à la hauteur où elle s'est placée,...* et dès lors on

⁵²⁸ LEYMERIE A., 1840, *op. cit.*, p. 123.

⁵²⁹ DESHAYES G.-P., 1837, *op. cit.*, p. 217.

⁵³⁰ ORBIGNY A. d', 1842a, « Sur l'application de l'Hélicomètre à la mesure des coquilles turbinées », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 130.

⁵³¹ BOUBÉE, en juin 1842, réclamera la priorité de l'instrument qu'il n'avait pourtant pas figuré dans le Bulletin de la Société *parce que MM. de Blainville et Deshayes [lui] avaient démontré l'inutilité de semblables mesures*. A. d'Orbigny, en Amérique au moment de la publication de Boubée, n'en avait pas connaissance. La controverse, assez vive, durera sur plusieurs séances de la Société : celle du 6 juin 1842, in *Bull. Soc. géol. France*, 13, p.376 et p. 382, puis celle du 20 juin, in *Bull. Soc. géol. France*, 13, p.386 à 388. Boubée conclura après avoir détaillé toutes ses publications que « *ma réclamation contre M. d'Orbigny portait non pas sur la construction de l'instrument, mais sur le principe qui en est le point de départ et qui est bien la chose la plus importante... Je ne mets pas en doute que M. d'Orbigny n'ignorât tout cela, et dans ce cas je me félicite que mes idées sur ce sujet se trouvent étayées de celle d'un naturaliste aussi compétent* ».

en fera une application positive »⁵³². La détermination des caractères constants des coquilles par un moyen juste, facile et simple d'utilisation est le but qu'A. d'Orbigny juge avoir atteint en inventant son hélicomètre (fig. 50). Il l'a probablement beaucoup utilisé pour sa *Paléontologie française*. Mais ce *procédé positif et rigoureux* n'a peut-être, malgré tout, pas eu le succès escompté, l'une des difficultés étant que l'angle spiral n'est pas régulier chez toutes les espèces. A. d'Orbigny, lui-même, a parfaitement conscience de ce problème puisqu'il explique dans sa note comment procéder et les angles à mesurer dans ces cas-là. Le procédé devient alors d'utilisation fastidieuse et nécessite une longue habitude, perdant alors ses valeurs de simplicité et d'usage courant.

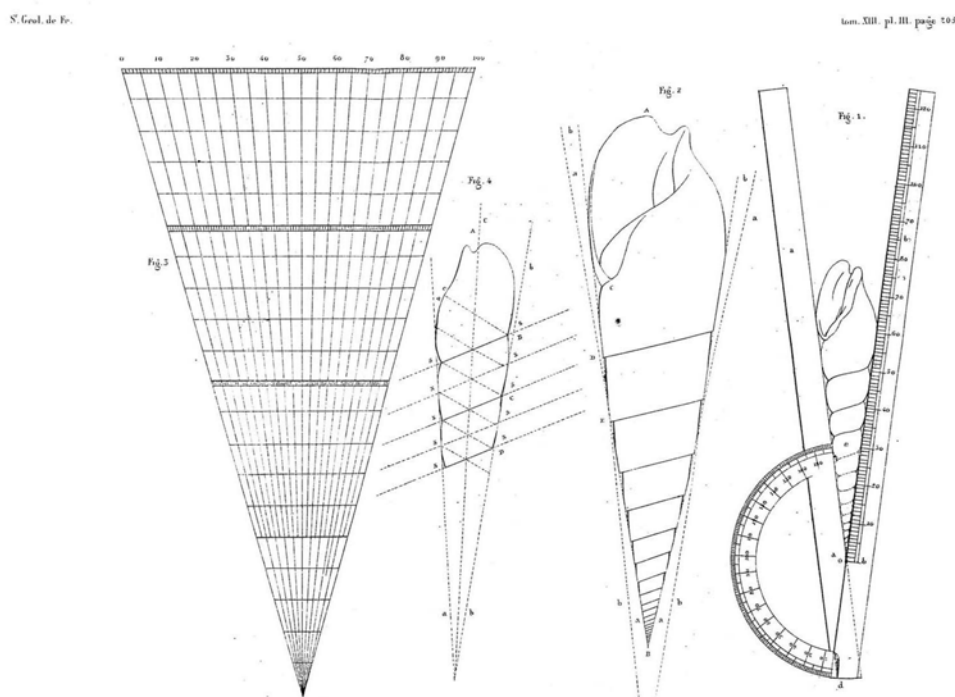


Figure 50 – Hélicomètre d'Alcide d'Orbigny (Fig. 1) et figure conique (Fig. 3) donnant, sans calcul, le nombre de fractions en centièmes (1842). *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 205.

En 1838, Agassiz présente à la Société des moules en plâtre de coquilles vivantes⁵³³ afin de les comparer à des *conchyliomorphites* fossiles, internes et externes dont il démontre la mauvaise classification. Cette technique pourrait donc faciliter la détermination des moules internes ou externes particulièrement abondants dans certains terrains comme ceux de Vigny.

⁵³² Il démontre dans sa note qu'avec quatre mesures prises sur une coquille turriculée, [il peut] toujours en reproduire la figure mathématique par une opération purement graphique et sans le secours d'aucun calcul. *In* ORBIGNY A. d', 1842a, *op.cit.*, p. 201.

⁵³³ AGASSIZ L., 1838b, « Présentation de moules en plâtre de coquille vivantes », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 412.

Ainsi, au cours des années 1830 et 1840, des efforts considérables seront faits par quelques-uns, Deshayes et A. d'Orbigny notamment, pour préciser les caractères utiles à améliorer la description et la classification des espèces animales vivantes et fossiles, pour établir les synonymies entre espèces déjà décrites et permettre un usage positif de la zoologie en géologie. Seulement, le *Traité élémentaire...* de Deshayes en 1839 ne concerne que les Mollusques tertiaires et la *Paléontologie française* d'A. d'Orbigny, dont le dernier volume, posthume, ne paraîtra que dans les années 1860, malgré son titre très général, ne concerne que les Mollusques du Jurassique et du Crétacé. Les *Recherches sur les poissons fossiles* d'Agassiz sont publiées entre 1833 et 1843. Ceci montre l'ampleur de la tâche, la spécialisation des auteurs et la nécessité de rassembler l'œuvre des spécialistes pour un résultat utilisable par tous.

Cependant, ces travaux sont entachés, comme nous l'avons vu dans la partie précédente, par les nombreux désaccords entre les paléontologistes eux-mêmes ainsi que par les bases sur lesquelles s'appuient leurs déterminations, souvent plus théoriques chez certains que tirés de l'observation proprement dite. En effet, dans les années 1840, A. d'Orbigny fonde sa *Paléontologie française* sur le présupposé philosophique « une création à chaque étage » faisant à plusieurs reprises de deux individus fossiles parfaitement semblables, deux espèces différentes dans la mesure où ces individus appartiennent à des étages différents. Ceci conduit A. d'Archiac et Omalius d'Halloy, pour ne citer qu'eux, à remettre plus ou moins en cause la définition de l'espèce en paléontologie et surtout à se montrer extrêmement prudents en ce qui concerne l'usage de la paléontologie en géologie.⁵³⁴

Par conséquent, dans les années 1830-1840, ayant une conscience aiguë des insuffisances du registre paléontologique pour qu'il soit pleinement accepté en géologie, les paléontologistes réalisent un énorme travail descriptif leur permettant d'identifier certaines synonymies. Alors que le registre fossile s'étoffe, les questions relatives à la définition de l'espèce et au choix des meilleurs critères permettant de les reconnaître, soulèvent encore de vifs débats liés aux présupposés théoriques et philosophiques des uns et des autres. Cependant, le répertoire des espèces, travail de longue haleine qui se doit d'être le plus rigoureux et objectif possible, est indispensable à la crédibilité de l'usage de la paléontologie et nécessite de connaître la variation des espèces selon leur milieu et leur distribution dans l'espace et le temps. Ceci suppose donc d'améliorer ce système de référence par des observations toujours plus nombreuses en tous

⁵³⁴ Sur le développement des arguments philosophiques d'Alcide d'Orbigny et la controverse qui en découle, voir ch.II-4 (p. 195 et suivantes).

lieux et dans toutes les couches. Ce n'est qu'à ce prix que l'on pourra trouver, si elles existent, la (ou les) espèce(s) caractéristique(s) d'un terrain.

3. Structurer le nouveau système de référence : 1825-1850

La première étape de l'établissement d'un référentiel paléontologique acceptable est bien entendu un travail descriptif de fond, fiable et utilisable par tous. Mais il est indispensable de donner du sens à ce référentiel et seule la connaissance de la distribution horizontale (dans l'espace) et verticale (dans le temps) des espèces dans les couches permettra l'utilisation des fossiles pour une datation relative des couches et des formations. En effet, une telle connaissance permettrait de déterminer des espèces caractéristiques d'une couche, d'un étage, c'est-à-dire que la présence d'une telle espèce dans un terrain permettrait d'affirmer que ce terrain appartient à tel ou tel étage.

1) La recherche d'espèces caractéristiques d'un étage, une illusion ?

En 1831, Deshayes pensait, espérait que les géologues pourraient se contenter de connaître *les genres et les espèces caractéristiques de chacune des couches du globe* mais que cela leur poserait problème dès qu'ils élargiraient leur champ d'étude. Il propose des éléments de réponse pour le choix de tels fossiles :

*[...] ce n'est plus un seul fossile qui caractérise une formation dans son ensemble, mais au contraire tous les fossiles caractéristiques de toutes les couches ou de toutes les localités [...] pour caractériser une formation, ce n'est pas le fossile le plus commun qu'il faut chercher exclusivement, mais le plus constant, celui qui se trouve dans ses diverses couches et qui ne dépasse jamais les limites de la formation elle-même, qui lui appartiennent et n'appartiennent qu'à elle [...].*⁵³⁵

Dans cette étude se retrouve non seulement l'idée de l'abondance et de l'extension d'une espèce fossile dans une couche ou une formation pour que l'on puisse la considérer comme caractéristique mais aussi l'idée qu'un seul fossile ne peut suffire à caractériser une couche ou tout du moins une formation, et qu'il faut considérer plusieurs espèces fossiles, par conséquent

⁵³⁵ DESHAYES G.-P., 1831a, *Description de coquilles caractéristiques des terrains*, Paris, F.G. Levrault, p. 14.

une association de fossiles. La recherche d'une espèce fossile caractéristique semble donc illusoire. C'est un ensemble d'espèces fossiles qui pourrait être significatif. Pourtant, il ajoute :

*[...] nous croyons qu'après un travail qui pourrait être long et difficile, on parviendrait à déterminer, suivant ce principe, le fossile caractérisant chaque formation prise dans son ensemble ; et si l'on voulait descendre à des spécialités, il serait plus facile alors de déterminer les fossiles caractéristiques de chaque couche.*⁵³⁶

L'objectif est de trouver un ou des fossile(s) caractérisant chacun des étages. Alors, si l'on trouvait l'un d'eux dans une couche, c'est que celle-ci appartiendrait à l'étage. La présence d'un tel fossile dans une roche signifierait la période géologique de la roche. Mais de tels fossiles existent-ils ? Pour A. d'Orbigny, convaincu de l'existence d'une création à chaque étage, il n'y a pas de doute. Quant à Deshayes, celui-ci cherche des fossiles caractéristiques et tente d'atteindre cet objectif pour les terrains tertiaires mais la méconnaissance de la distribution géographique des espèces actuelles et fossiles, rend l'usage de la zoologie parfois encore difficile ou du moins controversé.

Ces connaissances sont apportées par les travaux et les observations de plus en plus nombreux sur les coquilles des mers actuelles d'Europe auxquels s'ajoutent les données récoltées par les naturalistes-voyageurs dans les mers éloignées et sur les autres continents comme celles d'A. von Humboldt et A. d'Orbigny.

2) La répartition géographique des espèces

Nous l'avons déjà dit, certaines espèces se montrent extrêmement variables selon les conditions climatiques et géographiques de leur milieu de vie rendant délicate la détermination de l'espèce. Mais, à cette première difficulté, s'ajoute un autre problème : la répartition des différentes espèces est étroitement dépendante des caractéristiques géographiques du lieu.

Par exemple, dans les mers actuelles, à des profondeurs différentes, selon la proximité des côtes, se déposent simultanément galets, sables et argiles et vivent des espèces distinctes. Ainsi des roches contemporaines, même peu éloignées, peuvent être de nature très variable et contenir des coquilles fossiles très différentes. La différence de leur faune pourrait laisser penser qu'elles

⁵³⁶ *Ibid.*, p. 15.

sont d'âges différents. Les caractères géologiques et paléontologiques sont donc *trompeurs*⁵³⁷. Cette objection est d'ailleurs l'une de celles qui avaient été faites à la référence, au critère lithologique. De plus, ceci implique que, si en un lieu donné la profondeur change, la faune changera sans pour autant que l'on change de formation, d'époque. C'est l'explication donnée par Lyell pour faire du calcaire de Faxe un terrain crétacé et par Élie de Beaumont pour placer le calcaire pisolithique dans l'époque crétacée oubliant l'un comme l'autre que la très grande majorité des espèces n'étaient pas connues comme étant crétacées et n'avaient tout simplement encore jamais été observées *a fortiori* dans des terrains crétacés. Ceci soulève une question importante : quand considère-t-on que l'on change de formation, d'époque ? Il semble que dans les années 1830, on pense que, si la sédimentation est continue, on peut considérer qu'on reste dans la même époque même si le changement de faune est conséquent. Et si la profondeur change peut-on considérer que l'on ne change pas d'époque ? Toutes ces questions restent sans éléments de réponse, le changement d'époque n'étant pas vraiment défini.

D'autre part, des espèces actuelles de même genre et donc contemporaines vivent sous des latitudes et des températures très différentes. Ainsi, s'il en a été de même dans les temps anciens, *comme on est porté à le croire*, alors des couches contemporaines éloignées risquent fort d'être considérées comme d'époques différentes. Autrement dit, si des couches éloignées contiennent des espèces fossiles différentes, elles ne sont pas nécessairement d'époques différentes⁵³⁸. Cette deuxième observation est aussi à l'origine de l'idée que si des couches superposées ne contiennent pas la même faune, ce peut être dû à des modifications climatiques locales qui ont provoqué des *déplacements latéraux* des individus vers des *bassins*, des zones géographiques où les conditions climatiques leur étaient encore favorables. L'espèce n'a pas disparu, elle s'est déplacée. Ainsi des fossiles semblables peuvent appartenir à des dépôts d'âge différent. Cependant, un retour dans leur bassin d'origine n'est pas vraiment envisagé, l'opinion générale étant alors celle d'un refroidissement général de la terre et donc d'une baisse régulière des températures.

Il est à noter que ces remarques, concernant essentiellement les conditions environnementales de dépôt, peuvent se résumer au fait que si deux couches présentent des faunes différentes, elles peuvent être contemporaines ou alors pas du tout. Par conséquent, une différence de faune n'est pas significative. Or toutes les objections sont exprimées en termes de « différence » alors que

⁵³⁷ BOUBÉE N., 1838. « Considérations sur les moyens de déterminer la position relative des strates », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p.157.

⁵³⁸ LAJOYE F. et DESHAYES G.-P., 1838, *op.cit.*, p. 156.

pour faire une corrélation entre deux couches, il faudrait considérer les identités. Mais que signifie une ressemblance ou une similitude de faunes ? Faut-il considérer une ou plusieurs espèces communes (et quel pourcentage) pour que l'on puisse penser que deux couches sont de même âge ? Les objections précédentes ne répondent pas à ces questions. Pour cela, il est nécessaire de faire une étude, la plus exhaustive possible, de la répartition horizontale et verticale des espèces dans un bassin et d'en comparer les résultats avec ceux d'autres régions.

L'étude d'A. d'Archiac et Édouard de Verneuil (1805-1873) rassemblant et comparant les données déjà obtenues sur les terrains anciens des bords du Rhin, remplit cette fonction. Ils établissent en 1842 quelques généralités sur la faune des roches paléozoïques.

*Si l'on considère le développement de l'organisme paléozoïque [...] dans le sens horizontal, géographique, ou dans l'espace, on reconnaît : 1° que les espèces qui se trouvent à la fois sur un grand nombre de points, et dans des pays très éloignés les uns des autres, sont presque toujours celles qui ont vécu pendant la formation de plusieurs systèmes successifs ; 2° que les espèces qui appartiennent à un seul système s'observent rarement à de grandes distances, et qu'elles constituent alors des faunes particulières à certaines contrées, d'où il résulte que les espèces réellement caractéristiques d'un système de couches, sont d'autant moins nombreuses qu'on étudie ce système sur une plus vaste échelle.*⁵³⁹

La première proposition est totalement corroborée par les résultats obtenus en 1843 par Edward Forbes (1815-1854) dans les mers actuelles, de la mer Egée à l'Atlantique nord. Forbes confirme encore pour les terrains crétacés de l'Inde et de l'Europe que l'étendue de la distribution géographique des espèces, correspond généralement à l'étendue de leur distribution ou de leur existence dans le temps⁵⁴⁰.

La deuxième proposition montre qu'il semble illusoire de trouver une espèce fossile caractéristique d'une couche dans le sens où on la trouverait partout et qu'elle permettrait de donner l'âge de cette couche. Cependant, si l'on arrivait à circonscrire la distribution verticale

⁵³⁹ ARCHIAC A. d' et VERNEUIL É. de, 1842, « Résumé d'un Mémoire sur les fossiles des terrains anciens des bords du Rhin, précédé d'un coup d'œil général sur la faune des roches paléozoïques, et suivi du Tableau des corps organisés du système dévonien en Europe », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 260. Ce mémoire sera publié dans le tome VI des *Transactions de la Société géologique de Londres* sous le titre *On the fossils*, etc.

⁵⁴⁰ Le mémoire de Forbes sur les espèces actuelles est inséré dans le 13^e rapport de l'association britannique et celui sur les fossiles crétacés dans *The quart. Journ. Of the geol. Soc. Of London*, n°1, fév. 1845. In ARCHIAC A. d', 1845, *op. cit.*, p. 483-484.

d'une espèce, c'est-à-dire sa période de vie, cette distribution permettrait alors, quand on trouve cette espèce dans une couche, d'en déterminer l'époque géologique, l'âge relatif.

3) La distribution verticale des espèces fossiles : passage ou non

La distribution verticale des espèces fossiles, dans l'épaisseur des couches – et par conséquent, dans le temps – informe sur la présence d'une espèce fossile dans les couches successives et donc sur leur période de vie. Elle permet aussi de déterminer si une espèce passe ou non d'un étage à l'autre, d'une formation à l'autre, question essentielle, véritable serpent de mer en cette première moitié du XIX^{ème} siècle.

Les premières descriptions de terrains avec leur contenu fossilifère avaient permis de connaître, au moins en partie, la distribution des coquilles et principalement de leurs genres dans les couches de terrains. C'est ainsi que Cuvier et Brongniart avaient mis en évidence que la craie ne contenait aucun univalve (excepté un *Trochus*) alors que ceux-ci sont très abondants dans les terrains tertiaires. Cependant, dès 1822, des univalves furent trouvés dans les terrains secondaires. Des cérithes, par exemple, sont présents jusque dans le Lias, donc dans des couches bien antérieures à la craie. C'est d'ailleurs l'une des objections qu'Hausmann avait opposée à Forchhammer en 1824⁵⁴¹. Ainsi, de nombreux exemples (bélemnites, nummulites, mammifères, etc.) ont montré que non seulement les genres n'étaient pas en eux-mêmes significatifs d'un terrain, mais qu'en plus ils pouvaient appartenir à plusieurs systèmes, à plusieurs formations. Les genres n'avaient donc pas de valeur stratigraphique. Seules les espèces pouvaient être significatives et devaient être considérées. Reste à en déterminer la distribution verticale.

La *Description géologique des environs de Paris* de Cuvier et Brongniart a fortement marqué les travaux des géologues que ce soit en France ou à l'étranger, Angleterre, Allemagne, Danemark, etc. Dans leur *Description*, Cuvier et Brongniart démontrent que dans le Bassin de Paris aucune espèce de la craie n'est présente dans les terrains tertiaires et réciproquement. Les deux faunes sont exclusives, observation qui alimente l'idée que de grandes catastrophes se seraient produites à la surface du globe, anéantissant la faune existante. Cependant, la découverte de terrains intermédiaires, entre craie et terrains tertiaires, modifie progressivement la façon de considérer la série des terrains. En effet, il est de plus en plus évident que la série est loin d'être complète dans le bassin de Paris, notamment entre les terrains secondaires et

⁵⁴¹ Voir ch.I-3.2, fig. 18 et Correspondance, lettre 1.

tertiaires, et que manque un certain nombre de termes entre la craie blanche et le calcaire grossier.

Deux courants de pensée vont dès lors s'affronter concernant la distribution verticale des espèces.

Le premier rassemble ceux qui, comme Deshayes, pensent que les espèces peuvent passer d'un étage à un autre, ce qui permet de les lier entre eux au sein d'une formation, mais surtout qu'aucune espèce ne passe d'une formation à une autre. Il distingue ainsi cinq grandes formations :

Aux trois groupes, carbonifère, du trias et de l'oolite, [...] dont les limites sont parfaitement tranchées sous le point de vue zoologique, [...] s'ajoutent] encore ceux de la craie et des terrains tertiaires, qui ne présentent, non plus que les précédents, aucune espèce identique commune. Ainsi, cinq fois les générations se sont succédé sans présenter de rapports les unes avec les autres, et chaque fois il y a eu progression dans le nombre des espèces.⁵⁴²

A noter que Deshayes, ici, considère l'absence d'espèces *identiques* alors que bien souvent il est fait mention d'*analogues*. Ceci suppose donc une nouvelle création à chaque formation ce qu'il précise dans les *Notes de ses publications* du 4 août 1838 :

Tous les terrains de sédiment que l'on connaît à la surface de l'Europe se distinguent nettement en cinq grandes formations ou cinq grandes époques zoologiques.

La première comprend tous terrains qui, y a quelques années [sic], étaient désignés sous le nom de terrain de transition.

La seconde période renferme, avec le grès des Vosges, le muschelkalk et les marnes irisées.

Dans la troisième période, je rassemble les membres si nombreux de la formation oolitique, depuis les Quadersanstein des géologues allemands jusques et y compris les argiles de Kimmeridge des géologues anglais.

La quatrième période renferme toute la formation créacé depuis les vieux sables verts jusqu'à la craie sableuse de Maëstricht inclusivement.

⁵⁴² DESHAYES G.-P., 1838a, « Considérations sur les lois générales dans la distribution des coquilles », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 154.

Enfin, la cinquième période rassemble les trois époques tertiaires.

*Une observation importante a déterminé pour moi l'étendue de chacun de ces groupes. Là où le premier groupe se termine, toutes les espèces qu'il contient s'éteignent, et sont remplacées par celles du second groupe. Aucune espèce ne passe en identique d'un groupe à l'autre ; ce même phénomène d'extinction de toutes les races et leur remplacement subit par d'autres spécifiquement différentes, se reproduit à chacune de mes périodes Zoologiques ; par conséquent, il y a eu dans l'espace et dans le temps cinq créations successives qui ont amené les choses dans l'état où nous les voyons actuellement sur notre planète.*⁵⁴³

Beaucoup plus explicite concernant les cinq créations, il exclut totalement la possibilité du passage d'une espèce d'une formation à l'autre, une formation géologique correspondant à une de ses cinq périodes zoologiques. Il ajoute que ses travaux sur les mollusques sont en accord avec ceux d'Agassiz sur les poissons fossiles et ceux d'Adolphe Brongniart (1801-1876) sur les végétaux fossiles, travaux obtenus de façon tout à fait indépendante, sans communication entre eux. Ceci « *annonce qu'ils sont dans le vrai, et qu'ils ont doté la géogénie et la géologie de vérités nouvelles importantes pour l'avenir de ces belles sciences* »⁵⁴⁴. F. de Roissy ajoutera à la liste, les travaux de Charles Desmoulin (1798-1875) pour les radiaires et de Henri Milne-Edwards (1800-1885) pour les polypiers, généralisant les observations à tous les groupes ou presque⁵⁴⁵.

Rozet, Théodore Virlet (1800-1894) et Constant Prévost appuient la concordance entre divisions géologiques et groupes zoologiques. Virlet pense même que les cinq grands groupes zoologiques ainsi définis pourraient servir de *jalons, ou plutôt d'horizons géognostiques*⁵⁴⁶ pour distinguer les dislocations locales du globe des soulèvements plus généraux, capables de déterminer un changement complet des êtres organisés. Mais Constant Prévost objecte que les observations de Deshayes étant réalisées « *sur une partie infiniment petite du globe, ce serait trop présumer que d'en vouloir déduire des lois générales* »⁵⁴⁷, objection avec laquelle est

⁵⁴³ DESHAYES G.-P., 1838c, *Notes sur des publications faites par M. G.-P. Deshayes, (4août 1838)*, Paris, Bourgogne et Martinet, p. 7.

⁵⁴⁴ *Ibid.*, p. 7.

⁵⁴⁵ ROISSY F. de, 1838, *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 188.

⁵⁴⁶ VIRLET T., 1838, « Remarques », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 157.

⁵⁴⁷ Discussion qui suit DESHAYES G.-P., 1838a, *op. cit.*, p. 156.

parfaitement d'accord Boué⁵⁴⁸, rejoignant par-là l'autre courant de pensée.

Le deuxième courant rassemble en effet ceux qui, comme Constant Prévost, pensent que les espèces peuvent passer d'un système à l'autre.

Constant Prévost (1787-1856), (fig. 51) commence des études de médecine avant de se tourner vers la géologie sous l'influence de Brongniart. Il enseigne en 1821, la géologie à l'Athénée, puis la géologie et la minéralogie à l'École centrale des Arts et Manufactures à sa création en 1829 avant d'être nommé, en 1831, à la chaire de géologie créée à côté de celle de minéralogie à la Faculté des Sciences de Paris, à la Sorbonne. Il est avec Louis Cordier l'un des principaux fondateurs de la Société géologique de France en 1831. Il en est président en 1834, 1839 et 1851, et prend une part active et critique aux discussions. En 1848, il entre à l'Académie des Sciences au siège de Brongniart, après cinq échecs notamment contre Élie de Beaumont et Dufrénoy⁵⁴⁹. Partisan du principe des causes actuelles, il est opposé au catastrophisme et pense que l'on doit pouvoir trouver des intermédiaires entre les formes crétacées et les formes tertiaires connues à l'époque. Critique à l'égard des théories d'Élie de Beaumont, il l'est aussi de l'abus de l'usage de la zoologie en géologie. Comme Boué, toujours prudent quant à la théorisation, Constant Prévost met en garde contre le mésusage de la paléontologie et les théories en vogue – sous-entendu catastrophisme et créationnisme.



Figure 51 – Constant Prévost (1787-1856).
Source wikimedia.org

Constant Prévost avait déjà avancé, en 1833, à propos des terrains intermédiaires, que *si l'on passe d'une question de fait à une question de théorie,*

[...] l'espèce d'hiatus indiqué aux environs de Paris et dans un grand nombre d'autres lieux, entre la craie et les terrains tertiaires, par les superpositions contrastantes et la différence brusque dans les espèces fossiles, peut n'être considéré que comme un phénomène local [...]. A priori, on peut avancer qu'entre

⁵⁴⁸ BOUÉ A., 1842b, « Note additionnelle à mes remarques sur la paléontologie », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 131. Cette note, envoyée de Vienne en Autriche, où il s'est installé en 1835, est, entre autre, une réponse aux discussions de 1838 à la Société géologique de France.

⁵⁴⁹ GOHAU G., 1987, « À propos d'un bicentenaire : Constant Prévost (1787-1856) et la théorie du soulèvement ». *Travaux du COFRHIGEO*, 3^{ème} série, t. I, n° 5, p. 41-48.

*la craie et les terrains tertiaires parisiens, on trouvera quelque part des passages zoologiques aussi nuancés que l'on trouve entre les différents étages des terrains tertiaires.*⁵⁵⁰

En 1837, Boubée reprendra à son compte cette théorie. En opposition à Deshayes, qui considère que le calcaire pisolithique tertiaire, bien que positionné entre la craie et l'argile plastique, ne peut pas être considéré comme un passage réel entre le terrain secondaire et le terrain tertiaire, Boubée objecte que le passage des terrains tertiaires à la craie qui ne se voit pas dans le Nord-Ouest de la France, existe vraisemblablement quelque part, peut-être dans le midi de la France⁵⁵¹. Il s'appuie pour cela sur l'absence, dans le midi, de limite géologique précise entre le système crétacé et les terrains tertiaires et la présence à leur jonction du *banc à Nummulites*, qui soulèvera des discussions animées à la Société géologique de France pendant plusieurs années (voir plus loin). Cette opposition, qui n'est encore qu'une supposition quoique reposant déjà sur quelques données, va rencontrer un soutien grandissant. É. de Verneuil signale, en février 1838, « *que la question de l'existence ou de la non-existence des mêmes espèces de fossiles dans des terrains différents, [...] a occupé aussi les conchyliologistes allemands, et que la plupart d'entre eux ont admis des mélanges d'espèces appartenant à des époques géologiques très éloignées.* »⁵⁵², indiquant par-là qu'en-dehors de France aussi, se pose la question de l'existence ou non de mélanges de fossiles de plusieurs formations. Les géologues allemands ont conclu à l'existence de tels mélanges alors qu'en France on peine encore à les admettre. Le frein provient davantage d'une question théorique et philosophique que d'un manque d'observations et de données paléontologiques.

Cependant, l'idée fera progressivement son chemin. La découverte de terrains intermédiaires, contenant des mélanges de fossiles de formations différentes, crétacés et tertiaires par exemple, notamment dans le midi de la France, remet en cause la théorie, jusque-là acceptée, de l'absence de passage d'une formation à l'autre. Mais d'autres études seront nécessaires pour emporter l'adhésion en France.

Afin d'établir, si possible, des lois de répartition pour corrélérer des lambeaux non rattachés au reste d'une formation, A. d'Archiac recherche les rapports existant en différents points d'une

⁵⁵⁰ PRÉVOST C., 1833, « Réponse aux observations critiques faites par M. F. Hoffmann sur la coupe générale du sol de Sicile », *Bull. Soc. géol. France*, 3, p. 182.

⁵⁵¹ BOUBÉE N., 1838, « Objection à la note de M. Deshayes concernant le passage des terrains tertiaires à la craie », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p.14.

⁵⁵² VERNEUIL É. de, 1838, « Citation d'auteurs d'opinions divergentes de celle de M. Deshayes », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p.185.

couche ou d'un système de couches. En 1838, il en publie les résultats, *Observations sur le groupe moyen de la formation crétacée* de la Bourgogne à l'Angleterre en passant par les Ardennes, et étendues à l'Est en Belgique et dans la Prusse Rhénane. Il en déduit que :

*[...] plus les divers étages d'une formation sont développés, plus aussi les caractères organiques de chacun d'eux sont tranchés, ou, en d'autres termes, moins il y a d'espèces communes ; et qu'ensuite, à mesure que le nombre des membres de cette formation diminue, d'une part les espèces des divers étages tendent à se mélanger, et de l'autre il se développe de nouveaux genres et de nouvelles espèces en proportion inverse du nombre des étages persistants.*⁵⁵³

Ceci signifie que si l'étage est très développé, c'est-à-dire que la sédimentation a été abondante, les fossiles sont bien caractérisés et caractéristiques. Par contre, si les sédiments ont été peu abondants comme en bordure de bassin, le temps qu'ils représentent est en quelque sorte plus contracté et les fossiles plus concentrés, plus tassés et se trouvent mélangés, aux limites de l'étage, avec ceux des étages contigus. C'est pourquoi, observant des espèces présentes à la fois dans les couches supérieures de la formation jurassique et dans les couches inférieures de la formation crayeuse, il ajoute « *s'il existe un passage entre les fossiles de deux formations successives, il faudra chercher le mélange principalement dans ces points extrêmes [les bords du bassin]* »⁵⁵⁴.

A. d'Archiac reprend avec É. de Verneuil cette idée de passage d'une formation à l'autre lors de l'étude des trois systèmes paléozoïques qui « *se relie entre eux zoologiquement par un petit nombre d'espèces communes* ». Et en réponse à ceux qui estiment que des cataclysmes, des soulèvements ont bouleversé la surface de la terre, faisant disparaître toutes les espèces existantes, ils objectent que la plupart des espèces et les genres

[...] ont successivement cessé de vivre, pour être remplacés par d'autres qui ont disparu à leur tour, tandis que quelques uns, persistant à se montrer dans toutes les périodes, vivent encore dans nos mers [...].

Or, si des espèces ont pu résister à tous les changements [... il doit] en être de même pendant la formation des couches secondaires bien moins puissantes, et l'on admettra difficilement que les soulèvements qui, pendant le dépôt de ces dernières, ont changé le relief du sol de certaines contrées, aient pu occasionner en même

⁵⁵³ ARCHIAC A. d', 1839b, *op. cit.*, p. 291.

⁵⁵⁴ *Ibid.*, p. 297.

*temps la destruction complète des animaux qui vivaient alors dans les mers les plus éloignées du théâtre de ces bouleversements.*⁵⁵⁵

Leur étude a montré que, même si les faunes se sont succédé, certaines espèces sont passées d'une formation à l'autre. Et s'il en est ainsi, les événements responsables des changements n'ont pas été si catastrophiques et sont restés localisés.

Matheron est tout aussi affirmatif : « *Ce que j'ai dit, c'est qu'il était incontestable que certaines espèces passaient d'un étage à un autre étage, en d'autres termes, qu'une même espèce occupait quelquefois dans la série géognostique une hauteur verticale plus ou moins considérable. [...] j'admets le passage d'une formation à l'autre : voilà la distance qui nous sépare* »⁵⁵⁶. Il est vrai qu'en 1842 il n'y a plus guère qu'Alcide d'Orbigny, une exception à ces deux courants, pour penser qu'il n'y a aucun passage entre étages. Mais nombreux sont encore ceux qui pensent qu'il n'y a pas de passage entre formations. « *Cette distance [...] tient à ce que mes adversaires accordent à ce mot de formation un sens absolu que mes convictions, déduites par l'analyse de ce qui existe aujourd'hui par rapport aux terrains tertiaires, m'empêchent d'adopter* »⁵⁵⁷, dira Matheron. Pour lui, il suffit d'observer ce qui existe pour être certain que certaines espèces passent d'une formation à l'autre. Le terme de « formation » ne détermine donc pas une exclusion paléontologique.

Enfin, lors de la séance du 5 juin 1843 à laquelle assiste Lyell, les points de vue anglais et français s'opposent à propos du terrain à Nummulites.

Dufrénoy fait observer que *les géologues français admettent des différences très tranchées, des hiatus entre chaque formation*, autrement dit qu'il ne peut y avoir de passage et d'intermédiaires entre les terrains crétacés et les terrains tertiaires. Remarquons au passage qu'il ignore ainsi superbement l'opinion de nombreux géologues qui, en France, comme nous venons de le voir, pensaient déjà à cette époque, qu'il existait des terrains de passage.

Lyell soutient que les géologues anglais, bien qu'ils acceptent l'existence de hiatus, pensent qu'il existe des passages, passages qu'ils recherchent. C'est d'ailleurs dans l'espoir de trouver un *terrain de passage intermédiaire* entre les terrains crétacés et tertiaires qu'il a entrepris son voyage en Amérique. Dufrénoy insinue que cette *idée systématique* a dû influencer sur le jugement

⁵⁵⁵ ARCHIAC A. d' et VERNEUIL É. de, 1842, « Résumé d'un Mémoire sur les fossiles des terrains anciens des bords du Rhin, précédé d'un coup d'œil général sur la faune des roches paléozoïques, et suivi du Tableau des corps organisés du système dévonien en Europe », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 259.

⁵⁵⁶ MATHERON P., 1842, *op. cit.*, p. 446.

⁵⁵⁷ *Ibid.*, p. 446.

des géologues anglais (Pratt et Lyell) sur les terrains de Biarritz. Mais Lyell lui rétorque qu'au contraire, en Amérique, *malgré ses préventions*, il a *résisté à l'opinion qui leur était favorable* en se contentant des faits et que le terrain de Biarritz contenant en grande majorité des espèces tertiaires, en grande minorité des espèces considérées comme appartenant à la craie et *un tiers d'espèces inconnues*, paraissait *beaucoup plutôt tertiaire que secondaire* et représentait donc, pour lui et Samuel Pease Pratt, l'intermédiaire tant recherché⁵⁵⁸.

Peut-on considérer que Lyell a changé d'opinion depuis son attribution, huit ans auparavant, du calcaire de Faxe à la formation crétacée ? Pas à proprement parler dans la mesure où la faune de ce calcaire avait certes une allure tertiaire mais beaucoup d'espèces restaient inconnues. Aucune n'était vraiment attribuée aux terrains tertiaires et deux espèces crétacées, *Belemnites mucronatus* et *Baculites Faujasii*, avaient alors suffi à cette attribution. Dans le cas des terrains à Nummulites, le problème est différent puisqu'on y observe un mélange des espèces crétacées et tertiaires.

Plus qu'une opposition entre français et anglais, Dufrenoy et Lyell mettent en évidence ici les deux courants de pensée qui circulent à cette époque. La position de Dufrenoy, Élie de Beaumont, Deshayes⁵⁵⁹, A. d'Orbigny et quelques autres pour lesquels chaque formation est nécessairement précédée et suivie par un cataclysme, une révolution générale provoquant l'anéantissement de tous les êtres et leur remplacement par de nouvelles créations. Il ne peut y avoir de passage d'espèces d'une formation à l'autre ni par conséquent de terrains intermédiaires. Pour ceux-ci, le Danien ne pouvait être tertiaire.

La deuxième position est celle des géologues allemands, anglais, Lyell et Pratt bien sûr, et de français de plus en plus nombreux⁵⁶⁰, qui en observant les faits, interprètent les terrains à mélange de fossiles comme étant des terrains intermédiaires indiquant le passage des espèces d'une formation à une autre d'une part, et le passage insensible d'une forme à l'autre, d'autre part. Cette transformation progressive des individus et des espèces a déjà été évoquée par Constant Prévost⁵⁶¹ dans les années 1820 et à plusieurs reprises au sein de la Société géologique

⁵⁵⁸ LYELL Ch., 1843, *op. cit.*, p. 534.

⁵⁵⁹ Cependant, les échantillons de Pratt et leur signification sont à l'origine du changement de position de Deshayes, comme nous l'avons déjà évoqué dans la discussion de notre deuxième partie.

⁵⁶⁰ Constant Prévost, Leymerie, A. d'Archiac, É. de Verneuil, Matheron, Boubée pour n'en citer que quelques-uns.

⁵⁶¹ Constant Prévost est à la fois uniformitarien et transformiste, il a suivi les cours de Lamarck en 1809-1810 et 1812. Il admet, contrairement à Lyell, des modifications graduées et insensibles des espèces soumises aux conditions géoclimatiques et les progrès de la création des espèces les plus simples jusqu'à l'Homme. *In* CORSIP., 1983, *Oltre il mito, Lamarck e le scienze naturali del suo tempo*, Bologne, Il Mulino, Traduction française par Diane Ménard : *Lamarck, Genèse et enjeux du transformisme*, Paris, CNRS Éditions, 2001, p. 260-261.

de France à commencer par Boué qui, en s'appuyant sur les travaux et théories d'Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) soutient en 1834, « *La transmutation des espèces admises, [...] Alors aussi la géologie cesse d'être embarrassée de cet attirail de cataclysmes, et de féeries de créations détruites et reproduites, héritage inconsidérément accepté par des zoologistes paléontographes* »⁵⁶². Certains restent prudents, à l'exemple de Lajoie qui « *pense qu'il vaut mieux adopter les passages d'êtres les uns aux autres par modifications successives que par une création spontanée* »⁵⁶³ rejoignant par-là Deluc qui ne pouvait concevoir des créations répétées⁵⁶⁴. Deluc montre, après Soulavie, que les répétitions de créations ne sont guère chrétiennes ; ce bibliciste préfère expliquer la succession des faunes par un transformisme plutôt que par une succession de générations spontanées⁵⁶⁵. Quant à Omalius d'Halloy, celui-ci qui pensait en 1831 que les êtres vivants descendaient, par *voie de génération* et par *modifications successives* des êtres des premiers temps, avoue avoir été ébranlé un certain temps par la *doctrine* paléontologique affirmant qu'aucune espèce d'un système ne se retrouvait jamais associée à celle d'un autre système. En 1846, alors que cette doctrine est à son tour ébranlée, il revient à ses premières préférences⁵⁶⁶. D'autres refusent ouvertement l'idée de création comme A. d'Archiac qui, à la séance du 5 juin 1843, réplique à Dufrenoy :

*Il n'est pas prouvé qu'une espèce ne puisse passer d'une formation dans une autre, [...] et, porté comme je le suis à la recherche du passage encore inconnu des géologues anglais, il me semble difficile d'admettre que lors de tel ou tel soulèvement, toutes les espèces aient disparu de la surface de la terre, et que la création ait ensuite recommencé sur de nouveaux frais.*⁵⁶⁷

De même, Constant Prévost évoque un mémoire communiqué en 1829 à l'Académie des Sciences dans lequel il affirmait : « [...] *en laissant de côté la difficulté, insoluble pour nous, de concevoir la création subite et de toutes pièces d'une espèce nouvelle* [...] ».⁵⁶⁸

⁵⁶² BOUÉ A., 1834, « Résumé des progrès des sciences géologiques pendant l'année 1833 », *Bull. Soc. géol. France*, 5, p.117-118.

⁵⁶³ LAJOIE F., 1838, *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 264.

⁵⁶⁴ DREYER F., 2017b, « 1817, mort de Jean-André Deluc », *La Science au présent*, Encyclopædia Universalis, Paris, p. 239.

⁵⁶⁵ GOHAU G., 2012, « Des espèces perdues aux espèces analogues (1563-1809) ». *Bull. SHESVIE*, vol.19, n° 1, p. 9-20.

⁵⁶⁶ OMALIUS D'HALLOY J.-B. d', 1846, *op.cit.*, p. 490-491.

⁵⁶⁷ ARCHIAC A. d', 1843, « Réponse à M. Dufrenoy concernant la position des couches nummulitiques », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 536-537.

⁵⁶⁸ PRÉVOST C., 1845a, « Note sur le terrain nummulitique de la Sicile, et considérations générales à ce sujet », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 2 p. 32.

Maintenant comment interpréter les fossiles « *inconnus* » selon Pratt et que Dufrénoy qualifie de « *pour ainsi dire neutres* » sous-entendu sans valeur stratigraphique ? Dufrénoy demande « *la permission d'en [de ces espèces] faire des espèces crétacées, tandis que MM. D'Orbigny et d'Archiac en feront sans doute des espèces tertiaires* »⁵⁶⁹. Dans le même temps, toujours insistant, « *il pense qu'on sera obligé, en définitive, de revenir à la géologie, à la superposition, pour reconnaître les différentes formations.* » Nous sommes en 1843. Dufrénoy et Élie de Beaumont sont, en France, les autorités en géologie et représentent un frein au développement des idées nouvelles et de la paléontologie en particulier, même s'ils l'utilisent en absence d'autre critère accessible.

Ainsi, à chaque découverte de nouvelles espèces, se pose la question de leur place dans la classification et de leur position stratigraphique. Se pose surtout le problème de leur création facilement éludé. Chacun, selon la théorie qu'il utilise, leur assignera la position qui lui convient le mieux, à moins de laisser la question en suspens. Au fur et à mesure des nouvelles descriptions de terrains, les lacunes, les hiatus observés en certains lieux, comme dans le bassin de Paris, sont progressivement comblés par des terrains d'autres régions. Pourtant Boué notait dans ses lettres adressées à la Société en 1841 : « *En voyant les progrès faits depuis vingt ans, il y a plutôt lieu de juger ce qu'il reste à faire que de se complaire dans des résultats appuyés sur des relevés géologiques d'une si petite partie du globe* »⁵⁷⁰ et en 1842, il ajoutait « *Nous ne possédons la monographie complète des fossiles d'aucune localité* »⁵⁷¹. Il soulignait ainsi, malgré les progrès, un enregistrement des faunes encore trop incomplet et trop local avec son corollaire : la difficulté d'en tirer des généralités, des lois.

Cependant, dans les années suivantes, les observations se multiplient, s'effacent certains dogmes et se modifient l'interprétation des résultats et la perception de l'histoire de la vie sur le globe.

4. La maturité du système de référence : les années 1850-1880

Au tournant des années 1850, l'importance des fossiles en géologie ne fait plus aucun doute. La paléontologie a fait d'immenses progrès grâce aux études considérables menées par un

⁵⁶⁹ DUFRÉNOY A., 1843b, *op. cit.*, p. 534-535.

⁵⁷⁰ BOUÉ A., 1842a, « Lettre adressée à M. Michelin », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 91-92.

⁵⁷¹ BOUÉ A., 1842b, *op. cit.*, p. 136.

certain nombre de paléontologistes en Europe et en Amérique du Nord. Citons par exemple Deshayes⁵⁷² (pour le bassin de Paris), A. d'Orbigny⁵⁷³ (pour les animaux mollusques et rayonnés) et A. d'Archiac⁵⁷⁴ (corrélations entre terrains tertiaires, etc.) en France, François-Jules Pictet (1809-1872)⁵⁷⁵ en Suisse, et l'américano-suisse Agassiz (pour les poissons d'Europe et d'Amérique du Nord), en Angleterre... et Heinrich Georg Bronn (1800-1862)⁵⁷⁶ en Allemagne. Et enfin les deux grands rivaux américains Cope et Othniel C. Marsh (1831-1899), pour les dinosaures et vertébrés d'Amérique du Nord.

Certes, les fossiles n'ont pas encore été tous décrits mais le répertoire fossile commence à s'étoffer aussi bien en ce qui concerne la classification des genres et des espèces que leur localisation et leur position dans la série des couches.

En effet, la taxonomie est globalement en place et de nombreuses synonymies ont été établies. Mais quel(s) nom(s) retenir ? Se posent encore des problèmes de priorité. D'ailleurs, ces questions de synonymie et de priorité seront à nouveau évoquées au premier Congrès international de géologie en 1878. En effet, M. Jaime Almera (1845-1919) (Espagne) émet l'opinion qu'une « *Réimpression méthodique de tous les ouvrages de paléontologie* » serait utile. « *On aurait ainsi le moyen, et même l'obligation d'établir une synonymie exacte et de débarrasser la science d'un trop grand nombre de termes inutiles* », réflexion qui montre combien il reste encore à faire en ce domaine en 1878. D'autre part, Jules Gosselet (1832-1916), professeur à la Faculté des Sciences de Lille et directeur de la Société géologique du Nord, propose au cours de sa communication « De la synonymie des espèces au point de vue du droit

⁵⁷² Après son *Traité élémentaire de conchyliologie avec les applications de cette science à la géologie* (1839-1853), Deshayes se consacre à la *Description des animaux sans vertèbres découverts dans le bassin de Paris*. Publiée en trois volumes de 1860 à 1866, bien que limitée au Bassin de Paris, elle est une référence

⁵⁷³ Dans son *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique* (1849-1852) suivi du *Prodrome de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés* (1850-1852), A. d'Orbigny développe une classification des terrains en 28 étages pour lesquels il donne la liste des fossiles. Cependant, la partie correspondant aux terrains paléozoïques qu'il connaissait mal, est fort peu développée alors qu'ils représentent les deux tiers des terrains stratifiés de l'Europe et de l'Amérique du Nord connus en 1850-1852. Il utilise peu les recherches de l'américain Emmons, des anglais Sedgwick et Murchison ou encore des Français É. de Verneuil et Barrande. Très réputée et appréciée, cette paléontologie était donc surtout utile à ceux qui s'occupent des terrains secondaires ou tertiaires. In MARCOU J., 1897, « Sur les équations personnelles et nationales dans les classifications stratigraphiques », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 810. Alors qu'il était professeur suppléant de géologie à la Faculté des Sciences de Paris, ce travail considérable valut à A. d'Orbigny sa renommée et la chaire de paléontologie créée pour lui en 1853 au Muséum d'histoire naturelle. Sa classification semble avoir eu un grand retentissement et avoir donné un coup d'accélérateur à la paléontologie stratigraphique par l'ampleur de ses résultats, malgré les oppositions liées à ses dogmes philosophiques, « à chaque étage, une nouvelle création » et une certaine animosité liée au mépris et à la condescendance qu'il pouvait montrer à l'égard de ses contemporains. In CORSI P., 2008, *Fossils and reputations. A scientific correspondence: Pisa, Paris, London, 1853-1857*, Pisa, Plus-Pisa University press, p.14-24.

⁵⁷⁴ À un grand nombre de monographies, il faut ajouter une *histoire des progrès de la géologie* en huit volumes.

⁵⁷⁵ La deuxième édition de son *Traité élémentaire de Paléontologie* est publiée de 1853 à 1857.

⁵⁷⁶ *Lethaea geognostica et Die Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs*, ce dernier publié de 1859 à 1862.

de priorité », l'établissement d'une « sorte de tribunal » qui déterminerait les règles à adopter en cas de synonymie. En réponse, le Congrès adopte l'institution d'une « Commission chargée d'étudier, avant le Congrès suivant, la question des Règles à suivre pour établir la nomenclature des espèces » et il nomme six membres pour la paléontologie et deux pour la minéralogie⁵⁷⁷. Ceux-ci rendent le résultat de leurs travaux en 1881, au deuxième Congrès international de géologie de Bologne qui maintient la nomenclature binominale et préconise la règle de la priorité mais sans remonter au-delà de Linné (1776). Après les pressions exercées par la Société botanique de France qui considérait le Congrès géologique incompetent en matière de nomenclature des êtres vivants, le Congrès géologique affirme qu'il est indispensable de connaître « aussi » les différentes formes fossiles dans les époques successives pour bien comprendre *les limites des espèces ou variétés, celles des genres, etc.* En conséquence, il suggère la réunion d'un congrès spécial de savants (botanistes, zoologistes et paléontologistes-géologues) pour *trancher définitivement les questions de nomenclature et de synonymie des espèces.*⁵⁷⁸

Malgré ces problèmes en cours de solution, il n'en demeure pas moins que les descriptions paléontologiques des terrains ont acquis dès 1860 une précision et une qualité jusque-là inégalées. Pour les formations sédimentaires, la recherche de fossiles est devenue le point crucial et les noms d'espèces sont dans la très grande majorité des cas, précisés – si l'état des fossiles le permet bien entendu – et souvent vérifiés par un pair.

La lithologie n'est jamais oubliée ; la plus accessible, elle est d'ailleurs toujours la première détaillée bien qu'elle ne soit que d'application locale très restreinte dans le cadre de corrélation. Elle sert d'ailleurs à nommer la roche. Mais, l'on sait alors qu'elle donne des informations sur le mode de formation de la roche et les conditions environnementales des dépôts, autrement dit sur le faciès. Il est aussi un fait que la biogéographie développée au début du siècle a mis en évidence les relations entre les espèces vivantes et leur environnement. Ainsi, lithologie, biogéographie et études de la distribution horizontale des espèces fossiles dans les couches ont permis de mettre en relation les espèces fossiles et leur milieu de vie. La paléontologie fournit donc elle-aussi des indications de faciès mais surtout, les fossiles apportent une information supplémentaire : l'âge relatif de la roche qui les contient.

⁵⁷⁷ Anonyme (1880), Congrès International de Géologie : Comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences, Paris, 1878, Paris, Imprimerie nationale, p. 142, 165-167 et 276.

⁵⁷⁸ HÉBERT E., 1882, « Un mot sur le Congrès géologique international de Bologne », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 10, p. 24.

En effet, dès lors que la relation entre les faunes (et flores) et l'ancienneté des couches fut démontrée, l'étude de la distribution verticale des espèces fossiles dans les couches, associée aux relations de superposition, c'est-à-dire à la stratigraphie *stricto sensu*, permet de connaître l'âge relatif de ces fossiles et donc de déterminer l'âge relatif des roches qui les contiennent. Lors de la leçon d'ouverture de son cours de Géologie à la Sorbonne, Hébert s'exprime en ces termes :

*Les deux instruments du géologue, la stratigraphie et la paléontologie sont, comme vous le voyez, intimement liés. Ces deux méthodes se rendent de mutuels et fréquents services. C'est la stratigraphie qui nous révèle l'ordre de succession des fossiles, c'est-à-dire les lois de la paléontologie et qui nous montre que ces lois survivent même aux caractères qui ont servi à les établir. [...] Vous le voyez donc, la stratigraphie est la base des études géologiques et paléontologiques, mais la paléontologie a l'avantage d'imprimer à chaque époque un cachet spécial facile à saisir. Tels sont, messieurs, les moyens que la géologie a su se créer pour classer les événements de cette longue histoire selon leurs dates relatives.*⁵⁷⁹

A. d'Archiac ne dit pas autre chose lorsqu'il dit que la paléontologie met ainsi à la disposition du géologue le seul chronomètre qui puisse lui servir à mesurer les âges de la terre.⁵⁸⁰ Milieu de vie et âge relatif des espèces étant connus, il devient dès lors possible au cours de la description d'un nouveau terrain d'en déterminer les fossiles (au moins pour la plupart) ou de les rapprocher d'espèces déjà connues et, ainsi, d'en connaître l'âge et l'environnement. Il devient donc possible d'écrire une histoire géologique locale à partir de la succession des couches.

Avec la paléontologie, les géologues possèdent donc un système de référence ou si l'on préfère une grille d'analyse, pertinents pour l'étude des séries sédimentaires, qui résulte d'une combinaison rationnelle, comme disait Boué, de la géologie et de la paléontologie. Cet outil, la paléontologie stratigraphique, est certes encore incomplet mais il pourra être développé sans changement conceptuel majeur.

Il en résulte un autre changement qui s'opère dans ces années-là,

⁵⁷⁹ HÉBERT E., 1857, « Cours de géologie, Leçon d'ouverture (25 mars 1857) », *Revue des Cours publics*, 5 et 12 avril 1857, p. 9-10.

⁵⁸⁰ ARCHIAC A. d', 1862, *op. cit.*, p. V.

Au cours des années 1830-1850, les descriptions sont essentiellement locales et corrélées au sein d'un même bassin sédimentaire et par conséquent, circonscrites au contexte régional. Il était alors possible d'établir l'histoire des évènements géologiques régionaux et des êtres vivants, mais cet ensemble ne pouvait pas donner une histoire générale du globe. Pour cela, il fallait corréler les séries sédimentaires entre les différents pays d'Europe et du monde, chose aisée pour certains étages de quelques pays – et cela a déjà été fait par endroit – mais de façon générale très complexe, les formations sédimentaires et leurs couches n'étant jamais exactement identiques, jamais totalement différentes. Les relations demeurent ambiguës, et il est de ce fait bien difficile de trancher.

La grande affaire, à partir des années 1850, est donc la recherche d'une histoire globale de la Terre, c'est-à-dire non seulement la répartition des terres et des mers mais aussi l'histoire de la vie à la surface du globe aux différentes périodes. Pour cela, il faut déterminer la succession des êtres vivants et par conséquent faire des corrélations entre les formations, les séries et les étages. La difficulté de cet enjeu est considérable.

Un exemple illustre parfaitement la difficulté et l'ampleur du travail nécessaires : celui des couches à mélange de fossiles crétacés et tertiaires décrites par Leymerie en 1843 dans les Corbières⁵⁸¹ (et correspondant à celles que Dufrénoy avait décrites en 1829 pour la première fois), ensemble de couches semblant faire la transition entre les formations crétacée et tertiaire. Ne sachant où les positionner, crétacées ou tertiaires, il propose de créer *provisoirement*⁵⁸², pour ce terrain qu'il appelle aussi terrain à Nummulites, un *nouveau système épicrotécé* entre les systèmes crétacé et tertiaire qui comprendrait *naturellement* le calcaire pisolithique. L'histoire commence donc au tournant de 1830 et, associée étroitement à celle du Danien, ne trouvera sa solution qu'à la fin du XIX^{ème} siècle.

Malgré la présence de fossiles tertiaires, Leymerie penche vers un rattachement au Crétacé de cet ensemble puissant de couches dont le fossile le plus abondant et le plus caractéristique est les Nummulites⁵⁸³, et ce pour des raisons stratigraphiques : d'une part le calcaire à Nummulites est soulevé jusqu'à la crête du Mont-Perdu dans les Pyrénées, d'autre part il est parfaitement concordant avec les couches crétacées (*aucune interruption ni discontinuité*⁵⁸⁴). Cette manière de voir les choses agrée bien évidemment à Élie de Beaumont et Dufrénoy qui placent le début

⁵⁸¹ LEYMERIE A., 1843, *op. cit.*, p.527-531.

⁵⁸² LEYMERIE A., 1845a, « Mémoire sur le terrain à Nummulites (épicrotécé) des Corbières et de la Montagne Noire (Aude) », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 2, p.16.

⁵⁸³ LEYMERIE A., 1843, *op. cit.*, p.527.

⁵⁸⁴ LEYMERIE A., 1845a, *op. cit.*, p. 14.

du système tertiaire après le soulèvement des Pyrénées. Cependant, précisant sa pensée quelques mois plus tard, Leymerie souligne :

Enfin, il y a là, sous le rapport paléontologique, un changement complet. C'est donc réellement l'aurore d'un nouvel ordre de choses, c'est-à-dire l'Eocène pour le Midi ; de même que les sables inférieurs du Soissonnais et l'argile plastique du bassin de Paris et de Londres commencent l'Eocène du N.

*La question est maintenant de savoir si ces deux Eocènes sont contemporaines.*⁵⁸⁵

Leymerie jugeant que « *la période de formation du terrain à Nummulites du S. "doit correspondre à la fois à la fin de la période crétacée et au commencement de la période tertiaire du N."* » crée le nouveau nom « *Épicrétacé* » plutôt que d'utiliser celui de « *Oldest Eocen* », nom « *donné par les géologues anglais au terrain à Nummulites de Bayonne, quoiqu'il me paraisse le meilleur de tous ceux qui ont été jusqu'à présent proposé.* » Il refuse d'utiliser un terme anglais pour des terrains français même s'il lui semble plus approprié. Il lui préfère celui d'« *épicrétacé* » bien qu'il ait l'inconvénient de donner, quoiqu'il en dise, une connotation crétacée alors que « *oldest Eocen* » a une connotation tertiaire. La raison est probablement aussi, et peut-être même surtout, que, seule, la partie supérieure de son système épicrétacé contient des Nummulites (son étage épicrétacé est donc plus étendu que le terrain à Nummulites de Bayonne).

De la sorte, selon le critère choisi, la position du système épicrétacé change : ceux qui s'attachent à la stratification, les géologues, le considère crétacé alors que ceux qui s'attachent à la paléontologie (et aux fossiles tertiaires) en font une formation tertiaire.

Au cours des années 1840, les études successives démontrent la présence de cette formation nummulitique dans tout le pourtour méditerranéen, les Alpes, et jusqu'en Asie méridionale et en Inde (donc dans une grande mer méridionale asiatico-méditerranéenne). Les comparaisons stratigraphiques et faunistiques montrent une *similitude frappante de cette faune avec celle de la formation tertiaire inférieure du nord-ouest, et sa différence presque totale avec la faune secondaire la moins ancienne*⁵⁸⁶ permettant ainsi de la mettre en parallèle avec la formation tertiaire inférieure du nord-ouest (qui en serait un facies d'estuaire). Ainsi, l'extension de cette formation nummulitique de l'ouest de l'Europe jusqu'en Inde, l'étude approfondie des faunes

⁵⁸⁵ LEYMERIE A., 1845b, « Lettre sur le terrain à Nummulites des Corbières », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 2, p. 271.

⁵⁸⁶ ARCHIAC A. d', 1850, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1849*, Paris, Au lieu des séances de la Société, tome 3, Formation nummulitique, Roches ignées ou pyrogènes des époques quaternaire et tertiaire, p. 221.

et des gisements de par le monde ont permis de positionner clairement les assises contenant les Nummulites dans le Tertiaire inférieur. Ce débat enfin clos, s'imposent deux conséquences : la première est que le soulèvement des Pyrénées ne marque pas le début de la période tertiaire, il en est plus récent contrairement à ce qu'avait affirmé et imposé Élie de Beaumont ; la deuxième est que la partie supérieure, au moins, de l'étage épicrotécé de Leymerie est tertiaire.

Lors de la séance d'ouverture de la réunion extraordinaire à Saint-Gaudens, le 14 septembre 1862, Leymerie décide d'abandonner le nom d'« épicrotécé » au profit de celui d'« étage garumnien »⁵⁸⁷ qui lui semble plus approprié, étage qui correspondrait à *une craie supérieure à toutes celles qui ont été jusqu'à présent reconnues, même à celle de Maëstricht*. Dans les faits, il scinde l'Épicrotécé en deux parties : les couches supérieures contenant les Nummulites passent dans l'Éocène pyrénéen donc dans le terrain tertiaire comme il l'avait déjà suggéré en 1853⁵⁸⁸ tandis que les assises inférieures sont rassemblées dans l'étage garumnien, étage crétacé mais au-dessus de la craie de Maastricht. L'étage garumnien correspondrait à la lacune entre craie et argile plastique dans le bassin de Paris. Il a donc la même position dans la série sédimentaire que le calcaire de Faxe, *type de l'étage danien d'A. d'Orbigny*⁵⁸⁹. Toutefois, il est encore trop tôt pour en faire l'analogie, un seul fossile commun ayant été découvert, un grand Pleurotomaire conique, *P. danica*, Leym.⁵⁹⁰

On le voit ici, le Danien a été installé à la fin des années 1840 dans le Crétacé supérieur et cette attribution est parfaitement admise. Il est évoqué dans ce contexte de 1866, exclusivement à titre d'analogie, d'étage qui comble la lacune entre la craie de Maastricht et l'Éocène inférieur. D'autres formations qui ont, semble-t-il, cette même position stratigraphique sont décrites dans

⁵⁸⁷ « Garumnien » vient de *Garumna*, « Garonne ». In LEYMERIE A., 1862, « Aperçu géognostique des petites Pyrénées et particulièrement de la montagne d'Ausseing », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 19, p. 1092-1093.

⁵⁸⁸ LEYMERIE A., 1853c, « Note sur le massif d'Ausseing et du Saboth (Haute-Garonne), où l'on démontre l'existence stratigraphique des types épicrotécé et crétacé supérieur (craie) », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 10, p. 528.

⁵⁸⁹ Le nom de « Danien » établi par Desor par corrélation entre le calcaire de Faxe et le calcaire pisolithique, n'a pas ou que très peu été utilisé jusque-là, le terme de « calcaire pisolithique » lui étant largement préféré quand il s'agissait des terrains français. Cependant, Alcide d'Orbigny fait du Danien le vingt-troisième étage de son *Tableau des terrains et des étages* ou dernier étage du Crétacé. Ces étages sont *donnés par la superposition géologique et par les limites des faunes fossiles qu'ils contiennent*. In ORBIGNY A. d', 1849, *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques*, vol. 1, Paris, Victor Masson, p. 157. D'autre part, il précise l'extension et les caractéristiques du « DANIEN, Desor » dans lequel il place le calcaire de Faxe et le calcaire pisolithique du bassin de Paris, à l'exclusion de la craie de Maastricht, des silex de Lanquais (Dordogne) ainsi que de la craie de Valognes. In ORBIGNY A. d', 1852b, *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques*, vol. 2, Paris, Victor Masson, p. 691-697. Si Leymerie attribue l'étage danien à A. d'Orbigny, c'est très probablement parce que celui-ci en a donné une définition très précise et énuméré explicitement les terrains.

⁵⁹⁰ LEYMERIE A., 1865, « Note sur l'étage garumnien », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 22, p. 367 et LEYMERIE A., 1868, « Note sur l'origine et les progrès de la question relative au type garumnien », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 25, p. 901.

le Sud-Ouest de la France, en Provence, en Charentes, etc. mais sans montrer nécessairement d'analogie. En réalité, les facies sont différents, les unes sont marines, les autres sont lacustres, fluvio-lacustres ou lagunaires, et la difficulté est grande pour les corrélés avec exactitude. En conséquence, chaque descripteur donne un nom d'étage à la formation qu'il décrit et la confusion règne. Les publications sur le Crétacé supérieur dans les différentes régions de France et d'Europe se multiplient et il n'y a pas une année sans quelque note sur le sujet. Les tentatives de corrélation sont d'autant plus délicates que les facies varient et que certaines séries sont discontinues avec présence de lacunes d'étendue difficile à apprécier, alors que d'autres, au contraire, sont très continues sans limite stratigraphique claire entre les étages.

C'est ainsi qu'Hébert produit en 1875 une *Classification du terrain crétacé supérieur* dans laquelle il montre la concordance entre les terrains du Nord de la France et de l'Europe avec les Alpes et les différentes régions du sud de la France⁵⁹¹. Néanmoins, il reste très imprécis en ce qui concerne les étages sénonien et danien, omettant par exemple de situer le Garumnien⁵⁹² et laissant un large degré d'incertitude. Autre particularité, l'étage danien d'Hébert n'est pas le même que celui d'A. d'Orbigny. Hébert reprend sa « Craie supérieure » composée de la craie de Maastricht surmontée du calcaire pisolithique et du calcaire de Faxe, à laquelle il donne le nom de Danien d'Orb. alors même que le Danien d'A. d'Orbigny ne contient que le calcaire de Faxe et le calcaire pisolithique. Le Danien tel que défini par A. d'Orbigny sera le Danien supérieur d'Hébert, et la craie de Maastricht, le Danien inférieur. En 1878, N. de Mercey (?-1908) compare les différentes classifications du terrain crétacé supérieur⁵⁹³ dans un tableau extrêmement éclairant sur les différences entre les géologues et montrant la nécessité d'un accord qu'il propose : sa propre classification (fig. 52). À noter que, dans ce tableau comparatif, N. de Mercey n'indique pas le Garumnien dans la mesure où Hilaire Arnaud (1843-1907) en a fait l'exact équivalent du Danien supérieur de Hébert (fig. 53)⁵⁹⁴.

La classification d'Hébert (Annexe 16-1, Extrait fig. 54) imprimera sa marque les années suivantes. En effet, elle sert de base à d'autres classifications : celle de H. Arnaud⁵⁹⁵ qui la

⁵⁹¹ C'est à ce moment qu'Hébert abandonne les anciens noms basés sur les caractères lithologiques comme « craie blanche » etc. pour, enfin, utiliser comme la plupart des géologues alors, les noms d'étages basés sur des noms de localité, à commencer par les étages créés par A. d'Orbigny. In HÉBERT E., 1875b, « Classification du terrain crétacé supérieur », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 3, p. 596.

⁵⁹² Ce qui provoquera la fureur de Leymerie.

⁵⁹³ MERCEY N. de, 1879, « Remarques sur la classification du terrain crétacé supérieur », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 7, p. 355-386.

⁵⁹⁴ ARNAUD H., 1879, « Danien, Garumnien et Dordonien », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 6, p. 86.

⁵⁹⁵ ARNAUD H., 1878, « Parallélisme de la Craie supérieure dans le Nord et dans le Sud-Ouest de la France », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 6, p. 211.

CLASSIFICATION DU TERRAIN CRÉTACÉ SUPÉRIEUR

ÉTAGES de M. Peron.	ÉTAGES de M. C. Barrois.	ÉTAGES de d'Orbigny.	ÉTAGES et sous-étages de M. Hébert	ÉTAGES de M. Coquand.	ÉTAGES proposés.	FOSSILES caractéristiques des assises.
Danien.	Danien.	Danien, Desor.	Danien. — Sup ^r	Dordonnien.	Danien, Desor.	<i>Nautilus Danicus.</i>
			Inf ^r			<i>Cardiaster ananchytis.</i>
	Sénonien.		Sup ^r	Campanien.	Sénonien, d'Orb.	<i>Belemnites mucronatus.</i>
		Sénonien, d'Orb.	Moy ⁿ			<i>Belemnites quadratus.</i>
Sénonien.			Inf ^r	Santonien.	santonien, Coq.	<i>Micraster cor-anguinum.</i>
			Sup ^r	Coniacien.		<i>M. cor-testudinarium.</i>
			Inf ^r			<i>Epiaster brevis.</i>
			Sup ^r	Provencien.	Provencien, Coq.	<i>Hippurites organisans.</i>
	Turonien.		Inf ^r	Angoumien.		<i>Micraster Matheroni.</i>
		Turonien, d'Orb.	Sup ^r			<i>Radiolites cornupastoris.</i>
Turonien.			Inf ^r	Mornasien.		<i>Ammon. Requienianus.</i>
			Sup ^r	Elgérien.	Turonien, d'Orb.	<i>Ammonites papalis.</i>
			Inf ^r			<i>Inoceramus labiatus.</i>
			Sup ^r	Carentonien.	Cénomanien, d'Orb.	<i>Ostrea columba.</i>
			Inf ^r	Gardonien.		<i>Caprina adversa.</i>
Cénomanien.	Cénomanien.	Cénomanien, d'Orb.				<i>Anorthopyg. orbicularis.</i>
						<i>Holaster subglobosus.</i>
						<i>Pecten asper.</i>
						<i>Ammonites inflatus.</i>

Figure 52 – Comparaison des classifications proposées par les différents auteurs pour le terrain crétacé supérieur par N. de Mercey (1879). In Bull. Soc. géol. France, (3), 7, p. 386.

Selon les auteurs, les étages représentent une période d'étendue variable. N. de Mercey souligne de cette façon la nécessité de décider d'une nomenclature unique des étages. D'autre part, il indique les fossiles caractéristiques des assises.

EUROPE SEPTENTRIONALE.		HAUTE-GARONNE ET CATALOGNE.		BASSIN DU SUD-OUEST.		
DANIEN	supérieur.	Formation marine : calcaire de Faxœ, etc.	supérieur.	Formation marine de la Haute-Garonne : colonie de M. Leymerie.	supérieur.	Formation marine : grès et poudingue de Beaumont-de-Périgord ; <i>Sphærolites Toucasi</i> , etc.
	moyen.	Formation marine : calcaire à <i>Hemipneustes</i> , <i>Hippurites radiosus</i> , etc., de Maestricht, etc.	moyen.	Formation d'eau douce : calcaire à silex.	moyen.	Formation marine : calcaire à <i>Hemipneustes</i> , <i>Hippurites radiosus</i> , etc., des Charentes et de la Dordogne.
	inférieur.	Formation marine : calcaire à <i>Conoclypeus Leskei</i> , etc., de Maestricht, etc.	inférieur.	Formation saumâtre : <i>Sphærolites Leymeriei</i> , <i>S. Toucasi</i> , etc.	inférieur.	Formation marine : calcaires à <i>Conoclypeus Leskei</i> et Ostracées auriculaires des Charentes et de la Dordogne.

Figure 53 – Correspondance entre Danien, Garummién et Dordonnien par H. Arnaud (1879).

H. Arnaud fait l'exact parallèle entre le Garummién de Leymerie et le Danien supérieur de Hébert (ou Danien *stricto sensu* de Desor et A. d'Orbigny). La différence est celle du faciès : entièrement marin pour le Danien ; successivement saumâtre, d'eau douce et enfin marin pour le Garummién. Par contre, seule l'assise supérieure du Dordonnien leur correspondrait.

ÉTAGES.	SOUS-ÉTAGES.	ASSISES.	FRANCE SEPTENTRIONALE.	EUROPE SEPTENTRIONALE.	ALPES ET EUROPE MÉRIDIONALE.	TOURAINÉ.	AQUITAINE SEPTENTRIONALE.	AQUITAINE MÉRIDIONALE ET PYRÉNÉES.	PROVENCE		
									SEPTENTRIONALE.	MÉRIDIONALE.	
DANIEU, d'Orb. (Craie supérieure).	supérieur.		Calcaire pisolitique.	Calcaire de Faxoe. Tufau de Maestricht.	Manque.	Manque.	Manque.	Manque.		Calcaire de Rognac? Lignites de Fuveau?	
	inférieur.		Calcaire à Baculites de Valognes.	Calcaire de Saltholm; Craie grise de Cibly et de la Scanie orientale (Ignäberg).							
SÉNONIEN, d'Orb. (Craie blanche).	supérieur.	supérieure.	Zone à <i>Belemnitella mucronata</i> . Meudon, Epernay.	Angleterre (Norwich, Ile de Wight); Cibly; Hanovre; Mœn; Rügen; Scanie occidentale; Pologne; Grès de Haldem (Westphalie; Hanovre).	Grande-Chartreuse, Dévoluy oriental; Crimée; Caucase.	Manque.	Manque.	Manque.	Calcaire à <i>Micraster Tercensis</i> de Tercis et de Tuco. — Argiles et grès à <i>Cyrena Garumnica</i> . — Calcaires à <i>Hemipneustes Pyrenaicus</i> d'Ausseing, Gensac, etc. — Calcaires et marnes de Bidart, Gan et Tercis. — Grès de Celles.	Lignites de Piolenc, etc.	Lignites du Plan d'Aups, du Beausset.
		inférieure.	Zone à <i>Belemnitella quadrata</i> . Reims, Laon, etc.	Belgique (Visé); Hanovre.							
	moyen.	supérieure.	Craie à <i>Micraster coranguinum</i> . Dieppe (est).	Angleterre (Gravesend, Ramsgate, etc.); Hanovre (Craie de Luneburg); Quadersandstein supérieur de Gehrden.	Grès de Dieulefit. — Craie à <i>Micraster</i> de Dieulefit, Branchai... — Sewer-Kalk à <i>Ananchytes</i> (Suisse).	Craie à <i>Ananchytes</i> de Villedieu et de Blois. — Craie supérieure de Châteaudun.	Craie de Royan et d'Aubeterre. — Craie de Talmont.	Craie de Cognac à <i>Micraster brevis</i> .			
		inférieure.	Craie à <i>Micraster cortestudinarium</i> . Dieppe (ouest).	Angleterre (Saint-Margaret, etc.); Hanovre (Zone à <i>Inoceramus Cuvieri</i>); Silésie (Op-peln); Ile de Wollin.	Calcaire à <i>Inoceramus</i> de Barrême, Branchai..							Craie de Villedieu à Micraster brevis.
inférieur.		Craie à <i>Holaster planus</i> . Dieppe, Fécamp.	Angleterre (Chalk-Rock); Hanovre, Saxe, Silésie, etc. (zone à <i>Scaphites Geinitzi</i>).	Calcaire à <i>Hippurites cornuacuminum</i> de Gosau, du Tyrol et de la Lombardie, Caucase. — ?	Manque.	Manque.	Manque.	Calcaires à <i>Hippurites cornuacuminum</i> . — Charente. — Leschert, Eaux-Chaudes. — Piolenc, Bagnols. — Grès de Mornas.	Le Beausset. — Grès du Beausset à <i>Micraster Matheroni</i> . — Calcaire à <i>Radiolites cornuastoris</i> .		
DANIEU, d'Orb. (Craie blanche).	supérieur (Calcaire à Hippurites).	supérieure.	Manque.	Manque.	Calcaire à <i>Hippurites cornuacuminum</i> de Gosau, du Tyrol et de la Lombardie, Caucase. — ?	Manque.	Manque.	Calcaires à <i>Hippurites cornuacuminum</i> . — Charente. — Leschert, Eaux-Chaudes. — Piolenc, Bagnols. — Grès de Mornas.	Le Beausset. — Grès du Beausset à <i>Micraster Matheroni</i> . — Calcaire à <i>Radiolites cornuastoris</i> .		
		moyenne.									
		inférieure.									

- 250 -

Craie du Nord : classification de M. Hébert.						Craie du Sud-Ouest : concordance proposée par M. Arnaud.			
ÉTAGES	SOUS-ÉTAGES	ASSISES	FRANCE SEPTENTRIONALE	EUROPE SEPTENTRIONALE	TOURAINÉ	BASSIN DU SUD-OUEST			ÉTAGES ET SOUS-ÉTAGES
Danien, d'Orb. Craie supérieure.	supérieur.		Calcaire pisolitique.	Calcaire de Faxoe. Tufau de Maestricht.	Manque.	Sables, grès ferrugineux, poudingue dolomitique; <i>Radiolites ingens</i> , etc.; Beaumont-de-Périgord. Calcaires jaune-blanchâtres, tendres, à silice; <i>Hemaster prunella</i> , <i>Cassidulus lapis-canceri</i> , etc.; Mussidan, Beaumont, etc. — Calcaires dolomitiques, jaunes ou blanchâtres, avec ou sans silice, à grands Rudistes; <i>Hemipneustes striatopariatus</i> , etc.; Meschers, Barbezieux, Aubeterre, Belvès, etc. — Calcaires marneux ou glauconieux; <i>Conoclypeus Leskei</i> ; Royan, Meschers, Aubeterre; — calcaires blancs ou bleus, à silice; <i>Neovic; C. Leskei</i> ; Belvès; <i>C. orbicularis</i> ; — sables à <i>Rhynchopygus Marmini</i> et <i>Orbitolites media</i> ; Belvès.	sup. } Dordogne. } moyen } inf. }		
	inférieur.		Calcaire à Baculites de Valognes.	Calcaire de Saltholm. Craie grise de Cibly et de la Scanie orientale.					
Sénonien, d'Orb. Craie blanche.	supérieur.	supérieure.	Zone à <i>Belemnitella mucronata</i> : Meudon, Epernay.	Angleterre (Norwich, Ile de Wight); Cibly; Hanovre; Mœn; Rügen; Scanie occidentale; Pologne; grès de Haldem (Westphalie, Hanovre).	Manque.	P ³ Calcaire blanc ou gris, avec cordons siliceux; <i>Crania Ignabergensis</i> , <i>Ostrea vesicularis major</i> , <i>O. semiplana</i> , <i>Ananchytes ovata</i> , <i>Offaster pilula</i> , <i>Bourguetierinus ellipticus</i> , etc.: La Tremblade, Talmont, Saint-Séurin-d'Uzet, Montmoreau (Taulliar), Viville, etc.	sup. } Campanien. } moyen }		
		inférieure.	Zone à <i>B. quadrata</i> : Reims, Laon.	Belgique (Visé); Hanovre.					
	moyen.	supérieure.	Craie à <i>Micraster coranguinum</i> : Dieppe (est).	Angleterre (Gravesend, Ramsgate, etc.); Hanovre (Craie de Luneburg); Quadersandstein supérieur de Gehrden.	Craie à <i>Ananchytes</i> de Villedieu et Blois.	P ¹ Calcaire gris-bleuté, hydraulique, à silice; <i>Pyrina Petrocoriensis</i> , <i>Micraster glyphus</i> , <i>Cyphosoma Arnaudii</i> , <i>Terebratella Santovienis</i> : Chartzac, Livernant, Champcevinel, Trellissac, Razac, Limeyrat, La Gêlie, Larzac, etc.	inf. }		
		inférieure.	Craie à <i>M. cortestudinarium</i> : Dieppe (ouest).	Angleterre (Saint-Margaret); Hanovre: zone à <i>Inoceramus Cuvieri</i> ; Silésie (Op-peln); Ile de Wollin.	Craie supérieure de Châteaudun.				
inférieur.		Manque.	Manque.	Manque.	N ³ Calcaire marneux, gris, à silice; Saintes; — calcaires glauconieux, gris: <i>Conoclypeus ovum</i> : Charmant, Le Bugue; — grès argileux; <i>Ostrea acutirostris</i> : Sarlat, Le Gol, Villefranche. — N ¹ Calcaire marneux; blanc à <i>Ostrea vesicularis</i> et <i>O. proboscidea</i> : Granconière, Charmant, Boussitran; — calcaire à silice; mêmes Ostracodes: Le Sout, Villefranche-de-Belvès. — M ³ Calcaire noduleux: Lavalette, Périgueux; <i>Botriopygus Nancelati</i> ; — calcaire jaune arénacé, pierre de taille; <i>B. Foucastianus</i> : Miremont, Moulin-Lescot, etc. — M ¹ Calcaire marneux, gris; <i>Rhynchonella Eudesi</i> : Saint-Martin-de-Cognac, Périgueux, Miremont; — calcaire rouge compacte: La Trape, Saint-Cernin, Freycinet-le-Gelat, etc. — L ³ Calcaire arénacé, glauconieux: pierre de taille de Périgueux; <i>Micraster brevis</i> , <i>Rhynchonella Baugasi</i> ; — calcaire rouge compacte; Villefranche (gare), etc. — L ¹ Calcaire noduleux, glauconieux: Bussac, Cognac, Pons, Périgueux; — calcaire jaune, pierre de taille du Sarladais: Aulas, Miremont, Sarlat, etc. — K Grès glauconieux; <i>Rhynchonella Petrocoriensis</i> : Phélippeaux (Jonzac), Cognac, Angoulême; — marnes et calcaires marneux; <i>Ostrea Petrocoriensis</i> : Gourde-l'Arche, Montignac, Fumel.	sup. } Santonien. } moyen } inf. } sup. } moyen } inf. } inf. }			

Tableau indiquant le synchronisme établi entre les assises de la Craie supérieure du Midi et les assises correspondantes du Nord.

Bul. Soc. Géol. de France, 3^e Série, t. X, p. 200.

ÉTAGES	SOUS-ÉTAGES	CORRÈSES	HAUTE-GARONNE	LANDES ET PYRÉNÉES	NORD DE L'ESPAGNE	PROVENCE	ALGÈRES	ALPES	LES DEUX CHARENTES ET DORDOGNE	TOURAIN	NORD DE LA FRANCE ET BASSIN DE PARIS	NORD DE L'EUROPE SUÈDE, DANEMARCK, HANOVRE ET WESTPHALIE
DANIEN, Desor.	Garummien, Leym.	1 ^o Argiles ruiliantes, calcaires et conglomérats. 2 ^o Argiles ruiliantes, gypseuses, avec fossiles lacustres et saumâtres.	1 ^o Calc. à <i>Micraster levoceras</i> , d'Aussenge. 2 ^o Calc. et marnes d'Aussenge et d'Auzas, avec faune saumâtre.	1 ^o Calc. à <i>Micraster brevis</i> , de Bédard d'Angoumé. 2 ^o Couches non déterminées à Tercis.	1 ^o Conglomérats et argiles ruiliantes. 2 ^o Calcaire marneux à lignites et faune saumâtre.	1 ^o Argiles ruiliantes, brèches et conglomérats (montagne du Cengle). 2 ^o Calcaire de Rougne, de Puyssot, du plan d'Aups et du Beausset, à lignites et faune lacustre.	Calcaire à <i>Ostrea Oerovegi</i> .				Calcaire pisolithique.	Calcaire de Faxø et de Saltholm.
	Craie de Maëstricht, Dordonien, Coq.	Grès d'Alet.	Calc. et argiles d'Aussenge et de Gensac à <i>Hemipneustes</i> et <i>Hippurites radiosa</i> .	Calcaire marneux d'Andignon à <i>Hemipneustes</i> .	Calcaire argileux de Vallohera à <i>Hemipneustes</i> .	1 ^o Calcaire à faune saumâtre. 2 ^o Calcaire marneux à <i>Hemipneustes</i> , <i>Ostrea acutirostris</i> et <i>Hippurites</i> .	1 ^o Marnes et calcaire à <i>Nerita rugosa</i> , <i>Ostrea larva</i> . 2 ^o Calcaire à <i>Inocer. Cripel</i> .	Calcaire à <i>Nerita rugosa</i> , <i>Ostrea larva</i> et <i>Orthis media</i> de l'Isère.	1 ^o Grès à <i>Nerita rugosa</i> , <i>Radiolites Bournois</i> . 2 ^o Calcaire à <i>Hemipneustes</i> , <i>Hippurites radiosa</i> , et <i>Ostrea acutirostris</i> .		Calcaire à <i>Baculites</i> de Valogne.	Craie tuffau de Maëstricht, Cibly, Aix-la-Chapelle et de la Scanie orientale à <i>Hemipneustes</i> , <i>Nerita rugosa</i> , <i>Ostrea acutirostris</i> et <i>Hippurites radiosa</i> .
DORDONIEN d'Orb.	Campanien, Coq.	1 ^o Marnes bleues et grès avec nombreux Foraminifères. 2 ^o Grès et marnes de Sougraigne à <i>Ostrea vesicularis major</i> , <i>Bélemnites</i> et bancs d' <i>Hippurites bicaudata</i> , intercalés.	Calcaire marneux d'Aussenge et de Saint-Martyr à <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Rhynch. Eudesi</i> , et banc de <i>Radiolites intercalé</i> .	Calcaire à silex de Tercis à <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Amn. Neuberghicus</i> , <i>Heteroceras polyceras</i> , <i>Cyprionella centralis</i> .	Grès et marnes à <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Inoceramus</i> , <i>Alvélites</i> , avec banc de calcaire à <i>Hipp. constrictus</i> .	1 ^o Calc. marneux à <i>Nerita bicaudata</i> , <i>Lima ovata</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Cyph. subnodum</i> , <i>Rhynch. Eudesi</i> . 2 ^o Marnes, grès et calcaires à <i>Ostrea Merceyi</i> , <i>Ost. Coderenti</i> , <i>Cyphosoma corallina</i> , <i>Cyph. microtuberculatum</i> , <i>Hippurites dilatata</i> , <i>Canaliculus</i> et <i>Bélemnites</i> .	1 ^o Marnes et calc. à <i>Ostrea vesicularis</i> . 2 ^o Calc. marneux à <i>Ostrea triplana</i> . — <i>Peroni</i> . — <i>Coderenti</i> .	Calcaire à <i>Belem. mucronata</i> , <i>Inocer. Cripel</i> , <i>Cyphos. subnodum</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> de la Savoie, de Dauphiné et de la Provence Alpine.	1 ^o Calc. à <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Bélemnites</i> , <i>Amn. Neuberghicus</i> , <i>Nerita bicaudata</i> , <i>Rhynch. Eudesi</i> . 2 ^o Calc. à <i>Cyphosoma microtuberculatum</i> , <i>Ostrea Coderenti</i> , <i>Hipp. dilatata</i> , <i>Bicaudata</i> .		1 ^o Craie de Meudon et d'Épernay à <i>Belem. mucronata</i> , <i>Dentalium planicostata</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Amn. Neuberghicus</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Lima ovata</i> .	1 ^o Craie de Haldem, Cibly, Rügen, Scanie occidentale, Hanovre et Westphalie à <i>Bélemnites</i> , <i>Amn. Neuberghicus</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Lima ovata</i> .
	Santonien, Coq.	1 ^o Marnes bleues à <i>Inocer. digitatus</i> , <i>Amn. tezanus</i> , <i>Ostrea Deshayesi</i> . 2 ^o Calc. marneux et grès à <i>Amn. subtricornatus</i> , <i>Amn. tezanus</i> , <i>Am. pollicerosus</i> , <i>Micraster brevis</i> et <i>Cidaris Jouanetti</i> . 3 ^o Calc. à <i>Cératites</i> , <i>Cyphosoma Archiaci</i> et <i>Rhynch. petrocorrensis</i> .	Argiles d'Aussenge et de Saint-Martyr avec dalles de calcaires gris et bleus.	1 ^o Calc. marneux de Bidart et Gan à <i>Amn. pollicerosus</i> , <i>Holaster Douillet</i> . 2 ^o Marnes et grès à fossiles et calcaire de Bidart et de Gan.	1 ^o Calc. marneux de Tercis à <i>Micraster corallinum</i> , <i>Inocer. Cripel</i> . 2 ^o Calc. marneux de Bidart et Gan à <i>Amn. pollicerosus</i> , <i>Holaster Douillet</i> . 3 ^o Marnes et grès à fossiles et calcaire de Bidart et de Gan.	1 ^o Marnes bleues à <i>Inocer. digitatus</i> et <i>Spongaires</i> . 2 ^o Calc. et grès à <i>Amn. tezanus</i> , <i>Mic. brevis</i> et <i>Mic. taronensis</i> . 3 ^o Calc. et grès à <i>Rhynch. petrocorrensis</i> .	1 ^o Marnes bleues à <i>Inocer. digitatus</i> et <i>Spongaires</i> . 2 ^o Calc. et grès à <i>Amn. tezanus</i> , <i>Mic. brevis</i> et <i>Mic. taronensis</i> . 3 ^o Calc. et grès à <i>Rhynch. petrocorrensis</i> .	1 ^o Calc. marneux à <i>Inocer. digitatus</i> , <i>Ostrea Deshayesi</i> . 2 ^o Calc. à <i>Mic. brevis</i> . 3 ^o Calc. et marnes à <i>Cyphosoma Archiaci</i> et <i>Cerat. Fournell</i> .	1 ^o Calc. à <i>Mic. corringuianum</i> , <i>Inocer. digitatus</i> , <i>Amn. tezanus</i> , <i>Amn. pollicerosus</i> , <i>Inocer. Cripel</i> de Nice et d'Alger. 2 ^o Grès à <i>Mic. corringuianum</i> , <i>Cidaris Jouanetti</i> .	1 ^o Craie à <i>Mic. corringuianum</i> de Blois et Chartres. 2 ^o Craie à <i>Micraster corringuianum</i> , <i>Amn. tezanus</i> , <i>subtricornatus</i> . 3 ^o Craie de Villodieu à <i>Amn. tezanus</i> , <i>Amn. subtricornatus</i> , <i>Mic. taronensis</i> , <i>Cid. Jouanetti</i> .	1 ^o Craie à <i>Mic. corringuianum</i> , <i>Inocer. digitatus</i> . 2 ^o Craie à <i>Mic. corringuianum</i> , <i>Amn. tezanus</i> , <i>subtricornatus</i> . 3 ^o Craie à <i>Micraster brevis</i> de Verrier.	1 ^o Marnes d'Éme à <i>Inocer. digitatus</i> , <i>Amn. tezanus</i> , <i>subtricornatus</i> , <i>Mic. corringuianum</i> . 2 ^o Marnes à <i>Micraster brevis</i> et <i>Spondylus spinosus</i> .
TURONIEN d'Orb.	Angoumien, Coq.	Grès et calcaire à <i>Hipp. organosum</i> , <i>cornuacium</i> , <i>Requien</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Radiolites humbriculus</i> d'Andignon.	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Hipp. organosum</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Radiolites Requien</i> , <i>Radiolites cornuacium</i> et <i>Am. Requien</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Hipp. organosum</i> , <i>Hipp. Requien</i> , <i>Radiolites cornuacium</i> , <i>Am. Requien</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Radiolites Requien</i> , <i>Radiolites cornuacium</i> , <i>Am. Requien</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Hipp. organosum</i> , <i>Hipp. Requien</i> , <i>Radiolites humbriculus</i> .	Calc. à <i>Amn. Requien</i> , <i>Radiolites cornuacium</i> .	Craie à <i>Holaster planus</i> , <i>Ammonites perampylus</i> , <i>Scaphites Geinitz</i> .	Zone de l' <i>Holaster planus</i> et des <i>Scaphites Geinitz</i> .	

Figure 54 – Comparaison des classifications du terrain crétacé supérieur (de la fin du Turonien à la fin du Danien) de Hébert (1875) en haut, H. Arnaud (1878) au milieu, et Toucas (1882) en bas, indiquant le synchronisme entre le nord et le sud de l'Europe.

Hébert assimile la craie supérieure au Danien d'Orb., lui conférant un sens plus large que ne lui avait donné A. d'Orbigny. D'autre part, il place dans le sous-étage supérieur du Danien, le calcaire pisolithique, le calcaire de Faxø et le tuffau de Maëstricht, comme il l'a toujours fait depuis les années 1840. Il reste très évasif concernant le Garummien de Leymerie en Aquitaine méridionale et Pyrénées ainsi qu'en Provence. Arnaud, en 1878, reprend exactement le tableau d'Hébert, par conséquent avec la même répartition dans le Danien, mais il ajoute le Bassin du Sud-Ouest mettant en parallèle le Danien et le Dordonien. Cependant, Arnaud compare l'année suivante Danien, Garummien et Dordonien et prend quelques distances avec le tableau d'Hébert en séparant le calcaire de Faxø du calcaire de Maëstricht. (voir fig. 53). Toucas, quant à lui, établit en 1882, le synchronisme entre différents points des Pyrénées, y compris le Nord de l'Espagne, la Provence, etc. le Nord de la France et de l'Europe et élargit au pourtour méditerranéen avec l'Algérie. Les parallélismes semblent mieux établis et plus précis. Ainsi, il sépare le Danien (qu'il nomme « DANIEN Desor » mais de façon incorrecte faisant d'une supposition de Desor une affirmation) en un sous-étage supérieur qu'il nomme « Garummien Leym. » dans lequel il inclut outre le Garummien de Leymerie, le calcaire pisolithique et les calcaires de Faxø et Saltholm. Le sous-étage inférieur qu'il nomme « Craie de Maëstricht, Dordonien, Coq. » inclut le calcaire à *Baculites* de Valogne, la craie tuffau de Maëstricht et de Cibly, etc. La séparation calcaire pisolithique/calcaire de Faxø de la craie de Maëstricht est cette fois clairement indiquée mais dans un Danien au sens large qui, lui, est et reste dans le Crétacé supérieur.

complète avec la Craie du Sud-Ouest en 1878 (Annexe 16-2, Extrait fig. 54), celle d'Aristide Toucas⁵⁹⁶ (1843-1911) avec le Nord de l'Espagne et l'Algérie en 1882 (Annexe 16-3, Extrait fig. 54), etc.

Par contre, Bernhard Lundgren (1843-1897), professeur de géologie à l'Université de Lund (Suède) qui a réalisé une étude paléontologique du calcaire de Faxé près de Limhamn (1866), sépare, en Scandinavie, l'étage danien sans *Belemnitella mucronata* Schloth.⁵⁹⁷ mais à *Nautilus danicus* (calcaire de Faxé et calcaire de Saltholm) et l'étage sénonien supérieur à bélemnites notamment *Belemnitella mucronata*⁵⁹⁸ (fig. 55) rejoignant par-là Mercey.

<p>ÉTAGE DANIEN SANS BELEMNITES.</p>	<p>{ Assises à <i>Ananchytes sulcata</i> (calcaire de Saltholm). Assise à <i>Dromia rugosa</i> (calcaire de Faxé.) Assise à <i>Belemnitella mucronata</i>.</p>	<p>Limhamn, O. Torp. Annetorp, etc. Annetorp.</p>
<p>ÉTAGE SÉNONIEN SUPÉRIEUR AVEC BELEMNITES.</p>	<p>{ Assise à <i>Actinocamax subventricosus</i>. Assise à <i>Actinocamax quadratus</i>. Assise à <i>Actinocamax verus</i> et <i>A. Westphalicus</i>.</p>	<p>Jordberga, Kopinge, Kjuge, etc. Ignaberga, Balsberg, Jfo Rodmolla. Rodmolla, Kaseberga Kullemolla, Eriksdal, Rodmolla.</p>

Figure 55 – Classification du système crétacé de la Suède proposée en 1882 par Bernhard Lundgren (1843-1897).

Le *Dromia rugosa* caractérisant l'assise du calcaire de Faxé, est le petit crabe déjà évoqué sous le nom de *Brachiurites rugosus* Schlot. (fig. 16).

Ainsi, le calcaire de Faxé ne contient pas de bélemnites, selon Lundgren. En 1882, l'évidence de cette absence se dégage des études paléontologiques, les géologues ne trouvant pas de nouveau spécimen de bélemnite. Seul reste, dans la littérature, le *Belemnites mucronatus* de Lyell, (*Belemnitella mucronata* d'A. d'Orbigny). Rien n'est venu confirmer cette présence depuis lors.

L'intérêt de telles corrélations est grand. Elles permettent de déterminer, pour une période donnée, les conditions environnementales en différents points du globe et par conséquent, de montrer la distribution des mers et des continents pendant cette période. De cette façon, Hébert

⁵⁹⁶ TOUCAS, 1882, « Synchronisme des étages turonien, sénonien et danien dans le nord et dans le midi de l'Europe », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 10, p. 209.

⁵⁹⁷ Nom donné par A. d'Orbigny à *Belemnites mucronatus* de Schlotheim. Il n'y a donc pas, selon Lundgren, de bélemnite dans le calcaire de Faxé.

⁵⁹⁸ LUNDGREN B., 1882, « Note sur le système crétacé de Suède », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 10, p. 460.

fera, en 1867, une première carte⁵⁹⁹ – que l’on qualifierait aujourd’hui de paléogéographique – pour la période néocomienne (fig. 56). Il en fera une autre pour le Danien dans le bassin de Paris en 1875.⁶⁰⁰

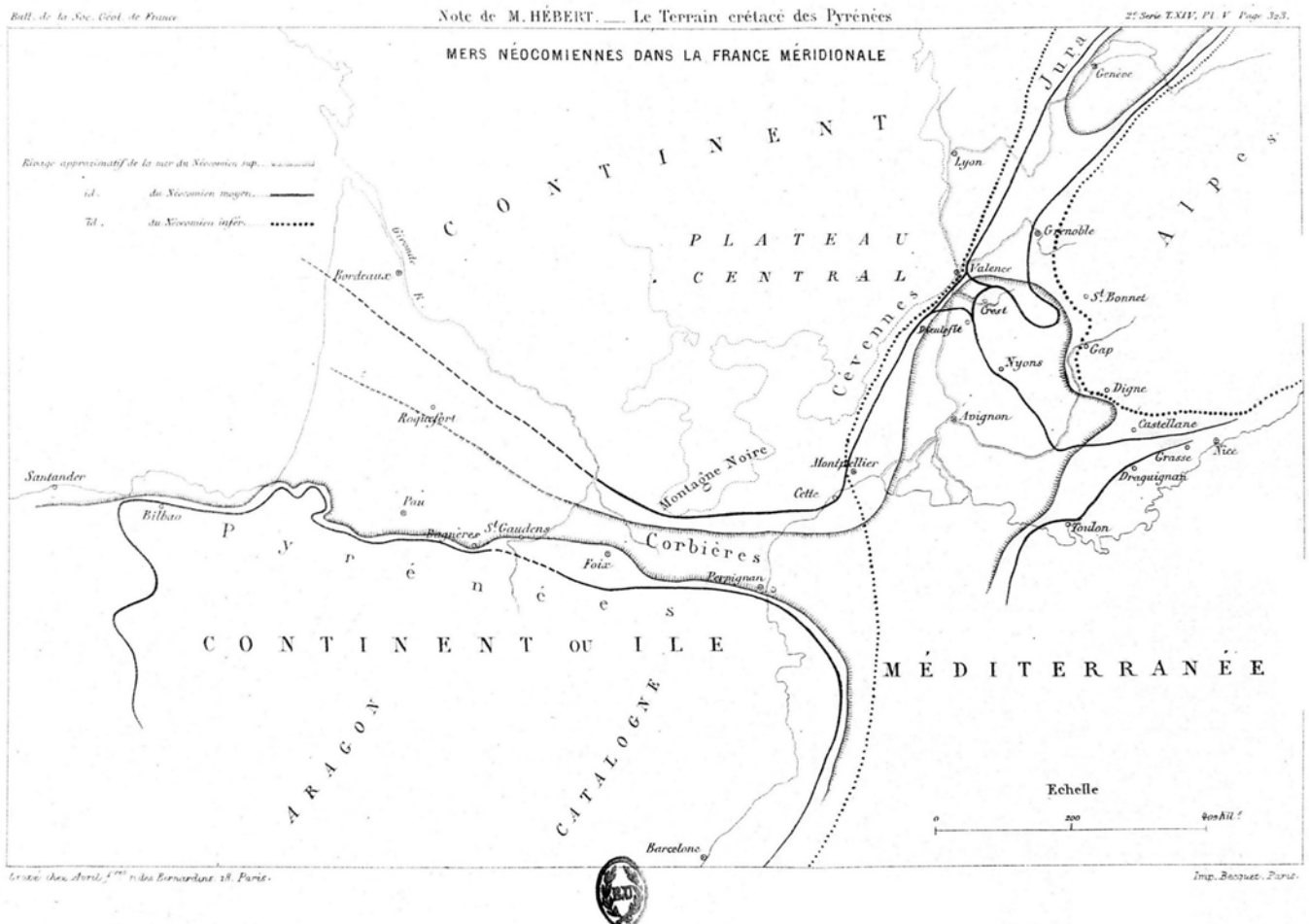


Figure 56 – Mers néocomiennes dans la France méridionale par Hébert (1867).

Cette carte représente une véritable reconstitution paléogéographique des mers et continents au Néocomien, (Crétacé inférieur). Au Néocomien inférieur, la mer s’étend en Méditerranée et entre les Alpes et le continent. Au Néocomien moyen, un bras de cette mer relie la Méditerranée à l’Océan Atlantique, entre le continent et le « continent ou île » espagnole. Ce bras devient plus étroit au Néocomien supérieur.

De telles cartes nécessitent des divisions chronologiques suffisamment précises correspondant à des périodes zoologiques très bien déterminées. Cela suppose pour chaque étage ou sous-étage de reconnaître un ou mieux des fossiles caractéristiques s’ils existent, ou tout au moins de connaître la période d’existence de ces espèces fossiles. Comme l’exemple du Garummiens nous l’a montré, la question peut être épineuse avec des faciès si différents, marin à l’ouest et

⁵⁹⁹ HÉBERT E., 1867, « Le terrain crétacé des Pyrénées – 1^{ère} partie », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 24, pl. V.

⁶⁰⁰ HÉBERT E., 1875a, « Ondulations de la Craie dans le bassin de Paris », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 3, pl. XVI, p. 512.

lagunaire ou fluvio-lacustre à l'Est. Les concordances sont délicates à établir, les discussions âpres et les accords difficiles à trouver. C'est pourquoi Ernest Munier-Chalmas (1843-1903) et Albert de Lapparent (1839-1908) décident d'établir une *Nomenclature des terrains sédimentaires*⁶⁰¹ qu'ils annoncent en juin 1892. Ils rassemblent ainsi l'ensemble des connaissances pour tous les terrains sédimentaires depuis les *terrains stratifiés métamorphiques antérieurs au précambrien* jusqu'aux terrains les plus récents, le Pliocène, et font des choix (Annexe 17 et extrait fig. 57).

Tableau des divisions du groupe secondaire ou mésozoïque

SYSTÈMES	SÉRIES	ÉTAGES		SOUS-ÉTAGES	
		Fac. pél.	Fac. lag.		
Crétacé ou Crétacique	Supérieure	Danien	Garumnien	Montien	
		Sénonien {	Aturien		Danien pr. dit.
			Emschérien		Dordonnien
					Campanien
					Santonien
				Coniacien	
		Turonien			
	Cénomannien				
	Inférieure	Albien			
		Aptien			
		Barrémien			
		Néocomien		Hauterivien	
				Valanginien	
				Lutétien. Pusaekien	

Figure 57 – Extrait du tableau des divisions du groupe secondaire ou mésozoïque par Munier-Chalmas et A. de Lapparent (1893).

Ils font du Danien⁶⁰² le dernier étage du Crétacé et en excluent le Maestrichtien (synchronique du Dordonnien)⁶⁰³. D'une part, ils en distinguent deux facies : le Danien, facies pélagique, et le Garumnien, facies lagunaire. D'autre part, ils découpent ce dernier étage en deux sous-étages : le Danien inférieur ou *Danien proprement dit* comprenant le calcaire de Saltholm et le calcaire

⁶⁰¹ MUNIER-CHALMAS E. et LAPPARENT A. de, 1893, « Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 21, p. 438-488.

⁶⁰² Dans leur Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires, Munier-Chalmas et A. de Lapparent utilisent directement dans leur texte, le nom de l'étage avec une majuscule et non pas les tournures jusque-là utilisées comme « terrains daniens » ou « étage danien ». D'adjectifs, ils deviennent des noms.

⁶⁰³ MUNIER-CHALMAS E. et LAPPARENT A. de, 1893, *op. cit.*, p. 469.

de Faxe, surmonté par le Danien supérieur ou *Montien*⁶⁰⁴ avec notamment le *calcaire pisolitique* et le calcaire de Mons. Ainsi, ils ne conservent pas la corrélation entre le calcaire de Faxe et le calcaire pisolithique, corroborant ce qu'avait toujours soutenu A. d'Archiac, tout en précisant :

*Quoique les relations stratigraphiques des calcaires de Faxö (Danemark) et de Mons (Belgique) ne soient pas encore très bien connues, les affinités de la faune montienne avec les faunes éocènes sont telles, que le Montien doit être regardé comme plus récent que les couches du Danien inférieur.*⁶⁰⁵

Enfin, contrairement à Karl Mayer-Eymar (1826-1907), ils conservent le Danien supérieur dans le Crétacé parce que le calcaire pisolithique et le calcaire de Mons *marquent le maximum de régression des mers crétacées supérieures, précédant la grande invasion marine des sables tertiaires du Thanétien.*⁶⁰⁶ On retrouve ici intacte l'idée émise par Élie de Beaumont dès 1836, d'un abaissement du niveau marin à la fin de la période de la craie et pendant tout le dépôt du calcaire pisolithique, c'est-à-dire de l'étage danien.

Munier-Chalmas et A. de Lapparent mettent ainsi fin aux débats, au moins provisoirement, sur ce dernier étage du Crétacé supérieur, le Danien. Pourtant, quatre ans après seulement, dès 1897, cette *Nomenclature* sera contestée par Jules Marcou (1824-1898) : « *Seulement le Pisolithique des environs de Paris est placé dans le Crétacé, contrairement à l'opinion de beaucoup d'observateurs, y compris celui qui l'a le premier découvert et classé dans le Tertiaire, Charles d'Orbigny.* »⁶⁰⁷ Malgré tout, Munier-Chalmas, professeur de géologie de la Faculté des Sciences de Paris à la mort d'Hébert en 1890, et A. de Lapparent, ingénieur des Mines, professeur de géologie et de minéralogie à l'Université catholique (Paris), devenus les nouvelles sommités du monde de la géologie en France, impriment ici leur marque sur le tableau chrono-stratigraphique et impose leur échelle stratigraphique.

⁶⁰⁴ Le calcaire de Mons avait été placé dans le « groupe inférieur » de l'Éocène inférieur, en 1874, par Hébert. *In* HÉBERT E., 1874, « Comparaison de l'Éocène inférieur du Bassin de Paris, de Belgique et d'Angleterre », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 3, p. 30. Karl Mayer-Eymar (1826-1907) arrive à la même conclusion en 1882. Par contre, celui-ci place le calcaire pisolithique avec le calcaire de Mons (donc tout le Danien supérieur ou Montien de Munier-Chalmas et Lapparent) comme premier étage de l'Éocène qu'il nomme Flandrien. *In* MAYER-EYMAR K., 1882, « Note sur les terrains tertiaires de l'Ariège », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 10, p. 637.

⁶⁰⁵ MUNIER-CHALMAS E. et LAPPARENT A. de, 1893, *op. cit.*, p. 470.

⁶⁰⁶ *Ibid.* p. 469.

⁶⁰⁷ MARCOU J., 1897, « Sur les équations personnelles et nationales dans les classification stratigraphiques », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 810.

Conclusion

Dès le début du XIX^{ème} siècle, les élèves de Werner, avaient démontré que la lithologie ne pouvait pas constituer un système de référence approprié pour corréler des couches à distance. Or, la géologie et ses relations de superposition ne le permettent que rarement. Un autre référentiel devait venir combler la lacune. Ce sera la paléontologie.

En effet, les faunes changeant d'une couche à l'autre, peuvent permettre de donner un âge relatif aux couches si le répertoire paléontologique est suffisant. De plus, Brongniart démontre en 1821 qu'il est possible de corréler deux terrains éloignés à partir des espèces fossiles uniquement. Pourtant, ce nouveau référentiel rencontre de nombreuses réticences de la part des géologues, qui, contrairement aux idées reçues, perdurent jusque dans les années 1840 en France, et sont souvent le résultat d'une opposition (de principe ou de chapelle ?) entre géologues et paléontologues.

Ce système paléontologique est confronté à une difficulté majeure, celle de la définition et de la détermination de l'espèce. Mais le travail colossal de classification et de détermination des espèces fossiles, très spécialisé et tenant compte de la distribution horizontale et verticale des espèces fossiles dans les couches, permet de comprendre leur répartition dans l'espace et le temps. C'est à ce prix que le modèle paléontologique emportera l'adhésion de l'ensemble des géologues. Seule la connaissance de la place exacte d'une espèce fossile dans les couches permettra de donner un âge relatif à une couche qui la contiendrait et la succession des faunes fossiles retracera l'histoire de la vie.

Cependant, dans le début des années 1840, se discute encore âprement en France la question de savoir si les espèces passent d'une formation à l'autre alors qu'Allemands et Anglais, plus pragmatiques, se préoccupent davantage des faits que de théories : ils ont reconnu depuis longtemps qu'il y avait des passages et cherchent des terrains intermédiaires. Les préjugés théorico-philosophiques catastrophistes et créationnistes ont la vie longue en France mais cèdent progressivement du terrain face aux nouvelles observations et aux avancées de la biologie. Ainsi, l'idée de la transformation des espèces fait-elle son chemin. A la fin des années 1840, si les modalités de remplacement des espèces sont encore très discutées, l'existence de passage des espèces d'une formation à l'autre ne l'est plus vraiment.

La deuxième moitié du XIX^{ème} siècle est marquée par l'essor de la paléontologie et la connaissance de la répartition des espèces fossiles dans les couches. Dès lors, la géologie s'est

dotée d'un outil fonctionnel, la paléontologie stratigraphique. Appliquée à l'échelle mondiale, celle-ci permet de reconstituer la succession des êtres vivants à la surface du globe et par conséquent l'histoire de la vie ainsi que la distribution des mers et des océans. De cette façon, des cartes paléogéographiques sont dressées et une première échelle stratigraphique sera proposée. A cette même époque, émergent à côté de la paléontologie stratigraphique d'autres domaines d'étude, la microscopie pour les microfossiles et la microscopie en lumière polarisée indispensable à l'étude des roches « ignées », la dynamique (future tectonique) et la géologie expérimentale qui tente de comprendre les mouvements des masses minérales et les transformations physiques et chimiques des roches (le métamorphisme).

Ainsi, la géologie s'inscrit dans un XIX^{ème} siècle parcouru par de grands courants de pensée qui s'affrontent et modifient considérablement la vision du monde. Les systèmes de classification des êtres vivants fondés jusque-là sur des caractères externes simples sont complétés grâce au développement de l'anatomie comparée et à l'étude du développement embryonnaire, correspondant alors davantage aux filiations et aux relations entre espèces. Chez les géologues, c'est aussi la disparition progressive des idées catastrophistes qui imposaient l'idée de création, remplacée par l'acceptation, plus ou moins marquée selon les personnalités, de l'idée d'apparition par modifications successives des espèces, par adaptation selon les Geoffroy Saint-Hilaire, puis selon le principe de la descendance de Darwin. La démonstration, en 1860, de l'inexistence de la génération spontanée clôt le débat.

Pourtant, ces querelles autour du catastrophisme, du passage ou non des espèces d'une formation à l'autre conduit à l'émergence de l'idée de limite à assigner à une formation, notion de limite qui sera à son tour l'objet de controverses en l'absence de critères bien définis.

CHAPITRE IV - ÉMERGENCE DE LA NOTION DE LIMITE EN GÉOLOGIE AU XIXÈME SIÈCLE

Si maintenant les grandes limites stratigraphiques, notamment celles concernant les ères géologiques, sont définies par l'évidence d'une extinction de masse, il n'en a pas été toujours ainsi. En effet, la question de limite ne se posait pas en tant que telle au début du XIXème siècle mais plutôt en termes d'appartenance à un terrain, à une formation. Cette idée de limite n'apparaît qu'autour des années 1840 sans signification bien claire. Ce n'est qu'au premier Congrès international de Géologie en 1878 que le critère « d'extinction des types »⁶⁰⁸ sera proposé pour définir une limite stratigraphique⁶⁰⁹.

1. Une question d'appartenance à une formation

Le travail de terrain des géologues, toujours plus nombreux et guidés par le travail de Cuvier et Brongniart, ainsi que les recherches pour lever la carte géologique lancées par Brochant de Villiers et exécutées par Élie de Beaumont et Dufrenoy, permettent la découverte de nouveaux terrains entre craie et argile plastique (base des terrains tertiaires tels que décrits à l'époque), découverte qui pose la question de leur appartenance à la formation de la craie ou aux terrains tertiaires. S'opposent alors deux conceptions de l'histoire de la vie et donc de la répartition des fossiles.

1) Une discontinuité marquée

Considérons le modèle de référence établi par Cuvier et Brongniart en 1822. Cet ouvrage est accompagné d'une carte de la *Géognosie des terrains de Paris* montrant les terrains tertiaires recouvrant en discordance l'ensemble des terrains crétacés traduisant ainsi une nette

⁶⁰⁸ COPE E, 1880, « Sur les relations des niveaux de vertébrés éteints dans l'Amérique du Nord et en Europe », in *Congrès International de Géologie : Comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, 1878, Paris, Imprimerie nationale, p. 151.

⁶⁰⁹ Une grande partie de ces éléments constitue un article DREYER F., « L'émergence de la notion de limite dans la stratigraphie du XIX^e siècle », *Cahiers François Viète*, soumis.

discontinuité entre terrains de sédiments moyens (la craie) et terrains de sédiments tertiaires (fig. 2).

Cette discontinuité est de trois ordres :

– elle est d’abord stratigraphique : le dernier terme des terrains de sédiments moyens (qui ne sont pas encore appelés crétacés ni secondaires), la craie, forme un bassin, « un golfe sur lequel se sont déposés » les terrains tertiaires commençant avec l’argile plastique et le calcaire grossier. La surface de la craie présente des traces de dénudation et est érodée. L’argile plastique et le calcaire grossier reposent en discordance plus ou moins marquée sur la craie.

– elle est aussi lithologique : craie versus argile et calcaire.

– elle est enfin paléontologique : la craie se caractérise par la présence de nombreux bivalves, mais aucun univalve⁶¹⁰ sauf un *Trochus*⁶¹¹ et parmi les céphalopodes, de bélemnites, fossiles caractéristiques de la craie. Le calcaire grossier contient de nombreux univalves dont des cérithes et parmi les céphalopodes ne subsistent que des nautilus. Surtout, aucun fossile de la craie n’est présent dans le calcaire grossier et inversement, aucun fossile du calcaire grossier n’est présent dans la craie. Ainsi, deux faunes totalement distinctes, exclusives, se succèdent dans les environs de Paris, observation alimentant l’idée d’une « catastrophe », ce que Cuvier et Brongniart appellent « une grande révolution ».

À ce stade, la question de limite ne se pose pas ici. Les deux formations sont si différentes qu’un nouveau terrain décrit ne peut qu’appartenir à la craie ou au terrain tertiaire. La question, en 1822, est celle de l’appartenance à une formation à l’exclusion de toute autre hypothèse.

L’usage scientifique que l’on peut faire de cette discontinuité et d’éventuels terrains observés entre une craie « franche » et un calcaire grossier non moins franc, se place dans le contexte de deux visions différentes de l’histoire de la Terre, deux visions essentiellement inconciliables dans le contexte de l’époque, avant 1850, pour simplifier.

2) Discontinuité et catastrophisme

L’observation de la discontinuité entre la craie et les terrains tertiaires dans les environs de Paris, de la disparition brutale et totale de la faune et de son remplacement par une nouvelle faune, conduit Cuvier à évoquer une « grande révolution de la surface du globe », une

⁶¹⁰ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1811, *op. cit.*, p. 13.

⁶¹¹ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1822, *op. cit.*, p. 16-17.

catastrophe, un cataclysme dont il n'explique pas les causes, prenant soin de séparer paléontologie et théologie. Soucieux d'une science empirique, bien qu'homme religieux, il évite toute évocation biblique dans ses écrits. Tous n'ont pas la même retenue et l'idée du Déluge ou d'un dessein de création pour les nouvelles espèces circule aussi bien en Angleterre (James Parkinson (1755-1824), William Buckland (1784-1856) par exemple) qu'en France⁶¹².

En France, comme nous l'avons déjà souligné⁶¹³, Deshayes compte cinq catastrophes avec « extinction de toutes les races et leur remplacement subit par d'autres spécifiquement différentes », une à la fin de chaque grande période de l'histoire de la Terre, la dernière étant celle de la fin du Crétacé. « *Par conséquent, il y a eu dans l'espace et dans le temps cinq créations successives* »⁶¹⁴ dit-il sans pour autant préciser davantage ce qu'il entend par « création ». Quant à A. d'Orbigny, suivant son présupposé philosophique « une création à chaque nouvel étage », en dénombre vingt-sept, une à la fin de chacun des étages qu'il a décrits⁶¹⁵. Le terme de « création » retenu est assez ambigu, jamais défini si ce n'est par l'apparition soudaine et simultanée sur tous les points du globe d'un ensemble d'espèces nouvelles dans le registre paléontologique. La création des espèces, elle-même, est un fait certain mais demeure un « mystère surhumain » incompréhensible. Il suggère une « *force créatrice qui a eu cette toute-puissance si extraordinaire* »⁶¹⁶.

Chaque catastrophe est donc accompagnée de l'extinction totale des espèces et la création d'une faune entièrement nouvelle. Ceci impose des discontinuités simultanées des terrains et des faunes. Si aucune espèce ne passe d'une formation à l'autre, les faunes sont totalement distinctes. Le corollaire est l'impossibilité de l'existence d'une faune mixte, intermédiaire. Un terrain contenant une espèce crétacée appartient donc nécessairement aux terrains crétacés.

Il en va tout autrement pour les partisans de la continuité et de l'uniformité.

⁶¹² RAINGER R., 2009, « Paleontology » In BOWLER P.J. et PICKSTONE J.V., 2009, *The Cambridge History of Sciences, vol. 6, Modern Biology and Earth Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 185-204.

⁶¹³ Voir ch.II-1.2 et ch.II-4.

⁶¹⁴ DESHAYES G.-P., 1838c, *op. cit.*, p. 7.

⁶¹⁵ Voir ch.II-4.

⁶¹⁶ ORBIGNY A. d', 1851, Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques (2) 1, p. 251.

3) Continuité et uniformitarisme :

Les tenants de l'uniformitarisme sont, parmi d'autres, Constant Prévost et A. d'Archiac en France et Lyell, Adam Sedgwick (1785-1873) et Roderick Murchison (1792-1871) en Angleterre.

Lyell, théoricien de l'uniformitarisme, développe dans ses *Principles of Geology* en 1830-32 l'idée déjà émise par Hutton en 1785⁶¹⁷ que les causes actuellement en action, « *now in operation* » permettent d'expliquer les changements passés de la surface de la Terre, et la pousse à son extrême en postulant que ces causes ont toujours eu la même intensité et la même vitesse. Cette théorie suppose donc continuité et uniformité des phénomènes géologiques, continuité et uniformité que Lyell étend au « domaine de la vie »⁶¹⁸. Elle sous-tend un passage progressif d'un terrain à l'autre et des changements progressifs des faunes au cours des temps géologiques⁶¹⁹. Par conséquent, si l'on observe une discontinuité entre les terrains crétacés et les terrains tertiaires, c'est que les archives sédimentaires sont incomplètes soit par manque de sédimentation soit par défaut de fossilisation notamment, et que des terrains et des faunes intermédiaires sont encore inconnus⁶²⁰. Il doit, dans ce cas, exister quelque part sur le globe un endroit où l'on observe le passage graduel de la craie aux terrains tertiaires.

Un terrain connu depuis des années va dans ce sens, le calcaire de Maastricht constituant la falaise de la Montagne Saint-Pierre de Maastricht et reposant sur la craie (fig. 4). Ce calcaire a servi à extraire des pierres de construction et leur exploitation a laissé de grandes « cryptes » selon Bory de Saint-Vincent. Celui-ci décrit ce calcaire comme un calcaire grossier au niveau des cryptes et de plus en plus fin vers le bas. Puis il passe insensiblement à un calcaire crayeux, à une craie calcaire puis enfin à la craie blanche au niveau de la Meuse. De la même façon la faune change progressivement⁶²¹. Cependant la présence de bélemnites, fossiles caractéristiques de la craie selon Cuvier et Brongniart, leur a permis de penser dès 1811 que ce

⁶¹⁷ HOOYKAAS R., 1970, *Continuité et discontinuité en géologie et biologie*, traduit de l'anglais par R. Pavans, d'après 2^{ème} éd., 1963, Paris, Seuil, p. 48.

⁶¹⁸ Cité dans HOOYKAAS R., 1970, *op. cit.*, p. 195.

⁶¹⁹ Si Lyell pense à des changements progressifs des faunes, il est cependant fixiste pour les espèces. En effet, d'abord séduit en 1826 par la théorie de la transformation des espèces de Lamarck, Lyell la récuse dans le volume 2 de ses *Principles* en 1832, à cause de ses implications quant à l'origine de l'Homme. Pour Lyell, les espèces éteintes sont remplacées par de nouvelles espèces, de même genre et de même niveau d'organisation, sans progression. L'« introduction », la création de ces nouvelles espèces se produit en tout temps et en tout lieu. In CORSI P., 1978, « The Importance of French Transformist Ideas for the Second Volume of Lyell's *Principles of Geology* », *The British Journal for the History of Science*, 11.

⁶²⁰ LYELL Ch., 1830, *op. cit.*, vol.1, p. 139.

⁶²¹ BORY DE SAINT-VINCENT (Colonel), 1821, *op. cit.*, p. 182.

« calcaire de la montagne de Maëstricht [...] appartient à la formation de la craie »⁶²², appartenance au Crétacé qui ne fait guère de doute⁶²³.

Cependant l'existence de « ruptures remarquables dans les séries de formations superposées » et d'un hiatus entre les terrains secondaires et les terrains tertiaires, comme le reconnaît Lyell, le conduit à considérer que « l'élucidation de ce point singulier est d'autant plus important que les géologues d'une certaine école font appel à des phénomènes de ce genre à l'appui de leur doctrine des grandes catastrophes, hors du cours ordinaire de la nature, et des révolutions soudaines du globe. »⁶²⁴. Ainsi, Lyell a-t-il considérablement développé les théories de l'actualisme et de l'uniformitarisme afin de contrer le catastrophisme trop souvent teinté de présupposé religieux, chaque catastrophe correspondant à un déluge, le dernier étant celui de Noé.

Pourtant, la découverte de terrains entre la craie et l'argile plastique va ranimer ce débat : le calcaire de Faxe découvert en 1825 par Forchhammer à Stevns Klint au Danemark (fig. 13 et 14) et le calcaire pisolithique en France à Meudon, calcaire décrit par A. d'Archiac et Ch. d'Orbigny en 1836 (fig. 35). Ces deux calcaires seront corrélés et réunis par Desor en 1846 dans un étage qu'il nommera l'étage danien.

4) Le Danien, modèle de la querelle

Souvenons-nous de l'histoire telle qu'elle s'est déroulée au Danemark. En 1825, Forchhammer décrit à Stevns Klint un calcaire qu'il rapproche du calcaire grossier de Paris et l'attribue donc aux terrains tertiaires. Cependant la présence d'espèces crétacées notamment *Belemnites mucronatus* et *Baculites faujasii* dans ce calcaire incite Lyell à considérer ce calcaire de Faxe comme crétacé. Par contre, la fine couche d'argile, la lithologie et les fossiles soulignent une discontinuité marquée qui suggère un événement majeur et tend à corroborer le catastrophisme.

En France, à la différence du calcaire de Faxe, les fossiles du calcaire pisolithique de Meudon, entre craie et argile plastique, ne sont ni crétacés, ni tertiaires (au sens de l'époque, c'est-à-dire du calcaire grossier) mais de genres plutôt tertiaires. Dès lors, à quel terrain appartient le

⁶²² Il est à noter que Cuvier et Brongniart, comme Bory de Saint-Vincent, parlent d'un « calcaire ». Ce terme va rapidement disparaître au profit de celui de « craie » plus propre à rattacher ce terrain à la formation de la craie c'est-à-dire au Crétacé. Hébert dira même, dans les années 1850, la « craie supérieure de Maastricht ».

⁶²³ CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1811, *op. cit.*, p. 12.

⁶²⁴ *The elucidation of this curious point is the more important, because geologists of a certain school appeal to phenomena of this kind in support of their doctrine of great catastrophes, out of the ordinary course of nature, and sudden revolutions of the globe.* LYELL Ch., 1833b, *op. cit.*, p. 26

calcaire pisolithique ? La discontinuité stratigraphique, lithologique et paléontologique est telle que Deshayes, A. d'Archiac et Ch. d'Orbigny l'attribuent au terrain tertiaire. Par contre, Élie de Beaumont, Dufrenoy et plus tard Hébert affirment que les terrains tertiaires commencent avec le soulèvement des Pyrénées marqué par le dépôt de l'argile plastique. Placé sous l'argile plastique, le calcaire pisolithique appartient dès lors à la craie. Alors, quels critères utiliser ?

On le voit ici, il n'est question que d'appartenance à l'une ou l'autre des formations. Les critères utilisés sont si disparates qu'il est impossible de trancher, sauf pour des motifs personnels plus que scientifiques, mais en tout état de cause l'absence de continuité et la différence entre les terrains et les faunes sont telles que l'idée de limite s'impose à Deshayes.

2. Une limite entre grands systèmes

Dans ces observations qui sont à l'origine d'un débat qui s'est poursuivi jusqu'en 1979, de l'appartenance du Danien à la formation crétacée ou à la formation tertiaire, il n'est question que de l'appartenance à l'une ou l'autre. En outre le critère paléontologique, en supposant que l'on puisse utiliser cette notion, ne permet pas d'arbitrer du fait des théories en usage. Il n'en reste pas moins que la différence entre les faunes de la craie et du calcaire (pisolithique et de Faxe) est telle qu'il faudra bien l'interpréter en d'autres termes qu'une « simple » appartenance et lui attribuer une valeur stratigraphique, ou plutôt scientifique. C'est poser, fut-ce de manière implicite, que cette discontinuité ne s'inscrit pas dans un pur cadre uniformitarien, mais souligne un événement temporel majeur, en d'autres termes ce que l'on appellera une limite.

1) La première occurrence : 1831

Il ne s'agit pas de la limite entre les « terrains crétacés et tertiaires » à proprement parlé - cette notion se dégagera progressivement comme on va le voir – mais plutôt d'une limite entre deux périodes. En effet, lors de la lecture de son fameux *Tableau comparatif des espèces de coquilles vivantes avec les espèces de coquilles fossiles...* le 2 mai 1831, Deshayes distingue deux grandes périodes :

Il y a donc bien évidemment deux ordres de phénomènes dans les terrains à fossiles. Les uns ont une zoologie dont toutes les espèces paraissent actuellement anéanties : ce sont les terrains secondaires ; les autres offrent avec des espèces perdues des

*espèces qui vivent encore aujourd'hui : ce sont les terrains tertiaires. La limite de ces deux périodes est aussi bien tracée par la zoologie que par la géologie.*⁶²⁵

De cette façon, Deshayes distingue deux types de terrains en fonction de la présence ou non de fossiles d'espèces encore vivantes correspondant à deux périodes de l'histoire de la vie séparées par une limite bien marquée. C'est pourquoi lorsque Boué affirme que la géologie peut se passer de la zoologie, Deshayes juge nécessaire d'explicitier pour la première fois l'idée de limite dans une discussion théorique⁶²⁶ sur ce que l'on doit entendre par le terme « formation ».

« [...] *il faudra en conséquence* » dit-il, « que la définition la plus simple d'une formation soit celle-ci: *Un espace de temps représenté par un certain nombre des couches de la terre, déposées sous l'influence des mêmes phénomènes.* »⁶²⁷ Et il poursuit : « [...] *on ne peut limiter une formation, sans avoir apprécié préalablement avec le plus grand soin les phénomènes et leur valeur respective [...]* ». Deshayes pose ainsi le problème de trouver les limites d'une formation, de préciser quand on pourra dire qu'une formation commence et quand elle finit. Comme les caractères lithologiques d'une couche sont très variables alors que ceux des « êtres organisés » qu'elle contient le sont infiniment moins, Deshayes conclut : « [...] *que, si l'on veut trouver un moyen, une mesure pour déterminer les limites d'une formation, on doit les chercher dans ce qui est le moins variable, on doit les prendre aussi dans ce qui présente quelque chose à l'esprit. [...]* Dès lors *une formation est une période zoologique. [...]* Il faut donc connaître les corps organisés pour décider les limites des formations ». L'histoire de la Terre est donc scandée par l'histoire des êtres organisés et les limites des couches, des formations sont déterminées par les changements de faunes. Cette notion de limite est donc sous-tendue par celle de catastrophe et de renouvellement total des espèces. Deshayes est à ce propos très explicite dans son raisonnement. En effet, il affirme que « [...] *quand on pourra dire : Un tel ensemble d'êtres organisés a commencé à telle couche et a fini à telle autre couche, et à cet ensemble en a succédé un autre qui ne lui ressemble pas, on aura fixé définitivement la longueur d'une période de vie ou d'une formation ; et il n'en faut pas douter, dans l'ensemble des couches de la terre il y a plusieurs de ces périodes.* ». Deshayes compte effectivement cinq

⁶²⁵ DESHAYES G.-P., 1831b, *op. cit.*, p. 186.

⁶²⁶ DESHAYES G.-P., 1832, « Observations sur un mémoire pour apprécier les avantages de la paléontologie appliquée à la géologie et à la géogénie de M. Boué », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 88-91.

⁶²⁷ Il est à noter ici la notion de temps tout à fait explicite contrairement aux habitudes de l'époque. Il est rare en effet, dans cette première moitié du XIX^{ème} siècle, de trouver l'expression du temps. Les tournures employées sont davantage liées aux roches : par exemple une roche appartient « à la craie » ou « à la formation de la craie ». Même le terme « crétacé » est utilisé comme adjectif (relatif à la craie) et non dans le sens d'une période de temps.

grandes catastrophes dans l'histoire de la Terre correspondant aux cinq plus grandes discontinuités paléontologiques mises en évidence jusque-là.

À ce panégyrique de la zoologie et de la paléontologie à l'usage des géologues, Dufrénoy oppose « *qu'en géologie, le nom de formation est donné à une série de couches déposées dans les mêmes circonstances ; comme, par exemple, entre deux soulèvements.* »⁶²⁸. Aucune notion de temps ni de zoologie n'est avancée par Dufrénoy ; seuls des marqueurs géologiques sont proposés pour déterminer une formation : les soulèvements de montagnes, théorie chère à son collègue de la carte géologique Élie de Beaumont. Dufrénoy pense que géologie et paléontologie donneront le même résultat dans la mesure où les événements géologiques comme les « *révolutions qui ont suivi les soulèvements* » sont à l'origine des changements de faunes. Pour lui donc « *l'étude des superpositions lui paraît la base actuelle de la séparation des terrains, [...]* ».

Il n'est pas question pour Dufrénoy de parler de limite. Il préfère le terme « séparation », revenant aux expressions géographiques et topographiques les plus communément utilisées : « lignes de contact », « ligne de séparation », « ligne de jonction », « ligne de démarcation », ou aux périphrases comme « le passage de la craie aux terrains tertiaires » etc.

Pour Deshayes, il s'agit donc de limiter dans le temps une période de l'histoire de la vie, la limite « temporelle » étant marquée par un changement brutal de faune donc par une catastrophe tandis que pour Dufrénoy, il s'agit exclusivement d'une séparation spatiale, stratigraphique liée à un événement géologique comme un soulèvement de montagnes. Au paléontologue s'oppose le géologue. À l'histoire de la vie est opposée l'histoire de la Terre, celle-ci imprimant sa marque sur la première.

2) 1836 : une limite sans critère bien défini

En juin 1836, Deshayes utilisera à nouveau le terme de limite lors de la discussion sur la place à donner au calcaire pisolithique, plaçant la limite entre terrains crétacés et terrains tertiaires à la base du calcaire pisolithique. Nous pouvons considérer que c'est à partir de cette discussion que le problème de la distinction entre craie et terrains tertiaires se pose, en France, en termes de limite même si le terme n'est pas encore employé de façon systématique. La différence majeure vient de ce que les géologues décrivent avant tout les couches et leur localisation. Ce

⁶²⁸ DUFRENOY A., 1832, « Observations à la réponse de M. Deshayes au mémoire de M. Boué sur les avantages de la paléontologie... », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 92.

n'est qu'à partir du moment où ils commencent à penser la succession des couches en période de l'histoire de la Terre et de la vie, qu'ils emploient le terme de « limite ». La conception spatiale des couches est remplacée progressivement par une conception temporelle. Il en résulte que la discontinuité observée traduit une rupture, une catastrophe dans l'histoire de la vie à la surface de la Terre marquant une limite entre deux périodes de cette histoire alors que pour les uniformitariens, aucun évènement marquant ne ponctue l'histoire de la vie et aucune limite ne s'impose. C'est toutefois cette théorie qu'Élie de Beaumont pourtant catastrophiste, utilise en 1847 pour poser la question de l'existence même de limite et proposer un critère à utiliser. À partir d'un schéma très explicite (fig. 40), il suppose l'existence de lacunes entre la craie et le calcaire pisolithique et entre celui-ci et l'argile plastique. Il pense que si la série s'avérait continue, plus aucune limite ne serait nécessaire et si l'on tient à distinguer terrains tertiaires et terrains créacés, alors il faudrait prendre comme limite la révolution qui a « *détruit et remanié les couches du calcaire pisolithique, [... et] la craie [...]. Cette révolution a coïncidé avec le soulèvement des Pyrénées* »⁶²⁹. Remarquons, relevons ici l'ambiguïté intellectuelle d'Élie de Beaumont qui adopte la doctrine uniformitarienne pour affirmer qu'il n'y a pas de limite et propose dans le même temps la révolution liée au soulèvement des Pyrénées, un évènement pour le moins catastrophiste dans la description qu'il en donne, pour donner une limite entre les terrains créacés et tertiaires.

En définitif, quel critère utiliser pour établir la limite entre les terrains créacés et les terrains tertiaires : un critère géologique comme le pense Élie de Beaumont (la révolution qui a donné naissance aux Pyrénées leur relief principal) ou un critère paléontologique comme le pensent A. d'Archiac, Deshayes, Ch. et A. d'Orbigny ? Selon le critère choisi, la position donnée à la limite change et il leur est impossible de trouver un consensus faute de critère bien établi et stable pour déterminer une limite stratigraphique.

3) Mieux définir, quitter le local

Le critère stratigraphique

Le critère stratigraphique avec les relations de superposition demeure essentiel quand il est accessible. C'est ainsi qu'Élie de Beaumont avait proposé comme marqueur les soulèvements de montagne. Cependant, Hébert s'éloignera de la position de son maître quelques années plus tard. En effet, lui qui a toujours cherché à montrer qu'un évènement catastrophique intense

⁶²⁹ ÉLIE DE BEAUMONT L., 1847, *op. cit.*, p. 569.

s'était produit après le dépôt du calcaire pisolithique (et non pas avant) change progressivement d'opinion. La clé de ce changement est l'acceptation que les terrains à Nummulites du midi de la France sont effectivement tertiaires, ce qu'avait déjà suggéré Lyell en 1843 qui en concluait que les Pyrénées « seraient » plus jeunes qu'on ne le pensait jusque-là...⁶³⁰ Ainsi, Hébert explique en 1859 : « *C'est ainsi que les Pyrénées et les Alpes viennent se placer au milieu de la période tertiaire, [...]* », raison pour laquelle il pense qu'« *il n'y a eu aucun cataclysme général au passage de la période crétacée à la période tertiaire ;* » « *bien des fois,* » ajoute-t-il, « *j'ai eu l'occasion d'insister sur ce point.* » En effet, il combat, dit-il, depuis quelques temps « *la théorie des mouvements brusques du sol et principalement celle qui s'applique à la détermination des limites des terrains. [...], c'est qu'en effet on ne connaît plus aujourd'hui de grand système de dislocations venant se placer entre des terrains différents.* »⁶³¹ Les temps ont changé et les théories avec. En 1859, il n'est plus de mise de parler de catastrophe ou de cataclysme généralisé. En conséquence, la théorie des soulèvements des montagnes d'Élie de Beaumont perd son caractère explicatif. Il y a bien eu des événements locaux, plus ou moins intenses, plus ou moins étendus, mais aucun ne prend une dimension globale. Hébert s'inscrit dans ce mouvement. Il va même jusqu'à affirmer : « *Cette manière d'envisager les rapports entre les mouvements de l'écorce terrestre et les changements de faune, cette indépendance complète entre l'apparition ou la disparition des êtres à la surface du globe et les dislocations dont nous voyons les résultats dans les pays de montagnes, est une des vérités les mieux établies aujourd'hui.* »⁶³² Pour Hébert, ce sont outre les cycles de régressions/transgressions liés à des *mouvements généraux et oscillatoires du sol*, avec les changements de *distributions des terres et des mers* qui sont responsables des *grands changements organiques*. Ainsi, il remplace l'évènement géologique « *soulèvement des montagnes* » par celui de « *transgression* ». De ce fait, il maintient un critère stratigraphique.

Le critère paléontologique

Le critère paléontologique devient prédominant⁶³³ et la définition de la formation par Deshayes en 1831 trouve toute sa valeur. Cependant ce critère est utilisé très différemment selon les géologues et il leur est bien difficile de s'y retrouver dans ce désordre.

⁶³⁰ Voir ch.III-4.

⁶³¹ HÉBERT E., 1859, « Observations sur les phénomènes qui se sont passés à la séparation des périodes géologiques », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 16, p. 603-604.

⁶³² *Ibid.*, p. 605.

⁶³³ Voir chapitre III.

- Une seule espèce fossile suffit à certains :

C'est, par exemple, sur la seule espèce *Cidaris forchhammeri* que Desor établit, en 1846, la corrélation entre le calcaire de Faxe et le calcaire pisolithique en un étage qu'il appelle étage danien, corrélation que réfute violemment A. d'Archiac dans son *Histoire des Progrès de la Géologie*⁶³⁴. Le calcaire de Faxe contenant bélemnites et baculites caractéristiques de la craie, cette corrélation est à l'origine du ralliement des catastrophistes à ceux qui attribuent le calcaire pisolithique au Crétacé (alors que celui-ci ne contient aucune espèce crétacée ni aucune espèce tertiaire ; toutes les espèces sont nouvelles).

- Un ensemble d'espèces fossiles

Généralement, plusieurs espèces fossiles jugées caractéristiques sont le plus souvent nécessaires, cependant tous n'utilisent pas les mêmes espèces ou les mêmes groupes pour établir leurs subdivisions qui peuvent, de ce fait, ne pas coïncider.

Notamment, A. d'Orbigny établit la limite entre les terrains crétacés et les terrains tertiaires sur les caractères paléontologiques. Il démontre dans son *Cours élémentaire de paléontologie et géologie stratigraphique* comment il utilise les fossiles pour caractériser ses 27 étages. Après avoir déterminé les fossiles et décrit les espèces, en compilant les données déjà nombreuses récoltées par les géologues, il établit l'abondance des genres et espèces dans chacun de ses étages. Le tout est reporté dans 17 tableaux ayant les caractères d'une matrice statistique (Annexe 18) et bâtis sur le même principe que celui de la figure 58, ceci pour tous les groupes d'animaux. L'analyse de ces tableaux et des déductions géologiques tirées des genres et des espèces par A. d'Orbigny, permet de comprendre son mode de pensée et les implications de son dogme. Il distingue deux types de caractères zoologiques.

Le premier type est celui des caractères stratigraphiques négatifs donnés par les genres : les genres ne traversent pas tous les étages et certains sont même cantonnés dans une très courte série d'étages. Ces genres « *offrent, pour les terrains et pour les étages où ils manquent, autant de caractère négatifs* »⁶³⁵. L'absence de ce genre dans un terrain indique la non-appartenance du terrain à cette série d'étage. Ceci n'est pas dit de façon tout-à-fait aussi explicite mais c'est bien ainsi qu'il l'utilise et il est très attaché à ces caractères négatifs qui semblent être pour lui les plus importants, en tout cas, il les utilise toujours en premier.

⁶³⁴ ARCHIAC A. d', 1851, *op. cit.*, p. 243-245.

⁶³⁵ ORBIGNY A. d', 1849, *op. cit.*, p. 192.

Le deuxième type est bien sûr celui des caractères positifs. « *Nous appellerons caractères positifs, les formes animales et les genres, qui existent dans un terrain, dans un étage ; ainsi pour nous, les genres connus fossiles [...] sont autant de faits positifs propres à caractériser les étages où ils se trouvent.* »⁶³⁶ Que les caractères soient négatifs ou positifs, A. d'Orbigny considère toujours un grand nombre de genres, de caractères.

Il applique ceci à chacun de ses étages, ce qui donne par exemple pour l'étage danien :

23e étage : DANIEN, Desor

Première apparition des genres Fasciolaria et Echinolampas.

Zone du Nautilus Danicus.

[...]

Caractères négatifs tirés des genres. *Pour séparer l'étage [danien] de la période sénonienne, nous avons, pour caractères négatifs, indépendamment des 42 genres qui naissent et s'éteignent dans l'étage sénonien sans passer à celui-ci, 80 genres qui, nés dans les étages antérieurs, s'éteignent encore dans l'étage sénonien, c'est-à-dire 122 genres. [...].*

Les limites négatives que la paléontologie nous donne avec l'étage suessonien, le premier des terrains tertiaires, sont des plus marquées, puisqu'elles sont données par 156 genres encore inconnus à l'étage danien, qui naissent avec la période suivante. [...].

Caractères positifs tirés des genres. *Comme caractères positifs, pour distinguer l'étage du précédent, nous n'avons que 2 genres [...], qui, inconnus à l'étage antérieur, se montrent, pour la première fois, dans celui-ci ; ce sont, en même temps, deux formes plus particulièrement tertiaires qui lient cette faune aux suivantes.*

*Pour distinguer l'étage danien de l'étage suessonien, nous avons les 9 genres suivants qui s'éteignent dans le premier, sans passer au second [...].*⁶³⁷

A d'Orbigny caractérise donc l'étage danien par l'absence de 122 genres qui disparaissent à la fin de la période sénonienne et 156 genres qui apparaissent avec l'étage suessonien, et par la

⁶³⁶ ORBIGNY A. d', 1852b, *op.cit.*, p.193.

⁶³⁷ *Ibid.*, p. 695-696.

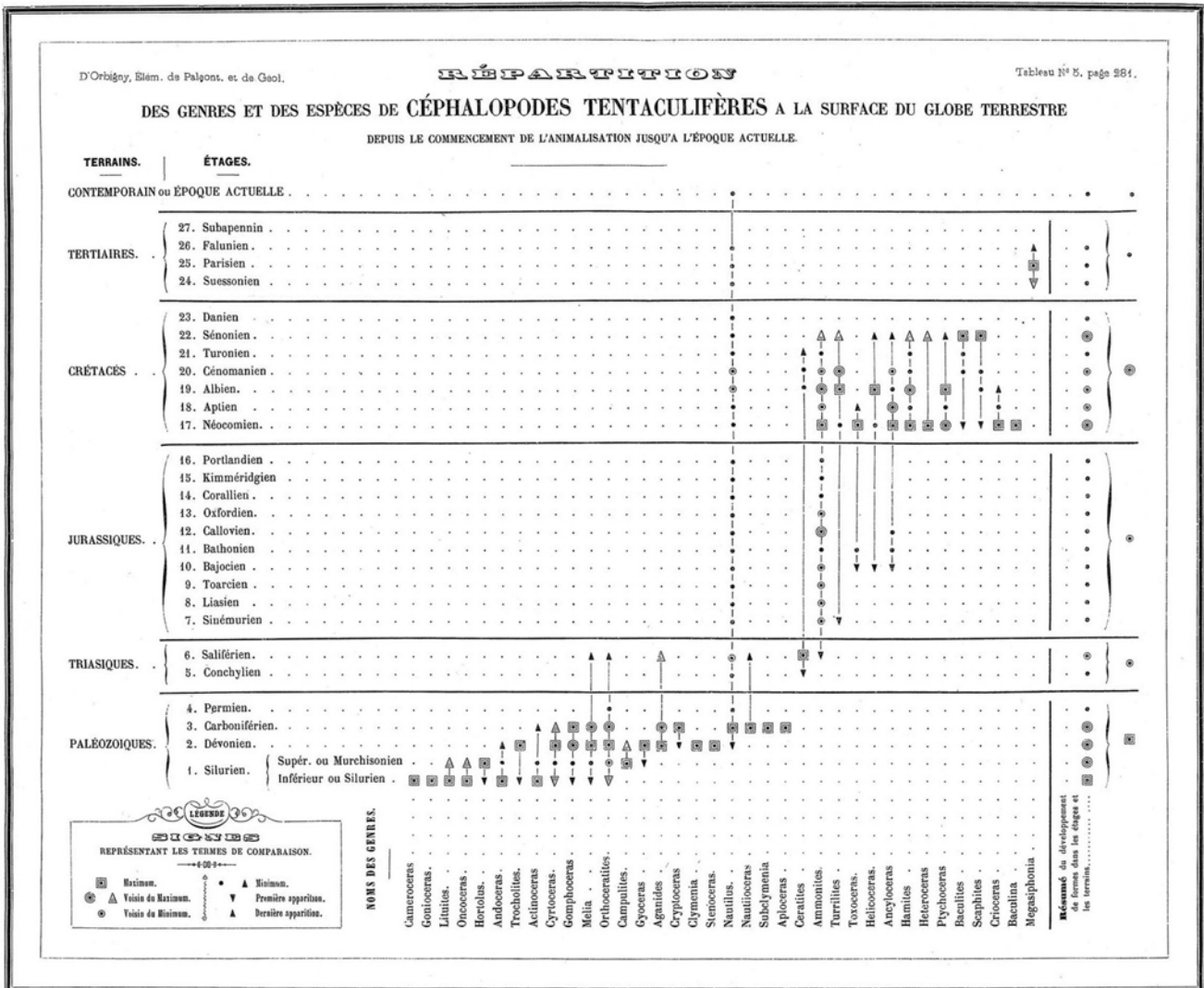


Figure 58 – Répartition des genres et espèces de Céphalopodes tentaculifères à la surface du globe terrestre depuis le commencement de l’animalisation jusqu’à l’époque actuelle, par A. d’Orbigny (1852, c).

- Les terrains et les étages, sur la gauche du tableau, sont classés des plus anciens en bas aux plus récents en haut. Les traits horizontaux soulignent les limites entre les grandes époques ou « terrains » reconnues par A. d’Orbigny.
- Les genres, en bas, sont classés non pas selon leur proximité zoologique, mais par leur ordre d’apparition à la surface de la Terre. Pour chaque ordre un trait vertical indique la période de présence du genre, et les flèches, leur première apparition et leur dernière apparition. Se contentant des faits, A. d’Orbigny se garde bien d’utiliser une quelconque référence à une disparition ou une extinction. La taille des points traduit l’abondance du genre dans l’étage considéré.
- La présence dans un terrain d’un ou de genre(s) caractéristique(s) d’une série d’étages indique son appartenance à cette série d’étages.

N.B. : Les autres tableaux sont aussi très instructifs (voir Annexe 18). Le choix des Céphalopodes est fondé sur le fait qu’il s’agit du groupe utilisé dans les décennies suivantes pour établir les étages et sous-étages de la période crétacée.

présence de 2 genres qui apparaissent à l’étage danien et de 9 genres qui disparaissent à la fin de l’étage. Ce sont donc, pour lui, les caractères négatifs qui déterminent le mieux l’étage danien. Il interprète les faits de la façon suivante :

Caractères paléontologiques. La faune de cette époque se distingue des précédentes par le manque d'Ammonites. Du reste, nous n'y voyons, par les genres, que la continuité du facies crétacé de l'étage précédent, mais avec un bien moins grand nombre de formes ; [...] Quoiqu'il en soit, dans l'état actuel de nos connaissances, comme nous ne trouvons, dans cet étage, que 2 genres de plus à opposer à 122 genres qui s'éteignent dans l'étage sénonien, sans passer à celui-ci, nous aurons la preuve évidente, par la paléontologie et par la stratification, que l'âge danien est la dernière période de dégénérescence des terrains crétacés. Dans l'étage suivant, commencement des terrains tertiaires, c'est, au contraire, le nombre des genres nouveaux qui domine d'une manière remarquable ; car nous en citons 157 d'inconnus aux terrains crétacés. [...].⁶³⁸

De la sorte, A. d'Orbigny a mis en évidence l'extinction d'un grand nombre de genres juste avant l'étage danien et interprète ce dernier comme la fin, l'ultime épisode d'une période marquée par la dégénérescence⁶³⁹ des groupes vivants. Le nombre d'espèces présentes dans l'étage danien est très faible, l'un des deux plus faibles de tous les étages selon son tableau (fig. 59). L'étage danien représente donc la *période de décadence* de l'époque crétacée. Après l'étage danien, commence une nouvelle période avec l'apparition de nombreux genres, la période tertiaire. Par conséquent, A. d'Orbigny détermine le début d'une grande période de l'histoire du globe par l'apparition d'un grand nombre de nouveaux genres. Son critère est donc celui de l'apparition de genres, par conséquent celui d'une création.

Quant aux caractères paléontologiques tirés des espèces, A. d'Orbigny fait une entorse à son sacro-saint principe « à chaque étage une nouvelle création » qui suppose l'absence de passage d'une espèce, d'un étage à l'autre, et par conséquent exclusivement des espèces nouvelles qui disparaissent à la fin de l'étage. En effet, il reconnaît :

[...] nous sommes arrivés à trouver 66 espèces [...]. Si de ce nombre nous retranchons les *Belemnitella mucronata*, et le *Baculites Faujasii*, indiqués par M. Lyell, et le *Fusus Neptuni*, que nous avons reconnu se trouver simultanément dans

⁶³⁸ *Ibid.*, p. 695.

⁶³⁹ L'usage du terme de « dégénérescence » peut sembler curieux puisqu'il ne possède pas de contenu biologique. C'est en revanche un terme d'usage fréquent, depuis les années 1830, dans la littérature et chez les médecins pour traduire la perte de vitalité, « l'appauvrissement du sang » qui va se traduire par la disparition d'une personne, d'une famille ou d'un groupe.

AGES GÉOLOGIQUES.		NOMBRE DES ESPÈCES	
TERRAINS.	ÉTAGES.	PAR ÉTAGES.	PAR TERRAINS.
TERTIAIRES.	27. Subapennin.....	606	6,042
	22. Falunien. } sup. ou Falunien.	2,754	
	} infér. ou Tongrien.	428	
	25. Parisien.....	1,576	
	24. Suessonien.....	678	
CRÉTACÉS.	33. Danien.....	66	4,291
	22. Sénonien.....	1,579	
	21. Turonien.....	380	
	20. Cénomanién.....	849	
	19. Albien.....	410	
	18. Aptien.....	156	
	17. Néocomien.....	851	
JURASSIQUES	16. Portlandien.....	60	3,846
	15. Kimméridgien.....	199	
	14. Corallien.....	655	
	13. Oxfordien.....	739	
	12. Callovien.....	281	
	11. Bathonien.....	546	
	10. Bajocien.....	603	
TRIASIQUES.	9. Toarcien.....	288	927
	8. Liasien.....	301	
	7. Sinémurien.....	174	
PALÉOZOÏQUES	6. Saliférien.....	792	3,180
	5. Conchylien.....	135	
	4. Permien.....	91	
	3. Carboniférien.....	1,047	
	2. Devonien.....	1,198	
	1. Silurien.. } supérieur.....	418	
	} inférieur.....	426	
	Totaux.	18,286	18,286

Figure 59 – Évolution du nombre d'espèces au cours des âges géologiques depuis le commencement du monde animé jusqu'à présent. In ORBIGNY A. d', 1852b, p. 250.

Chacun des 27 âges successifs renferme une faune particulière spéciale.

Le Danien renferme 66 espèces alors que l'étage précédent en renferme 1579 et le suivant 678.

Seul le Portlandien renferme aussi peu d'espèces : 60.

Pour chacun des cas, A. d'Orbigny considère qu'il représente la période de décadence de la période crétacée pour le Danien et jurassique pour le Portlandien. Après chacun de ces étages, commence une nouvelle période.

*l'étage sénonien, il nous restera encore 63 espèces qui, dans l'état actuel de nos connaissances, seront encore caractéristiques.*⁶⁴⁰

Suit la liste de quelques fossiles caractéristiques dont les deux seules espèces qui se trouvent simultanément en Suède et en France, et sur lesquelles on a basé l'identité d'époque à savoir le *Nautilus Danicus* et le *Cidaris Forchhammeri*. A. d'Orbigny est très gêné par la présence de *Belemnitella mucronata*, et de *Baculites Faujasii*, indiqués par M. Lyell, et le *Fusus Neptuni*, raison pour laquelle il est très tenté d'inclure l'étage danien dans l'étage sénonien et le dit explicitement :

⁶⁴⁰ ORBIGNY A. d', 1852b, *op.cit.*, p. 697.

*Relativement à la chronologie historique de cet étage, nous le regardons comme le dernier complément de la période de décadence des terrains crétacés, plus spécialement marquée à l'étage sénonien. Son peu d'importance, quant aux faits généraux qu'il peut donner, ne nous permet même de le considérer que comme une dépendance de la période sénonienne.*⁶⁴¹

Cette remarque souligne le fait qu'A. d'Orbigny a déterminé ses étages en fonction des faunes qu'il suppose exclusives. Ceci explique l'importance de son étage sénonien que les géologues de cette époque ont déjà tendance à découper en périodes plus courtes, ce qui implique alors que les espèces puissent passer d'un étage à l'autre. Ses divisions, ses étages, sont donc établis pour répondre à son principe de création à chaque étage. Dans ce contexte, il est étrange qu'il ait maintenu l'étage danien. En tout état de cause, l'étage danien relié au sénonien par 3 espèces n'étant donc qu'un stade final de la période crétacée, il place la limite entre les terrains crétacés et tertiaires à la fin de l'étage danien. Il nous faut souligner ici, la contradiction entre extinction de toutes les espèces et persistance des genres à la fin d'un étage. Cela suppose que des espèces apparaissent au sein de genres qui subsisteraient (comment s'il n'y a plus d'espèces ?), et sous-tend une idée transformiste inavouée.

Dans le même temps, Omalius d'Halloy se refuse à adopter les dénominations de danien, sénonien, turonien et cénomaniens d'A. d'Orbigny, non pas du fait de la façon dont sont construits ces noms, ce qui rentre tout à fait dans son principe de nomenclature, mais parce qu'il n'est pas d'accord avec leur délimitation.⁶⁴²

Aussi, la difficulté de placer une limite entre Crétacé et Tertiaire parmi les terrains intermédiaires, et le hiatus entre craie et terrains tertiaires sont tels que Lyell rassemble l'ensemble des couches entre la craie de Maastricht (à laquelle est rattaché le calcaire de Faxe) et l'Éocène, du calcaire pisolithique inclus aux sables de Thanet,⁶⁴³ « dans un nouveau système qu'il propose de placer entre la période crétacée et la période tertiaire »⁶⁴⁴ mais sans le rattacher ni à l'un ni à l'autre de ces deux systèmes, ne faisant aucun choix quant à la position à lui donner, faute de critère(s) établi(s). Ce nouveau système correspond d'ailleurs plus ou

⁶⁴¹ ORBIGNY A. d', 1852b, *op.cit.*, p. 697.

⁶⁴² OMALIUS D'HALLOY J.-B. d', 1853, *Abrégé de géologie*, Bruxelles, Alex. Jamar et Paris, V^e L. Mathias, p. 296.

⁶⁴³ Il est à noter que Lyell, comme A. d'Archiac, ne conserve pas la corrélation entre le calcaire de Faxe - contenant bélemnites et baculites donc, pour lui, crétacé - et le calcaire pisolithique qui n'en contient pas et serait par conséquent plus récent. Voir ch.II-2.2.

⁶⁴⁴ HÉBERT E., 1852, *op. cit.*, p. 862.

moins à ce que Wilhelm P. Schimper (1808-1880) appellera Paléocène (premier système du Tertiaire), en 1874, sur la base de la paléobotanique.

Cet usage extrêmement variable du critère paléontologique lié à l'absence d'une évidence sur laquelle se baser pour placer une limite conduit A. d'Archiac à un choix de convention :

*Les divisions que nous cherchons à établir [...] ne sont que des moyens plus ou moins artificiels pour coordonner et classer les faits, [...]. Le commencement d'une de ces divisions représentatives du temps, auxquelles on attache souvent trop d'importance, n'est séparé de la fin de celle qui l'a précédée, que par des différences le plus ordinairement conventionnelles, par conséquent sans valeur absolue. Aussi leurs limites respectives peuvent-elles être changées sans grand inconvénient, suivant le point de vue où l'on se place, et sont-elles le champ le plus habituel des discussions entre les géologues et les paléontologistes.*⁶⁴⁵

Rien ne justifierait donc une limite à un point précis d'une série stratigraphique. Il suffit pour cela de se mettre d'accord, accord des plus difficiles à obtenir comme le montreront les débats lors du premier Congrès international de Géologie. Pour comprendre le point de vue d'A. d'Archiac à ce sujet, point de vue qui pourrait paraître surprenant chez une personne si attachée aux faits et aux observations, il faut se replacer dans le débat continuité/discontinuité. Quelle est la position d'A. d'Archiac ? Si l'on s'en réfère à son Cours de paléontologie stratigraphique professé au Muséum :

*Pour nous la création des espèces a été successive, continue ou à très-peu près, indépendante en général des phénomènes physiques ou dynamiques locaux, toujours plus ou moins limités dans leurs effets, et il en a été de même de leur extinction ou de leur disparition.*⁶⁴⁶

A. D'Archiac se place résolument dans le courant de la continuité en ce qui concerne l'apparition et la disparition des espèces et par conséquent totalement opposé à l'idée de quelque catastrophe. Quant aux causes de l'apparition ou de la disparition des espèces,

[...], nous ne sommes pas dans le secret de la création, et nous n'avons pas plus la prétention de répondre [à ces] questions [...]. Nous nous bornons à constater les

⁶⁴⁵ ARCHIAC A. d', 1866, *op. cit.*, p. 346.

⁶⁴⁶ ARCHIAC A. d', 1864a, *op. cit.*, p. 120.

*faits, [...], sans qu'il nous soit nécessaire de nous préoccuper de la raison même de cette loi.*⁶⁴⁷

précise-t-il, refusant donc de donner quelque avis que ce soit sur la question estimant que cela serait pure spéculation. Cependant, ailleurs dans son cours, il apparaît clairement qu'il est, *pour l'instant*, fixiste – la théorie étant soutenue par les faits –, le transformisme des espèces n'étant pas encore, selon lui, démontré. Mais il est aussi tout à fait évident qu'il pourrait changer d'avis, le transformisme ayant *l'avantage de supposer un enchaînement de modifications qui n'exigent point de créations incessantes et renouvelées*, ce qu'il semble n'admettre que du bout des lèvres.⁶⁴⁸

Partisan donc de la continuité et de changements progressifs et réguliers des faunes, il considère les lacunes « que l'on croit avoir observées » pour justifier les limites ne sont qu'accidentelles et locales et que :

[...] en réalité, les véritables lacunes sont dans nos connaissances et non dans la nature. En effet, au fur et à mesure que les premières se remplissent, on voit disparaître les secondes ; [...].

*Cependant ces hiatus ne seront jamais tous comblés, parce qu'il y a bien des feuillets du grand livre qui ont été détruits, et que d'autres se trouvent enfouis à des profondeurs inaccessibles pour nous.*⁶⁴⁹

En conclusion, alors que le critère paléontologique s'impose progressivement au cours de cette première moitié du XIX^{ème} siècle pour classer les terrains, s'opposent, parfois violemment, deux courants. Le premier issu des positions religieuses et philosophiques du XVIII^{ème} siècle, soutenues par des observations de terrain comme celle du bassin de Paris, est un catastrophisme plus ou moins prononcé supposant des extinctions suivies de créations. Ce catastrophisme associé aux grandes discontinuités dans les faunes fossiles est à l'origine de l'idée de limite en stratigraphie en tant que limite d'une période zoologique. A l'inverse, l'uniformitarisme suppose des changements progressifs de faunes et donc une continuité stratigraphique. Aucune limite ne s'impose ici et leur choix serait alors de pure convention. Cependant, le consensus sur la place des limites, souvent difficile à trouver, est le plus souvent basé sur la présence ou l'absence de telle(s) espèce(s) et les corrélations entre deux couches reposent parfois sur une

⁶⁴⁷ *Ibid.*, p. 120.

⁶⁴⁸ *Ibid.*, p. 117-119.

⁶⁴⁹ ARCHIAC A. d', 1866, *op. cit.*, p. 346-347.

seule espèce commune. Dans les années 1870, demeure toujours la difficulté de trouver des critères stables pour établir les limites et les débats perdurent. Le problème du choix des critères est enfin clairement posé au premier Congrès international de Géologie qui se tient à Paris du 29 août au 4 septembre 1878.

3. Une première définition internationale de la limite

Le premier Congrès international de Géologie à Paris en 1878 marque un tournant dans l'approche de la notion de limite.

Ce congrès se tient à un moment clé des sciences naturelles du XIX^{ème} siècle. La publication par Darwin de *L'Origine des espèces* en 1859 et le débat Pasteur-Pouchet à l'Académie des Sciences, mettant fin à l'idée de la génération spontanée en 1865, imposent celle de la transformation des espèces par modifications successives ou théorie de la descendance avec modification. La théorie du transformisme influence donc non seulement la zoologie et la botanique mais aussi la géologie comme le montre Gustave Dollfus (1850-1931)⁶⁵⁰, les travaux de Gaston de Saporta⁶⁵¹ (1823-1895) et Antoine-Fortuné Marion (1846-1900) sur l'évolution des végétaux et ceux d'Albert Gaudry⁶⁵² (1827-1908). C'est aussi une période où se produit l'élargissement des connaissances à tous les continents. Il devient dès lors nécessaire de s'accorder sur les grands principes, la nomenclature et les représentations.

1) Débat sur les limites au 1^{er} congrès

Le programme du congrès est éloquent⁶⁵³. Sur les cinq grands thèmes abordés, deux concernent la notion de limite.

Le premier de ces deux thèmes est une « discussion sur diverses questions relatives aux limites et aux caractères de quelques terrains » qui se tiendra à la séance du samedi 31 août 1878. Il

⁶⁵⁰ DOLLFUS G., 1874, Principes de géologie transformiste, application de la théorie de l'évolution à la géologie, Paris, F. Savy, VII-178 p.

⁶⁵¹ SAPORTA G. et MARION A., (1885) *L'évolution du règne végétal : les phanérogames*. Tome 1 / 1885 F. Alcan. Paris, X-249-IV p, et Tome 2, 247-32 p.

⁶⁵² GAUDRY A., 1883, Les enchaînements du monde animal dans les temps géologiques. Fossiles primaires, Paris, F. Savy, 317 p. et GAUDRY A., 1890, Les enchaînements du monde animal dans les temps géologiques. Fossiles secondaires, Paris, F. Savy, 322 p.

⁶⁵³ Le programme du congrès éclaire les grands sujets de préoccupation de l'époque :

Unification de la nomenclature et des figurés (sur les cartes) ; questions relatives aux limites et aux caractères de quelques terrains ; représentation et coordination des faits d'alignement (failles et filons) ; valeur respective des faunes et des flores au point de vue de la délimitation des terrains ; valeur de la composition minéralogique et de la texture des roches au point de vue de leur origine et de leur âge.

aborde l'étude de limites entre les couches sédimentaires les plus anciennes – les limites des terrains cambriens et siluriens, des terrains carbonifères et permien, et enfin la limite entre le trias et le lias⁶⁵⁴. La limite entre terrains créacés et tertiaires ne sera pas abordée à cette séance. Le terme de « limite » présent dans les titres est pourtant assez rare dans les communications, les termes retenus dans les textes sont plus elliptiques, les auteurs lui préférant encore souvent ceux de « ligne de séparation », « ligne de démarcation » plus en rapport avec les divisions des terrains.

Les débats de cette première journée du Congrès mettent en évidence la difficulté de trouver un consensus sur les limites à donner aux différents terrains notamment cambriens et siluriens, terrains à l'origine de la controverse entre Adam Sedgwick (1785-1873) et Roderick Murchison (1792-1871). Ainsi, Joachim Barrande (1799-1883) regrette que « *nos maîtres Murchison et Sedgwick n'aient l'un et l'autre cultivé que la stratigraphie et qu'ils aient négligé la paléontologie* », soulignant par-là le rôle essentiel de la paléontologie. Il propose de fonder la division du terrain silurien sur les trois grandes faunes *très caractérisées chacune dans son ensemble* que l'on peut y reconnaître grâce à leurs trilobites. Ainsi, il propose des limites de terrain basées sur des modifications importantes des faunes mais pas totales : passage d'un type de trilobites à un autre et apparition des Céphalopodes et des Acéphalés entre la faune primordiale et la faune seconde du silurien, par exemple. Ces critères ne semblent toutefois pas suffisamment clairs ni toujours utilisables puisqu'il ajoute qu'« *il faut leur tracer des limites de convention, parce qu'elles ont entre elles des passages dans certaines contrées, mais non dans toutes. Il faut donc se décider à établir des limites, arbitraires jusqu'à un certain point, entre les grandes faunes siluriennes* »⁶⁵⁵. Il serait donc nécessaire de faire un choix arbitraire mais le plus judicieux possible, basé bien sûr sur la paléontologie. Voilà qui est bien audacieux mais rejoint la position exprimée par A. d'Archiac en 1866. Comment se mettre d'accord sur un choix arbitraire ? Et qui arbitre ce choix ? Peu convaincus, les autres débatteurs tentent de trouver des arguments paléontologiques incontestables mais sans véritable succès.

Cependant, se dégage à la suite des communications de cette journée un fait important. En effet, à la fin de la présentation de Peter Lesley (1819-1903), professeur de géologie à l'Université de Philadelphie (États-Unis), « Sur les limites du terrain carbonifère et du terrain permien en

⁶⁵⁴ Dans les comptes rendus du Congrès les noms d'étages sont écrits sans majuscule. Nous avons choisi d'utiliser cette même orthographe, en ce qui concerne le Congrès.

⁶⁵⁵ BARRANDE J., 1880, « Du maintien de la nomenclature établie par M. Murchison » in *Congrès International de Géologie : Comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, 1878, Paris, Imprimerie nationale, p. 102.

Amérique », Hébert relève les données de Lesley sur la limite entre les couches permienes et carbonifères et souligne que « *ce changement si considérable dans la vie des animaux et des végétaux n'a été accompagné d'aucune modification notable dans la nature et la disposition des sédiments.* » Autrement dit, alors qu'aucun évènement géologique ni aucune modification environnementale ne se sont produits, la faune et la flore changent brutalement. Cela pourrait être interprété comme une « catastrophe », mais probablement trop connoté, ce terme a disparu du discours habituel des géologues. Hébert conclut : « *Ainsi, quelles que soient la concordance des couches et la continuité apparente de la sédimentation, la paléontologie est toujours là pour indiquer les limites des époques géologiques* »⁶⁵⁶. En conséquence, alors que la sédimentation est continue et que la stratigraphie n'en donne aucun indice, la paléontologie indique clairement une limite entre deux terrains. Le critère paléontologique est donc le seul indicateur fiable de l'existence d'une rupture dans l'histoire de la vie et donc de la Terre, d'une limite entre deux périodes zoologiques. La paléontologie stratigraphique est « *notre seule règle positive, notre criterium le plus certain ;* » dira même Jules-Auguste-Alexandre Gosselet (1832-1916), « *nous n'en avons pas d'autres.* »⁶⁵⁷

Mais comment l'utiliser ? Une réponse sera proposée à la séance suivante, le 2 septembre 1878, portant sur la « valeur respective des faunes et des flores au point de vue de la délimitation des terrains ». Elle le sera par Cope au milieu de sa communication « Sur les relations des niveaux de vertébrés éteints dans l'Amérique du Nord et en Europe ». En effet, il montre dans un premier temps le parallélisme entre les deux continents grâce à « *l'identification générale des divisions principales de ces faunes* » pour plusieurs divisions – « *le permien, le terrain houiller, le laramien, la craie de Maestricht* » notamment. Cependant, il est encore trop tôt, les données encore insuffisantes pour faire des identifications exactes de divisions restreintes. Mais à partir du suessonnien (qu'il place à la base des terrains tertiaires) et pour tous les terrains tertiaires, apparaît une divergence entre les caractères des faunes d'Europe et d'Amérique. Il devient dès lors, difficile d'établir des parallélismes d'autant plus qu'en Europe, tous ne sont pas d'accord sur les limites, « *les points de démarcation* » entre les grandes divisions tertiaires. Par exemple, selon les auteurs, le stampien est rapporté à l'éocène ou au miocène. Pour Cope, les deux opinions sont aussi *admissibles* l'une que l'autre « *d'après les faits actuellement connus* ».

⁶⁵⁶ HÉBERT E., 1880, « Remerciements à M. le professeur Lesley », in *Congrès International de Géologie : Comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, 1878, Paris, Imprimerie nationale, p. 135-136.

⁶⁵⁷ In 1880, *Congrès International de Géologie : Comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, 1878, Paris, Imprimerie nationale, p. 205.

C'est à ce point de sa communication qu'il interrompt le développement de son discours sur les vertébrés afin de discuter des critères utilisés et de leur valeur respective, et de préciser « *la nature de l'évidence sur laquelle nous pourrions fonder une classification des faunes et des dépôts qu'elles contiennent.* »⁶⁵⁸, c'est-à-dire un critère signifiant et fiable qui permettrait de déterminer les limites des formations.

Comme le fait remarquer très justement Cope, « *Nous sommes à présent habitués à établir nos définitions sur toutes les particularités de faunes que nous pouvons saisir, par exemple : la période d'apparition, la durée et la disparition de certains types, en nous appuyant sur les ordres, les familles, les genres pour les grandes divisions, et sur les espèces dans une localité donnée, pour les subdivisions.* »⁶⁵⁹ Jusqu'ici les limites entre les terrains s'appuient sur des faits paléontologiques, certes, mais il n'y a pas de consensus sur la manière de les utiliser. Pour obtenir un système stable, il est nécessaire pour Cope de les préciser. Pour cela, il discute la valeur relative des changements de faunes caractérisés par les apparitions et disparitions d'espèces.

« *Mais, [...], il y a un fait patent, reconnu à la fois par les partisans et par les adversaires de la doctrine de dérivation. Il est notoire que le monde, à chaque âge de son histoire, a vu s'éteindre d'importants types d'êtres vivants.* »⁶⁶⁰ Quelle que soit l'idée que l'on se fasse de la manière dont apparaissent les espèces, l'histoire de la vie montre des discontinuités, des extinctions importantes d'espèces.

Par conséquent, si l'on considère « *le principe de descendance* », des modifications successives permettent l'apparition d'une espèce. Il est donc impossible de « *déterminer exactement le temps auquel on peut attribuer l'apparition de tel ou tel type* », plus caractéristique est le moment de sa disparition. « *Pour ces raisons, je dois regarder le dernier criterium comme le véritable dans la distinction des subdivisions du temps géologique* ». Ainsi donc, la disparition des espèces peut seule être suffisamment précise pour fixer une limite. Cependant, il existe deux causes à la disparition d'une espèce, l'extinction et la modification. « *Le cas de disparition par modification est identique à celui d'apparition par modification, et ne peut être employé autrement dans la classification. C'est donc aux périodes d'extinction des types que nous devons avoir égard.* »⁶⁶¹

⁶⁵⁸ COPE E, 1880, *op. cit.*, p. 150.

⁶⁵⁹ *Ibid.*, p. 150.

⁶⁶⁰ *Ibid.*, p.150.

⁶⁶¹ *Ibid.*, p.151.

Pour la première fois, un critère précis et fiable est proposé pour déterminer les limites entre les terrains, à savoir une période d'extinction des espèces.

Reprenant sa communication et la comparaison de la faune éteinte en Europe et dans l'Amérique du Nord, dans les terrains tertiaires, Cope applique alors le critère d'extinction des espèces afin de corrélérer les « niveaux de vertébrés » et réussit à établir des *identifications exactes* pour quelques formations. L'ensemble de ses résultats lui permet d'établir un tableau de correspondance des formations en Europe occidentale et Amérique du Nord (fig. 60).

EUROPE OCCIDENTALE.		AMÉRIQUE DU NORD.	
TERRAIN TERTIAIRE.			
Pliocène.....	{ Aslien. Plaisancien.	Pliocène.....	{ Equus Beds. Megalonyx Beds.
OÉningien.....	{ OÉningien.	Loup Fork.....	{ Procamelus Beds. Ticholeptus Beds.
Falunien.....	{ Tortonien. Langhien.		
Aquitanien.....	| Aquitanien.	White River.....	{ Truckee Beds. White River.
Stampien.....	| Stampien.	Uinta.....	| Uinta.
	{ Sestien.	Bridger.....	| Bridger.
Parisien.....	{ Bartonien. Bruxellien.	Wasatch.....	{ Green River. Wasatch.
Suessonien.....	| Suessonien.		
TERRAIN POST-CRÉTACÉ.			
Thanetien.....	| Thanetien.	Puerco ⁽¹⁾	Puerco.
		Laramie.....	{ Fort Union. Judith River.
TERRAIN CRÉTACÉ.			
Sénonien.....	{ Maestrichtien. Campanien. Santonien.	Fox Hills.....	{ Fox Hills. Fort Pierre.
Cénomanién.....	{ Turonien. Carentonien. Rothomagien.	Colorado.....	{ Niobrara. Fort Benton.
Gault.....	{ Vraconien. Albien.	Dakota.....	| Dakota.
Urgo-Aptien.....	{ Aptien. Rhodanien. Urgonien.		
TERRAIN JURASSIQUE.			
Wealdien.....	{ Hauterivien. Valangien.		

Figure 60 – Tableau de correspondance des formations en Europe occidentale et en Amérique du Nord, par Cope (1878).

Entre le terrain crétacé et le terrain tertiaire : le terrain post-crétacé.

Dans ce tableau, entre le Maestrichtien, dernier étage du terrain crétacé et le Suessonien, premier étage du terrain tertiaire, est répertorié un « terrain post-crétacé » comprenant le Thanétien en Europe occidentale (notons l'absence du Danien) et le Puerco et le Laramien en Amérique du Nord, étages dont il discute les caractères à la fois crétacés et tertiaires (fig. 61).

Il y associe les sables de Thanet et les sables de Bracheux, terrains que Lyell plaçait en 1852 avec le calcaire pisolithique dans un nouveau système entre terrains crétacés et tertiaires. Enfin, Cope remarque que les reptiles et les poissons du groupe de Laramie sont associés aux Dinosauriens en Amérique alors qu'ils le sont aux mammifères en Europe. Le Laramien « *se place donc nécessairement à la limite entre les terrains tertiaires et les terrains crétacés, mais du côté de ces derniers.* » La raison en est que « *les Dinosauriens sont un type mésozoïque, inconnu partout ailleurs dans les couches tertiaires ;* »⁶⁶² sous-entendu leur disparition marque la limite entre terrains crétacés et terrains tertiaires.

SABLES DE THANET OU SABLES DE BRACHEUX ET CONGLOMÉRAT DE CERNY.	LARAMIEN.
Genres tertiaires.	
<i>Lophiochærus.</i>	
<i>Plesiadapis.</i>	
<i>Pleuraspidothorium.</i>	
<i>Arctocyon.</i>	
<i>Clastes.</i>	<i>Clastes.</i>
Genres spéciaux.	
<i>Champsosaurus.</i>	<i>Champsosaurus.</i>
<i>Compsemys.</i>	<i>Compsemys.</i>
<i>Myledaphus.</i>	<i>Myledaphus.</i>
	<i>Scapherpeton.</i>
Genres crétacés.	
	<i>Paleoscincus.</i>
	<i>Dysganus.</i>
	<i>Monoclonius.</i>
	<i>Diclonius.</i>
	<i>Cionodon.</i>
	<i>Lælaps.</i>
	<i>Aublysodon.</i>

Figure 61 – Comparaison de la faune de vertébrés du Laramien d'Amérique du Nord avec celle du Thanétien d'Europe, par Cope (1878).

Ce critère, « extinction d'espèces » se révèle donc un critère opérationnel en la matière.

⁶⁶² *Ibid.*, p.149.

Ainsi, les premiers débats de ce premier Congrès international de Géologie mettent en évidence la difficulté de trouver un consensus sur les limites à attribuer aux formations du fait de l'absence de critères bien établis. Cependant, il est maintenant acquis que seul le critère paléontologique doit être retenu, les critères lithologique et stratigraphique pouvant même être absents. Cope va plus loin. En prenant appui sur le principe de descendance, il démontre que les apparitions et disparitions par modification des espèces ne permettent pas de déterminer avec suffisamment de précision le moment de ces événements alors qu'une extinction est infiniment plus précise. Par conséquent, seules les extinctions doivent être prises en compte. C'est le critère « extinction des espèces » qui permettra de tracer avec certitude les limites entre les formations et c'est celui qu'il utilise avec profit dans son travail sur les Vertébrés.

2) Une extinction de masse à la limite du Crétacé et du Tertiaire

Albert de Grossouvre (1849-1932) utilise lui aussi magistralement ce critère presque vingt ans plus tard, en 1897, pour placer la limite du Crétacé et du Tertiaire à la base du Danien juste après l'extinction d'un grand nombre de groupes d'êtres vivants. Pour cela, il s'appuie sur ses observations propres et surtout sur les nombreux travaux exécutés au cours des deux décennies précédentes par nombre de géologues parmi lesquels Matheron⁶⁶³ pour la Provence, Leymerie⁶⁶⁴ et Joseph Roussel (?-1928)⁶⁶⁵ pour les Corbières et la Haute-Garonne, Jean Seunes⁶⁶⁶ (1849-1920) pour les Basses-Pyrénées et les Landes et René Nicklès⁶⁶⁷ (1859-1917) pour le nord de l'Espagne. L'objectif d'A. de Grossouvre est de mettre en parallèle les séries sédimentaires (de la fin du Crétacé à l'aurore du Tertiaire) le long d'une ligne allant des Pyrénées occidentales à la Provence. Comme ces régions ont connu un assèchement progressif d'Est en Ouest à cette période, il s'agit de corréliser grâce aux fossiles, des formations purement marines à l'Ouest, saumâtres ou lacustres dans les Pyrénées orientales et lacustres ou fluvio-marines en Provence. Or la série lacustre de Provence est parfaitement continue et les géologues sont tombés d'accord sur la position de la limite du Crétacé et du Tertiaire dans cette série.

⁶⁶³ MATHERON P., 1876, « Note sur les dépôts crétacés lacustres et d'eau saumâtre du Midi de la France », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 4, p. 415-428.

⁶⁶⁴ Voir ch.III-4.

⁶⁶⁵ ROUSSEL J., 1887, « Etude sur le Crétacé des Petites Pyrénées et des Corbières », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 15, p. 601-639, 2 pl. et ROUSSEL J., 1887b, « Sur la composition du Danien supérieur et de l'Eocène des Petites-Pyrénées, des Corbières et de la Montagne-Noire », *Ass. Fr. pour l'avancement des Sciences*, session de Toulouse, p. 459.

⁶⁶⁶ SEUNES, J., 1891a, « Recherches géologiques sur les terrains secondaires et l'Eocène inférieur de la région sous-pyrénéenne du Sud-Ouest (Basses-Pyrénées et Landes) », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 19, p. 132.

⁶⁶⁷ NICKLES R., 1889, « Notes sur quelques gisements du Sud-Est de l'Espagne », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 17, p. 824-840 et 1891, « Etudes géologiques dans le Sud-Est de l'Espagne ».

Aussi, la succession des faunes et des fossiles dans la série lacustre est-elle parfaitement connue ainsi que les fossiles lacustres caractéristiques du Crétacé tout comme ceux du Tertiaire. Il est donc possible de retrouver dans la série fluvio-marine l'âge relatif des assises fluvio-lacustres et d'en déduire celui des assises marines intercalées entre ces assises. *Cette solution adoptée pour la série lacustre entraîne la solution pour la série marine, [...] et conduit pour les couches marines à une limite également très satisfaisante au point de vue des relations fauniques.*⁶⁶⁸ Ainsi, la paléontologie des formations lacustres associée à la stratigraphie dans la série fluvio-marine a permis d'établir les âges relatifs des assises marines, la série des couches secondaires marines pouvant dès lors être déterminée par la distribution verticale des Ammonites⁶⁶⁹. Puis, de proche en proche, la limite du Crétacé et du Tertiaire est positionnée dans l'ensemble des formations. Cette limite est tracée par des modifications fauniques profondes, les couches crétacées marines contenant de nombreux Céphalopodes à cloisons persillées, etc. que ne contiennent pas les premières couches tertiaires à *Nautilus danicus*. Cette même limite se distingue aussi bien dans l'Inde qu'à Tercis (Landes). A. de Grossouvre expose clairement qu'en de nombreux endroits et sur une vaste étendue, de la France jusqu'en Inde, s'observe une série de couches sans discontinuité mais marquée, à un point précis, par un changement de faune remarquable.

Placée où je viens de l'indiquer, cette coupure correspond à une date importante dans l'histoire du développement de la vie animale à la surface du globe (1). A ce moment précis s'éteignent toute une série d'êtres qui avaient joué un rôle considérable dans la faune des terrains secondaires. Les Ammonites, dont les dépouilles remplissent certaines couches crétacées, disparaissent subitement, sans que rien, dans les événements qui avaient précédé cet instant, soit de nature à faire présager leur fin prochaine. Avec elles s'éteignent tous les Céphalopodes à cloisons persillées, Scaphites, Baculites, Hamites et aussi les Bélemnites qui avaient jonché de leurs rostrés tant de lits jurassiques. Les Rudistes, Hippurites, Sphérulites, Radiolites, dont les coquilles avaient édifié des couches puissantes, s'éclipsent au même moment. Bien d'autres groupes sont aussi atteints : Inocérames, etc.

Il y a donc eu là pour certains groupes d'êtres un arrêt brusque et en quelque sorte instantané qui n'est pas sans causer une vive surprise à l'observateur habitué à

⁶⁶⁸ GROSSOUVRE A. de, 1897a, « Sur la limite du Crétacé et du Tertiaire », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 71-72.

⁶⁶⁹ SEUNES, J., 1890, « Contributions à l'étude des Céphalopodes du crétacé supérieur de France », *Mémoires Soc. Géol. France*, Paléontologie, 2, 22 p., 6 pl.

*constater d'ordinaire l'enchaînement et la continuité des faunes. On peut dire, sans exagération, qu'on est en présence d'une des dates les plus remarquables de l'histoire de la terre.*⁶⁷⁰

Pour A. de Grossouvre, il s'agit d'un arrêt brusque et quasi instantané, d'une extinction de masse à la fin du Crétacé, un moment très particulier de l'histoire de la Terre, brutal, somme toute catastrophique, détonnant quand jusque-là les faunes s'enchaînent en continu. Cependant, il se garde bien d'utiliser le terme de « catastrophe » qui n'est plus de mise en 1897. Il ne propose pas davantage une quelconque interprétation au fait observé d'une extinction de masse. Il se contente des faits et souligne qu'il ne s'agit pas d'une extinction totale comme il le fait remarquer dans une note de bas de page ajoutée lors de l'impression du Mémoire.

*(1) Il est bien évident d'ailleurs qu'il n'existe pas en ce point un hiatus complet et un renouvellement intégral des faunes. On sait, en effet, qu'un certain nombre d'espèces passent du Crétacé dans le Tertiaire, mais leur présence ne suffit pas pour autoriser à dire, que la zone à *N. danicus* se rattache plus naturellement au premier qu'au second, car les espèces en question, douées d'une grande longévité, n'ont aucune valeur au point de vue stratigraphique : ce sont ce que l'on appelle des espèces indifférentes : telles sont par exemple *Pecten quadricostatus* qui est apparu à l'époque turonienne et se retrouve dans le calcaire pisolithique ; *Ostrea lateralis* qui a commencé à se montrer dans le Néocomien et se retrouve dans le Tertiaire incontesté, etc.*

*Au contraire, les données paléontologiques basées sur la disparition de groupes entiers de fossiles importants conduisent nécessairement à placer la limite au point proposé et elle se justifie d'autant mieux qu'elle coïncide avec l'apparition des *Nummulites* (Voir in Seunes, p. 109). (Note ajoutée pendant l'impression).*⁶⁷¹

Certains fossiles peuvent passer du Crétacé au Tertiaire et ont une longue durée de vie ce qui leur enlève toute valeur stratigraphique. On voit poindre ici la notion de fossile stratigraphique, fossile de durée de vie suffisamment courte pour être caractéristique d'une période donnée. Parmi ces fossiles sans signification stratigraphique, il cite *N. danicus* et *Pecten quadricostatus*,

⁶⁷⁰ GROSSOUVRE A. de, 1897a, *op. cit.*, p. 72-73.

⁶⁷¹ *Ibid.*, p. 72.

deux fossiles utilisés justement par Hébert en 1853 pour rattacher le calcaire pisolithique et l'étage danien au Crétacé⁶⁷².

Ainsi, A. de Grossouvre établit la limite du Crétacé et du Tertiaire après l'extinction des Ammonites, Scaphites (ammonite hétéromorphe ou déroulée), Bélemnites, etc. et avant les couches à *Nautilus danicus*. Puis il utilise ce critère « extinction » de ces grands groupes pour déterminer la place de la limite sur l'ensemble des sites connus : ceux du Midi de la France bien sûr mais aussi plus au Nord, dans le Cotentin et le bassin de Paris, en Belgique (le tuffeau de *Maëstricht* est, sur ce critère, crétacé), en Scanie et au Danemark.

En ce qui concerne le Danemark, il rappelle la succession des couches telles qu'on peut les observer à Stevns Klint : sur la craie blanche, vient un mince lit d'argile à écaille de Poissons, puis le calcaire de Faxe, dans lequel les Céphalopodes ne sont plus représentés que par *Nautilus danicus* et *N. bellerophon*. Puis, se référant en particulier à *List of fossil faunas of Sweden*⁶⁷³, A. de Grossouvre indique que *Belemnitella mucronata* et les Ammonites des assises précédentes ont disparu pour toujours. Ainsi, la *Belemnitella mucronata* trouvée par Lyell n'a jamais été retrouvée par la suite dans le calcaire de Faxe, ni les Baculites dont avait parlé Forchhammer. Or, comme nous l'avons vu précédemment⁶⁷⁴, ce sont justement ces deux fossiles qui ont fait pencher la balance pour une attribution crétacée de l'étage danien tel que défini par Desor en 1846.

Ainsi, pour A. de Grossouvre, la limite du Crétacé et du Tertiaire est à placer, en Scanie et au Danemark, au-dessous de l'assise à *Nautilus danicus* (le calcaire de Faxe). L'étage danien selon Desor (*stricto sensu*) doit donc faire partie du système tertiaire dont il constituera la première assise⁶⁷⁵. Comme le tuffeau de Maastricht est antérieur au calcaire de Faxe⁶⁷⁶, (ce que Munier-Chalmas et de Lapparent ont admis *tout récemment*), il est la dernière assise du Crétacé.

⁶⁷² Voir ch.II-2.2.

⁶⁷³ LUNDGREN B., 1888, *List of the fossil faunas of Sweden*, vol. 3, Mesozoic, *Palæontological department of the Sweden State Museum (Natural History)*, Stockholm, Naturhistoriska Riksmuseet, 20 p. Cette compilation décidée par le riksmusset, a été réalisée sous la direction de Bernhard Lundgren. Il s'agit de tableaux donnant la liste des espèces fossiles du Mésozoïque. Les tableaux pour le Crétacé, indiquent, pour chaque espèce fossile, sa présence dans le(s) horizon(s) géologique(s), du plus ancien au plus récent, ainsi que les lieux où elle a été trouvée. Ils montrent ainsi qu'aucun céphalopode, excepté *Nautilus danicus* et *Nautilus Bellerophon* ne se présente dans l'horizon à *Dromia rugosa* Schloth., c'est-à-dire le calcaire corallien et le calcaire à Bryozoaires de Faxe, ni dans le calcaire de Saltholm. D'autre part, les espèces présentes dans ces deux horizons sont absentes dans les autres et inversement. Cependant un petit nombre d'espèces sont présentes dans tous les horizons.

⁶⁷⁴ Voir ch.I-3.3 et I.4 ; ch.II-2.1 et II-2.2.

⁶⁷⁵ GROSSOUVRE A. de, 1897a, *op. cit.*, p. 77.

⁶⁷⁶ Comme Arnaud en 1879, A. de Grossouvre (1891) et Seunes (1891a et b) séparent clairement le Danien *stricto sensu* (ou Garumnien) du calcaire de Maastricht qui, par ses fossiles a plus de liaison avec le Campanien qu'avec

*C'est cette coupure si tranchée que nous proposons de prendre comme séparation entre le Crétacé et le Tertiaire.*⁶⁷⁷ Ainsi, A. de Grossouvre par une étude paléontologique et stratigraphique extrêmement détaillée et précise, démontre l'extinction d'un grand nombre d'espèces et de groupes à la fin du Crétacé, extinction qui justifie, à ses yeux, de placer la limite du Crétacé et du Tertiaire juste au-dessous du Danien, mais il ne rencontre pas l'adhésion de tous.

3) Nouveau débat, une extinction de masse ou une apparition ?

À la fin de la lecture de ce mémoire, lors de la discussion, Henri Douvillé (1846-1937), professeur de paléontologie à l'École supérieure des Mines, met en doute la validité des choix d'A. de Grossouvre concernant la *zone litigieuse* à *N. danicus* et *Micraster* du fait même que cette zone, ce terrain « *ne présente pas encore de Nummulites, [et] paraît se rattacher plus naturellement par sa faune au Crétacé* ». Sur la base de cette observation, Douvillé estime qu'« *il serait préférable de continuer à ranger cette zone dans le Crétacé* »⁶⁷⁸. Autrement dit, Douvillé n'accepte pas le critère « extinction » choisi par A. de Grossouvre pour tracer la limite. Il lui oppose un autre critère : « apparition » des Nummulites. Pour quelle raison oppose-t-il l'apparition d'un groupe à la disparition ou plutôt l'extinction de très nombreux genres et groupes ? Il se place dans la même position qu'A. d'Orbigny en 1852. En effet, si l'on observe à nouveau les 17 tableaux d'A. d'Orbigny (Annexe 18), deux façons de placer la limite sont possibles – toutes deux aussi évidentes l'une que l'autre à la vue des tableaux – selon le point de vue que l'on prend : si l'on choisit le critère « extinction », un grand nombre de genres disparaissent brutalement à la fin du Sénonien d'Orb. et peu de genres demeurent au Danien. Par conséquent, la limite doit être placée juste après le Sénonien, avant le Danien, comme l'a placée A. de Grossouvre. Par contre, si l'on choisit le critère « apparition » comme A.

le Garumnien (SEUNES, J., 1891a). Seunes rassemble le Maestrichtien et le Campanien dans le Sénonien supérieur. Le Danien comprend « *les couches caractérisées par le Nautilus danicus ou par Isopneustes colonia, couches dans lesquelles on n'a encore signalé aucune trace d' Ammonitidæ ; je veux parler du calcaire de Faxe, du calcaire pisolithique du bassin de Paris, des calcaires entièrement marins des Basses-Pyrénées et des Landes, des sables de Ninnyur de l'Inde anglaise et de Pondichéry, où la présence de Nautilus danicus est constante ; enfin des couches garumnienne de la Haute-Garonne et de l'Ariège, et de la partie supérieure du tuffeau de Maëstricht renfermant Isopneustes colonia et peut-être aussi Nautilus danicus.* » (SEUNES, J., 1891b). Voici donc recensées toutes les couches daniennes qu'A. de Grossouvre considère comme les premières assises du Tertiaire. Parmi elles, les trois assises – calcaire de Faxe, calcaire pisolithique et assises supérieure de la craie de Maestricht – d'abord attribuées au Tertiaire lors de leur première description, puis placées dans les terrains crétacés par Lyell, Élie de Beaumont et Hébert (voir ch.I-3.3 et I-4 pour Lyell et II-1.2 pour Élie de Beaumont et Hébert).

⁶⁷⁷ GROSSOUVRE A. de, 1897a, *op. cit.*, p. 80.

⁶⁷⁸ DOUVILLÉ H., 1897, « Observations sur les conclusions de M. de Grossouvre », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 81.

d'Orbigny et Douvillé, pas de doute, la limite doit être tracée là où l'a positionnée A. d'Orbigny, juste après le Danien : c'est après le Danien qu'apparaissent un grand nombre de genres. A. d'Orbigny considérait le Danien comme la marque d'une dégénérescence, d'un déclin progressif de la faune crétacée, lent déclin trouvant son aboutissement au Danien. Cette idée de dégénérescence correspond aux idées qui circulent en ce milieu du XIX^{ème} siècle – dégénérescence, perte des qualités de la race, etc. Ainsi, il lui était impossible de penser la disparition des faunes des grandes formations en termes d'extinction et la diminution du nombre de genres à la fin des grandes périodes géologiques traduisait pour lui davantage le lent déclin de la faune qu'une disparition brutale. Sa vision du monde est donc, en la matière, celle de modifications progressives et lentes plutôt que catastrophiques ce qui est en contradiction totale avec sa certitude de changement complet de faune à chaque étage. Par contre, il est bien difficile de dire ce que sous-tend la position de Douvillé. Certes, le catastrophisme n'est plus de mise en cette fin de XIX^{ème} siècle comme le disait déjà A. d'Archiac en 1864.⁶⁷⁹ Mais la disparition apparemment brutale (dans l'ignorance où l'on est de la temporalité) d'un grand nombre de genres à la fin du Maastrichtien est maintenant une évidence sans que l'on ait pu ou même essayé d'en donner la cause. C'est un fait et ce fait change les habitudes de classification et semble gêner. A quoi bon changer ? Pourquoi ne pas continuer à considérer que le Tertiaire commence là où il y a des Nummulites ? d'autant plus que « *la seule conséquence que l'on puisse tirer du parallélisme indiqué par M. de Grossouvre serait que la limite du Crétacé et du Tertiaire a été placée trop bas en Provence, [...]* »⁶⁸⁰. Probablement a-t-il aussi à l'idée l'opinion de Munier-Chalmas, opinion déjà évoquée en 1893 lorsque celui-ci a présenté avec A. de Lapparent sa *Nomenclature des terrains sédimentaires*.

Douvillé est aussitôt appuyé par Munier-Chalmas qui « *pense que les limites tracées entre les terrains tertiaires et crétacés par son savant confrère, ne sont pas imposées par des nécessités d'ordre stratigraphique et qu'elles ont le désavantage, au moins en apparence, étant donné nos connaissances actuelles, d'être peu ou pas en harmonie avec les données paléontologiques.* »⁶⁸¹

A. de Grossouvre répond à cet argument dans une note sur épreuves (voir supra) et à la séance suivante, le 15 février, il insiste :

⁶⁷⁹ « Nous regrettons cependant d'y retrouver encore une invocation aux grands phénomènes cosmiques, ce qui n'était plus permis en 1856. » disait-il à propos d'Isidore Geoffroy Saint-Hillaire qui n'admettait « aucune modification [...] dans l'espèce sans l'intervention de causes physiques extérieures. » *In* ARCHIAC A. d', 1864a, *op. cit.*, p. 57.

⁶⁸⁰ DOUVILLÉ H., 1897, *op. cit.*, p. 8

⁶⁸¹ MUNIER-CHALMAS E., 1897, « Observations », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 81.

*La limite que j'ai proposée me paraît justifiée par la différence profonde des faunes de part et d'autre : même dans les régions pyrénéennes, où la série marine est continue, tous les travaux publiés jusqu'à ce jour montrent une liaison intime entre le Nummulitique et les couches à N. Danicus, tandis qu'il n'y a, pour ainsi dire, pas de fossiles communs entre celles-ci et les couches à Ammonites sous-jacentes.*⁶⁸²

Ainsi, à l'objection essentiellement stratigraphique de Munier-Chalmas, il oppose ce qu'Hébert avait déjà souligné lors du premier Congrès international de géologie, à savoir qu'une série continue peut présenter de grands changements de faunes et que par conséquent, seule la paléontologie permet de tracer les limites des formations. Et dans le cas présent, les couches à *N. danicus* concordent davantage avec le Nummulitique (tertiaire) qu'avec les couches à Ammonites (crétacées).

Pour quelle raison Munier-Chalmas réfute-t-il réellement les arguments d'A. de Grossouvre ? La réponse se trouve dans le mémoire qu'il présente juste après celui-ci⁶⁸³, une « Note préliminaire sur les *assises* montiennes du Bassin de Paris » dans laquelle Munier-Chalmas arrive à une position opposée à celle d'A. de Grossouvre. Dans cette note, il s'agit tout d'abord pour Munier-Chalmas, de décrire le calcaire pisolithique (qu'il dit montien) puis, après avoir affirmé que le Danien du Danemark est crétacé (il cite quelques fossiles crétacés à l'exclusion de tout autre), de chercher à établir le parallèle avec le Montien⁶⁸⁴. Comme les preuves stratigraphiques manquent le plus souvent, dit-il, la chronologie ne peut être établie que sur des données d'ordre paléontologique. Ses conclusions sont de trois ordres : la première est que les assises montiennes ont des caractères paléontologiques crétacés mais aussi des caractères tertiaires incontestables (ne permettant donc pas de trancher). Deuxièmement, les dépôts daniens et montiens *indiquent* [par leur faune] *un maximum de régression des mers crétacées terminales du nord de l'Europe* (dans la mesure où la faune traduit selon lui, de bas en haut, une profondeur de plus en plus faible de la mer). De plus, la faune montre que *la température des eaux marines était encore relativement assez élevée*. Et enfin, *les dépôts tertiaires commenceraient avec la grande transgression du Nord* car les couches thanétiennes (tertiaires)

⁶⁸² GROSSOUVRE A. de, 1897b, « Réponse aux observations de MM. Douvillé et Munier-Chalmas », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 110.

⁶⁸³ À la séance du 1^{er} février 1897 de la Société géologique de France.

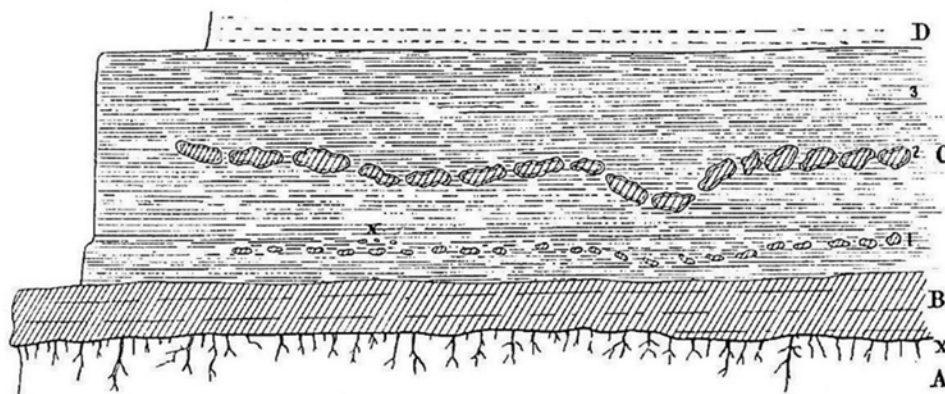
⁶⁸⁴ Dans sa note, Munier-Chalmas établit le fait déjà avancé les années précédentes que les assises du Danemark (calcaire de Faxø et calcaire de Saltholm), dont il fait un Danien à caractère plutôt crétacé, sont légèrement antérieures aux assises du calcaire pisolithique qu'il attribue à un Montien à caractère plus Tertiaire (Danien et Montien seront réunis beaucoup plus tard en un Dano-Montien). In MUNIER-CHALMAS E., 1897b, « Note préliminaire sur les assises montiennes du bassin de Paris », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 88-89.

peuvent être *en transgressivité* sur les assises crétacées, la première faune éocène présentant un caractère boréal. Cependant, au début de sa note, Munier-Chalmas est en contradiction avec son affirmation d'un maximum de régression au Danien. En effet, il rappelle que :

*À Meudon, comme on le sait, le Sénonien se termine par des bancs de craie jaune, durcie, percée de nombreuses tubulures, qui se bifurquent et se ramifient, en se subdivisant, comme des racines d'arbres ou de plantes qui auraient vécu en place sur la craie émergée, avant l'arrivée de la mer montienne. Je rappellerai que j'ai trouvé, dans une excursion géologique de la Faculté, en face de la gare du Bas-Meudon, une de ces cavités remplie de bois dont les fibres, encore visibles, étaient transformées en hydroxyde de fer.*⁶⁸⁵

La coupe associée (fig. 62) est tout aussi éloquente.

Fig. 2. — Les Moulineaux (détail).



- A. Craie blanche à silex de Meudon, 40 m. — x, craie à tubulures (50 cm. à 1 m.).
 B. Calcaire montien à *Turritella Montensis* (1^m50 à 3 m.).
 C. Marnes blanches (6 à 8 m.).
 1. Premier cordon calcaire à *Briartia Modunensis* (10 à 20 cm.).
 x, Petit lit calcaire jaune à *Melanopsis*.
 2. Deuxième cordon calcaire à *Cerithium* aff. *nerineale* (20 à 40 cm.).
 3. Marnes blanches lacustres à tubulures (1 m. à 1 m. 50). Local.
 D. Sparnacien.

Figure 62 – Coupe des assises montiennes au-dessus de la craie blanche réalisée aux Moulineaux par Munier-Chalmas (1897b, p. 85).

La surface de la craie blanche (A) montre des tubulures ramifiées comme les racines de plantes. Munier-Chalmas y a trouvé des fibres de bois.

Par conséquent, si l'on tire les enseignements des observations de Munier-Chalmas, la présence de végétation à la surface de la craie indique que celle-ci était dénudée, à l'air libre. En

⁶⁸⁵ MUNIER-CHALMAS E., 1897b, *op.cit.*, p. 84.

conséquence, la mer s'est retirée avant le dépôt des assises montiennes⁶⁸⁶. Une importante régression serait donc antérieure au dépôt du calcaire pisolithique montien. La mer montienne avance donc en transgression sur la craie dénudée. Mais, de ceci aucun commentaire de la part de Munier-Chalmas qui insiste, par contre, sur la régression « maximum » à la fin du Montien. Ici, Munier-Chalmas fait, comme Lyell, du « cooking of data ». En effet, il ne garde de ses observations que ce qui lui permet d'affirmer que le Crétacé se termine par une grande régression avec un climat chaud (ce que marquent les fossiles des assises daniennes et montiennes). Le Tertiaire commence par la grande transgression thanétienne en climat boréal. Il s'agit ici de la même interprétation suggérée par Élie de Beaumont en 1836 et qu'Hébert a cherché à prouver jusqu'à la fin des années 1850. C'est aussi cette interprétation qui va perdurer jusqu'au milieu du XXème siècle comme le montrent l'Abrégé de géologie d'A. de Lapparent en 1907 et les divers Traités ou cours de géologie de la première moitié du XXème siècle.

De la sorte, à une extinction de masse, critère proposé par A. de Grossouvre, Douvillé et Munier-Chalmas opposent deux autres critères dont on a déjà démontré le peu de valeur : d'une part, un critère paléontologique d' « apparition » des Nummulites au début du Tertiaire qui se traduit par l'absence de Nummulites dans le Danien, et d'autre part, un critère stratigraphique, l'absence d'une limite stratigraphique entre le Maastrichtien (ou Sénonien) et le Danien. C'est donc un critère géologique – l'évidence d'une grande transgression marine – qui marque le début du Tertiaire. Le critère proposé par Cope au cours du premier Congrès international de géologie est donc encore loin d'être admis en cette fin de XIXème siècle et même bien au-delà.

Conclusion

Ainsi, au début du XIXème siècle, la description et la classification des terrains, la discontinuité entre la craie et l'argile plastique, ont conduit Cuvier et Brongniart à distinguer les terrains de la craie des terrains tertiaires. Dès lors, tout nouveau terrain découvert dans le Bassin de Paris appartient donc à l'une ou l'autre de ces formations.

L'évidence que les faunes changent d'une couche à l'autre permet de passer d'une conception essentiellement spatiale des différentes couches à une conception temporelle de la succession des couches qui racontent donc l'histoire de la vie à la surface de la Terre. La discontinuité

⁶⁸⁶ C'est ce qu'avaient affirmé A. d'Archiac et Ch. d'Orbigny (voir ch.II-1.2).

marquée entre les formations crétacée et tertiaire est interprétée très différemment selon les auteurs. Les uniformitariens comme Lyell pensent que, les faunes ayant changé très progressivement, il existe et que l'on trouvera des terrains intermédiaires. Le calcaire de Maastricht en continuité avec la craie en est un bon exemple. Cependant les terrains daniens du bassin de Paris ne présentent pas une telle continuité mais comme ils ne contiennent aucune espèce crétacée ni aucune espèce tertiaire (au sens de l'époque c'est-à-dire du calcaire grossier), ils renforcent une idée de catastrophe entre le dépôt de la craie et celui des terrains tertiaires. De fait, les catastrophistes comme Deshayes et A. d'Orbigny sont confortés dans ce sens et sont amenés à considérer les limites des grandes périodes zoologiques. C'est ainsi qu'une limite entre la période crétacée et la période tertiaire est recherchée et très discutée.

C'est donc vers les années 1840 qu'émerge l'idée de limite chez les paléontologues, idée associée à la fin d'une faune et au début d'une autre. La limite est donc un moment marquant de l'histoire de la vie. Cependant les géologues préfèrent reconnaître des ruptures dans la stratigraphie, liées à des événements géologiques comme les soulèvements de montagne. Par conséquent, en l'absence de consensus sur les critères à utiliser sur le terrain (stratigraphiques, lithologiques ou paléontologiques) pour en établir la position, celle-ci reste incertaine, « avant » ou « après » l'étage danien selon les auteurs en ce qui concerne la limite entre les terrains crétacés et les terrains tertiaires. Cependant au cours du XIX^{ème} siècle, le critère paléontologique s'impose progressivement. Pourtant, de nombreux débats au sujet de la position des diverses limites, (par exemple les limites Crétacé-Tertiaire, Cambrien-Silurien, Carbonifère-Permien, Trias-Lias, etc.) fleurissent en France, en Angleterre comme aux États-Unis. Ils résultent de l'utilisation de critères paléontologiques différents. Pour certains, la présence d'une seule espèce commune dans deux assises éloignées peut suffire à faire une corrélation mais généralement les géologues s'accordent sur un ensemble d'espèces qu'ils jugent caractéristiques d'une période donnée. Dès lors, il devient nécessaire d'établir des critères qui rendent compte de l'histoire de la vie. Le critère choisi par A. d'Orbigny est celui de l'« apparition » d'un grand nombre de nouveaux genres au début du Tertiaire (son étage suessonien), et il interprète la chute drastique du nombre de genre au Danien comme traduisant la « dégénérescence » de la faune crétacée. La limite entre le Crétacé et le Tertiaire est, selon ce choix, nécessairement après le Danien. Par contre, au premier Congrès international de Géologie qui se tient à Paris en 1878, Cope choisit un autre critère, celui de l'« extinction des espèces » et le justifie. En effet, Cope rappelle que, selon le principe de descendance, les espèces apparaissent par modifications successives. Leur disparition peut se faire par

modification ou par extinction. Aussi, leur apparition - comme leur disparition par modification - ne peut pas être établie aussi sûrement que leur disparition par extinction. Par conséquent, selon Cope, seules les extinctions d'espèces et de groupes permettent d'établir clairement les limites des formations.

C'est ainsi que procède A. de Grossouvre en 1897 pour placer la limite du Crétacé et du Tertiaire à la base du Danien, là où se produit l'extinction (un arrêt brusque et en quelque sorte instantané) d'un grand nombre de groupes (Ammonites, Bélemnites, etc.). L'étage danien est *de facto* tertiaire. Mais les réactions des autorités de l'époque, avançant des critères différents, soulignent les réticences de la communauté scientifique à cet égard. Il est possible que le retour à l'idée de catastrophe sous-tendue par cette extinction de masse, soit un frein. Toutefois, d'autres critères sont avancés, notamment par Munier-Chalmas, des critères géologiques : la régression supposée maximale pendant le Danien et surtout la grande transgression thanétienne qui marque, pour Munier-Chalmas, le début du Tertiaire et qui se produit après le Danien. L'influence d'A. de Grossouvre ne sera pas suffisante pour faire valoir sa démonstration. Le Danien restera crétacé pour quelques décennies encore.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude de la controverse sur la limite des terrains créacés et tertiaires et plus particulièrement la place à donner aux terrains daniens révèle l'évolution de la géologie tout au long du XIX^{ème} siècle. Directement issue de l'espace intellectuel du XVIII^{ème} siècle, la géologie est encombrée de théories de la Terre faisant une large part aux catastrophes, aux déluges et aux créations bibliques. Il était alors difficile de penser autrement. Cependant, au cours de la première moitié du XIX^{ème} siècle, la géologie s'éloigne du récit biblique, se transforme et change de cadre de pensée. D'un champ d'étude (une science) descriptif et classificatoire, elle devient une histoire, histoire de la Terre mais aussi, et surtout, pour un temps, histoire de la vie à la surface de la Terre.

En effet, la géologie du début du XIX^{ème} siècle, marquée par les savoirs miniers et la théorie neptunienne de la Terre, décrit des roches sédimentaires résultant de dépôts successifs de nature différente, dans un océan qui varie au fur et à mesure des cristallisations et des dépôts. Cependant, ce modèle est déjà très discuté notamment par Hutton et sa théorie, le plutonisme.

D'autre part, l'origine organique des fossiles ne fait plus aucun doute. Des espèces disparaissent et ont « à jamais disparu ». Elles sont remplacées par d'autres qui s'épanouissent et disparaissent à leur tour. Ainsi, les espèces fossiles constituent des faunes qui se succèdent et changent de ce fait, d'une couche à l'autre. Dès lors, les fossiles deviennent, eux aussi, objets d'étude.

C'est dans ce contexte que Cuvier et Brongniart décrivent, entre 1808 et 1822, la succession des terrains dans le bassin de Paris. Cette description géognosique où chaque couche est caractérisée par la nature des roches (la lithologie) et par ses fossiles, devient « le » modèle de référence pour toute nouvelle description en Europe. Elle fait apparaître une nette discontinuité entre les *terrains de sédiments moyens* terminés par la craie, et les *terrains de sédiments supérieurs ou tertiaires* commençant par l'argile plastique et le calcaire grossier. Cette discontinuité est à la fois lithologique – craie versus argile et calcaire –, stratigraphique – les terrains tertiaires se sont déposés en discordance sur la craie qui formait un golfe – et paléontologique – les faunes de la craie et des terrains tertiaires sont exclusives, aucune espèce de la craie n'est présente dans les terrains tertiaires et réciproquement. Du fait de cette

différence si marquée, tout nouveau terrain observé au-dessus de la craie et décrit en Europe sera rapporté à l'une ou l'autre de ces deux formations : soit ce terrain appartient à la craie, soit il appartient aux terrains tertiaires. Sa position est donc considérée en termes d' « appartenance » à une formation. C'est en ces termes qu'est discuté le problème posé par le calcaire de Faxø découvert en 1825 par Forchhammer au Danemark et par le calcaire pisolitique décrit en France en 1836 par A. d'Archiac et Ch. d'Orbigny, ces calcaires que les découvreurs et premiers descripteurs attribuent aux terrains tertiaires et que les théoriciens – Lyell au Danemark et Élie de Beaumont en France – attribuent à la craie, au terrain crétacé.

La controverse qui se développe alors sur la position de ces terrains, rassemblés en 1846 sous le nom d'étage danien par Desor, révèle deux changements profonds dans la pensée géologique du XIX^{ème} siècle : d'une part, la transformation de la manière de « voir » les roches et les couches et donc un changement du cadre de pensée c'est-à-dire passer d'une représentation spatiale à une représentation temporelle des couches, de la géologie purement descriptive à une géologie historique ; et d'autre part, l'opposition catastrophisme-transformisme d'où émerge la notion de limite en stratigraphie et qui trouvera son épilogue avec le bouleversement idéologique, philosophique que représentent la publication de *L'Origine des espèces* de Darwin en 1859 et le débat Pasteur-Pouchet en 1865, et donc la démonstration de la non-existence des générations spontanées.

Le changement de cadre de pensée provient du développement de la paléontologie qui devient un outil de premier ordre pour classer les roches et surtout en donner la position dans la série des roches sédimentaires et par conséquent pour indiquer leur âge relatif. En effet, Cuvier et Brongniart avaient réalisé une description de l'ensemble des couches donnant leur arrangement spatial et leur contenu fossilifère. Au même moment, Brongniart démontre que les fossiles permettent de corréliser des terrains à longue distance alors que ni la lithologie, ni la stratigraphie ne le permettent, de telle sorte que la paléontologie devient une partie essentielle de la géologie quoiqu'encore bien souvent rejetée par les géologues comme Élie de Beaumont et Dufrénoy qui effectuent à cette époque le levé de la première carte géologique de France. Leurs réticences sont liées à un mésusage de la paléontologie, la difficulté de définir l'espèce pour les fossiles et l'insuffisance du répertoire fossile qui ne permet pas encore d'en tirer des lois générales. Cependant, la paléontologie s'impose progressivement. Alors qu'Élie de Beaumont et Dufrénoy interprètent les séries de couches ou formations comme étant un ensemble de terrains déposés entre deux événements géologiques comme les soulèvements de montagne, Deshayes les interprètent en 1831, comme des périodes zoologiques. Chaque formation est *un espace de*

temps représenté par un certain nombre de couches caractérisées par leur faune. Ainsi, décrire les couches et les faunes successives revient à écrire l'histoire des êtres organisés à la surface de la Terre. Les couches ne sont plus considérées exclusivement comme des dépôts successifs mais comme racontant aussi l'histoire des êtres vivants et leur succession. Ce changement de cadre de pensée, ce passage de l'interprétation spatiale à l'interprétation temporelle des couches, s'accompagne d'un glissement sémantique. En effet, les couches et les roches étaient nommées jusque-là par leur nature – calcaire, argile, craie, etc. – souvent associée à une caractéristique lithologique – calcaire pisolithique, argile plastique, calcaire grossier par exemple – ou paléontologique – calcaire à nummulites, calcaire à cérithes. Cependant, ces terminologies demeurent difficiles à utiliser lorsque l'on cherche à mettre en relation des terrains éloignés les uns des autres, de telle sorte que des terrains de lithologie fort différente peuvent être regroupés sous un même nom qui perd alors tout sens lithologique, comme par exemple la « craie supérieure » qui recouvre, selon les facies des couches, des calcaires, de la craie ou des argiles. Aussi, ces terminologies sont-elles progressivement abandonnées au profit de noms d'étage fondés sur des lieux géographiques. L'étage rassemble donc l'ensemble des couches ou assises de même âge géologique, et correspond alors à une période de temps. De la même façon, « les terrains de sédiments moyens », « terrains de la craie » ou « terrain crayeux » chez Cuvier et Brongniart deviennent rapidement des « terrains crétacés ». Toutefois, en France, le terme « crétacé » est associé à une roche, une couche ou un lieu alors que dès 1830, en Angleterre, le terme « *cretaceous* » est associé à « *period* », « *era* » ou « *time* » et au Danemark, il est question, dès 1825, de « *Kridtstid* » ou période crétacée. Ce n'est que nettement plus tard que l'on utilisera en France ces termes associés à la notion de temps et encore, pas toujours. Probablement sous-entendue à partir de 1860, la notion temporelle n'est que rarement explicite dans la terminologie jusqu'à l'utilisation systématique des noms d'étages comme intervalle de temps. Ainsi, par exemple, le calcaire pisolithique et le calcaire de Faxe deviennent la « craie supérieure » puis l' « étage danien » et enfin le « Danien ». De la même façon, entre les formations, les « lignes de séparation » ou « ligne de démarcation », expressions qui traduisent une séparation spatiale, deviennent tout simplement « limite » dès qu'elles sont considérées comme limites temporelles. Ces glissements se font en douceur et surtout, l'emploi des différents termes dépendant considérablement des auteurs n'est pas uniforme. Le changement est effectif dans les années 1870 quand la paléontologie stratigraphique parvient à maturité et qu'arrive une nouvelle génération de géologues.

Ainsi, à partir des années 1850, le registre paléontologique devenu suffisamment conséquent et signifiant, la paléontologie trouve sa place en géologie ou plus précisément en stratigraphie. Alors, la paléontologie stratigraphique prend son essor et dans la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, son objectif est de corréliser les assises des différentes régions de France, puis d'Europe et du Monde. Cependant les différences de faciès entre ces différentes régions rendent la tâche du paléontologue parfois ardue. Les débats seront encore âpres lors de la description de nouveaux terrains comme le montre l'exemple de la difficile corrélation entre l'étage danien et l'étage garumnien qui ne trouvera sa résolution que dans les années 1890. Les consensus sont bien souvent longs à trouver mais on peut considérer que la paléontologie stratigraphique est alors devenue un système mature capable de fournir un ensemble de données permettant notamment d'établir des cartes paléogéographiques qui indiquent la répartition des mers et des continents à une période donnée. Ces reconstitutions paléogéographiques permettront d'ajouter à l'histoire de la vie, l'histoire des mouvements des océans, des avancées de la mer ou transgression, ainsi que des retraits de la mer ou régression. Cependant, la paléontologie stratigraphique conserve une dimension historique et ne présente aucun pouvoir explicatif de ces observations.

Ce changement profond de cadre de pensée apporté par la paléontologie en stratigraphie s'accompagne donc d'un changement de la géologie. Jusque-là davantage géognosie c'est-à-dire descriptive, elle devient historique et, de ce fait, l'objet de débats houleux, d'autant plus houleux que ces débats touchent à l'histoire de la vie et donc de l'Homme. Toute idée, toute théorie avancée à ce sujet présente des implications pour l'origine de l'Homme, raison pour laquelle Lyell change radicalement de point de vue entre 1826, année où il adhère au transformisme de Lamarck, et 1830, quand, dans ses *Principles*, il le dénonce et soutient une forme de fixisme.

C'est sur ce point que se situe le deuxième grand changement révélé par la controverse, changement d'ailleurs très interdépendant de l'essor de la paléontologie et qu'il est difficile de ne pas associer aux changements intervenus dans les autres champs scientifiques et plus particulièrement ceux de la biologie. En effet, dans les années 1820-1830, s'opposent encore deux façons inconciliables de considérer l'histoire de la vie et de la Terre : le catastrophisme et l'uniformitarisme.

Le catastrophisme est l'idée de l'existence de grandes catastrophes qui auraient scandé l'histoire de la Terre, catastrophes faisant écho au récit biblique du Déluge. Cette théorie des catastrophes est soutenue par des observations non seulement stratigraphiques avec des couches relevées et

très perturbées mais aussi paléontologiques avec la disparition de faunes entières. Il y aurait eu plusieurs catastrophes, la dernière étant, pour certains, le déluge de Noé. Cependant, la plupart des géologues de cette première moitié du XIX^{ème} siècle, quelles que soient leurs convictions religieuses, évitent soigneusement l'évocation de tels évènements et savent séparer leur discipline qu'ils veulent positive, de la Religion. Toutefois, l'observation et la discontinuité entre la craie et les terrains tertiaires du bassin de Paris conduit Cuvier et Brongniart à évoquer « une grande révolution » qui se serait produite à la surface de la Terre, ce que d'autres comme Deshayes et A. d'Orbigny appellent « une catastrophe ». Pour Deshayes, il y a eu cinq catastrophes ; à cinq reprises, toutes les espèces se sont éteintes et ont été suivies par une nouvelle création. La création est un fait observé que Deshayes n'explique pas. Ainsi, aucune espèce ne passe d'une formation à l'autre (de la formation crétacée à la formation tertiaire par exemple) et par conséquent les deux faunes sont parfaitement exclusives. C'est une conviction, sa théorie des années 1830, soutenue par l'observation mais qu'il sera amené à abandonner lorsqu'il sera clairement démontré dans les années 1840 que certaines espèces crétacées se trouvent aussi dans des terrains tertiaires et que par conséquent une espèce peut passer d'une formation à l'autre. Quant à A. d'Orbigny, il conçoit une extinction provoquée par une *commotion géologique* suivant par-là Élie de Beaumont, à la fin de chacun des vingt-sept étages qu'il a définis, le vingt-huitième correspondant à l'époque contemporaine. Chaque extinction est suivie par une création *de novo* qui demeure un *mystère surhumain* dû à une *force créatrice qui a eu cette toute-puissance si extraordinaire*.

De cette façon, faunes et terrains intermédiaires sont impensables pour les catastrophistes. Chaque formation (chaque étage pour A. d'Orbigny) est donc limitée par la disparition d'une faune suivie de la création d'une nouvelle faune. C'est ainsi qu'émerge, chez les catastrophistes, l'idée de limite de formation. Une telle limite se définit comme limite entre deux périodes zoologiques et est par conséquent caractérisée par un changement total de faune qu'il s'agit de retrouver dans la succession des couches. Il faut ainsi mettre en adéquation la spatialité d'une couche et la temporalité des faunes. Cette définition appliquée à la limite entre les terrains crétacés et les terrains tertiaires implique, en 1836, pour Deshayes de positionner cette limite à la base du calcaire pisolithique qui contient des fossiles tertiaires. Cependant, deux évènements changent la donne : la découverte par Hébert de fossiles du calcaires pisolithique mieux conservés et qui s'avèrent être des espèces ni crétacées, ni tertiaires, (mais de genres tertiaires) et la corrélation du calcaire pisolithique avec le calcaire de Faxe (contenant des espèces crétacées) en 1846 par Desor. L'absence d'espèces tertiaires et la présence de quelques espèces

crétacées incitent Deshayes à déplacer la limite après l'étage danien ce qui n'est toujours pas l'avis des premiers descripteurs Ch. d'Orbigny et A. d'Archiac. Par contre, A. d'Orbigny fait bien sûr la même analyse que Deshayes. Il a pourtant observé, grâce à une étude d'abondance des genres, la chute drastique du nombre de genres de tous les groupes à la fin du Sénonien, juste avant le Danien, chute qu'il interprète comme la dégénérescence de la faune crétacée, notion tout à fait d'époque. La période tertiaire commence pour lui avec l'apparition d'un grand nombre de genres après le Danien. A. d'Orbigny utilise par conséquent le critère « apparition de genres » pour définir une limite entre formations. Ainsi, dans les années 1850, l'étage danien est nécessairement crétacé pour les catastrophistes.

À l'opposé, certains géologues comme Constant Prévost refusent les catastrophes et c'est dans cet esprit que Lyell développe dans ses *Principles* un uniformitarisme supposant des changements progressifs des dépôts et des faunes, changements liés aux conditions géographiques et environnementales. Par conséquent, pour ces géologues, il doit exister quelque part des terrains intermédiaires et des faunes intermédiaires. C'est avec ce cadre théorique que Lyell se rend au Danemark en 1834 pour voir le terrain superposé à la craie et décrit par Forchhammer comme tertiaire par analogie avec le modèle du bassin de Paris de Cuvier et Brongniart. Depuis sa description en 1825, il a été démontré que ce calcaire (le calcaire de Faxe) contient 20% d'espèces crétacées et que les autres espèces n'ayant encore jamais été décrites ne sont dès lors pas des espèces tertiaires telles que définies à l'époque (c'est-à-dire appartenant au calcaire grossier). Cette faune est suffisamment différente de celle de la craie pour qu'elle puisse être une faune intermédiaire mais Lyell, influencé par la biogéographie d'A. von Humboldt, est incapable de penser sa théorie sur le terrain et préfère expliquer cette différence par des modifications de milieu à savoir la présence d'un récif corallien au milieu de la mer crétacée. Peut-être ne trouve-t-il pas la faune suffisamment différente mais l'argument qui semble avoir emporté sa décision est la présence d'« un » *Belemnites mucronatus* (ou *Belemnitella mucronata*) et d'« une » *Baculites Faujasii*, deux céphalopodes considérés comme caractéristiques de la craie (mais dont la présence dans le calcaire de Faxe s'est révélée plus que douteuse).⁶⁸⁷

C'est aussi cet argument uniformitariste qu'Élie de Beaumont utilise pour affirmer en 1847, que si les faunes changent progressivement, elles ne peuvent servir à établir des limites. Alors si l'on veut établir une limite entre terrains crétacés et tertiaires autant choisir l'évènement

⁶⁸⁷ D'ailleurs, cet argument emporterait probablement la décision de tout géologue actuel bien qu'il ait été démontré en 2005 la persistance de *Baculites* et de *Scaphites* au tout début du Danien.

géologique qui a précédé le dépôt de l'argile plastique et du calcaire grossier, à savoir le soulèvement des Pyrénées, thèse qu'il avance depuis 1836 préférant un critère purement stratigraphique à un critère paléontologique. Soutenu par Hébert et Dufrénoy, il impose son point de vue : l'étage danien est un étage crétacé, le plus récent de tous. En 1852, Hébert le corrèle avec les assises supérieures de Maastricht, et réunit de ce fait craie de Maastricht et étage danien en un seul terrain qu'il nomme « craie supérieure ». Dans le même temps, Lyell fidèle à son uniformitarisme, estime le hiatus entre les derniers terrains crétacés (craie de Maastricht et calcaire de Faxe inclus) et le premier étage de l'Éocène inférieur si important qu'il rassemble tous les terrains intermédiaires – y compris le calcaire pisolitique par conséquent séparé du calcaire de Faxe – dans un nouveau système « *Intermediate between Eocene and Cretaceous* » sans le rapporter ni au système crétacé ni au système tertiaire.

Ainsi, c'est au moment où la géologie descriptive devient histoire de la vie qu'émerge l'idée de « limite » entre deux formations, limite temporelle entre deux époques caractérisées par leurs faunes pour certains, et plus particulièrement les catastrophistes, mais caractérisation, critère qui ne fait pas l'unanimité, car sans fondement pour les uniformitariens. Aussi, le choix de la position des limites dans l'échelle des temps géologiques, en absence de critère bien défini, prête à discussion. Bien que les critères lithologiques aient été abandonnés, les géologues persuadés que la stratigraphie est toujours signifiante, recherchent des indices stratigraphiques s'ils sont observables alors que les paléontologues utilisent des critères zoologiques. Cependant, ces derniers ne sont pas toujours d'accord sur les espèces et les genres à considérer, ni s'il faut se contenter de la présence, de l'apparition ou la disparition de telle(s) ou telle(s) espèce(s).

En tout état de cause, par son objet d'étude, la géologie se trouve à la croisée des autres disciplines. Par la lithologie, elle emprunte à la chimie et à la minéralogie leur classification et la compréhension des transformations minéralogiques. Par la paléontologie, elle emprunte à la zoologie et à la botanique leur capacité classificatoire mais va bien au-delà puisqu'elle étudie les êtres vivants au cours des temps géologiques et se trouve de ce fait confrontée à l'épineuse question de l'origine des êtres vivants. Au cours de la première moitié du XIX^{ème} siècle, les catastrophistes dominant encore la pensée géologique avec l'idée de créations successives mais de nombreuses voix s'élèvent déjà pour dénoncer l'existence de créations répétées et pour suggérer la transformation des espèces, une certaine idée du transformisme de Lamarck ayant diffusé aussi bien en France qu'en Angleterre. Par ailleurs, au sein des développements de la biologie générale, deux événements sont d'une importance considérable pour la pensée géologique. Ils vont faire table rase de la notion de création, sauf peut-être en ce qui concerne

les origines, et fournir une explication plausible et rationnelle à l'apparition de nouvelles espèces suivant un évènement « catastrophique ». Il s'agit de la publication par Darwin de *L'Origine des espèces* en 1859 et le débat Pasteur-Pouchet à l'Académie des Sciences en 1865. Le débat Pasteur-Pouchet met fin à l'idée de la génération spontanée. La célèbre expérience de Pasteur est la dernière d'une série d'autres, débutée par Francesco Redi en 1668. Il ne reste plus guère de possibilités d'imaginer une vague de création après chaque catastrophe. Le travail de Darwin, sans clore le débat ancien sur le transformisme, impose, pour rendre compte de la transformation des espèces, l'idée d'une sélection opérant sur les individus retenant ceux dont la « *fitness* » est la meilleure par rapport à un environnement donné, au détriment de l'idée – apparemment plus crédible – d'une sélection par adaptation continue. L'idée s'impose de la transformation des espèces par modifications successives ou théorie de la descendance avec modification. Ces travaux ne sont pas nécessairement acceptés ni par tous, ni facilement mais modifient profondément la pensée géologique. En d'autres termes, le cadre conceptuel du vivant est bouleversé au moment où les géologues, devant l'élargissement de leurs connaissances à tous les continents doivent admettre qu'il est dès lors nécessaire de s'accorder à leur tour sur les grands principes, la nomenclature et les représentations, objets du premier Congrès international de Géologie qui se tient à Paris en 1878.

L'un des grands thèmes de ce congrès est celui des limites entre les grands systèmes. Or, Lesley présente dans sa communication une série continue, sans marqueur stratigraphique mais dans laquelle une rupture dans la faune indique un changement d'époque. Ainsi, la paléontologie peut à elle seule indiquer une limite. Le problème alors posé est de choisir dans les changements de faune ce qui fera sens : l'apparition ou la disparition des espèces. Cope discutera ce point au milieu de sa communication sur la comparaison des Vertébrés d'Amérique du Nord et d'Europe, discussion qui lui est nécessaire pour faire les corrélations dans le Tertiaire. Aussi, rappelle-t-il que le monde vivant a connu des périodes d'extinction d'importants groupes. Or, selon le principe de descendance, les apparitions – comme les disparitions – par modifications successives des espèces sont des évènements imperceptibles, difficiles à reconnaître dans les couches. Il est *de facto* impossible de déterminer avec précision le moment de l'apparition ou de la disparition d'une espèce. Par contre, les extinctions ou disparitions brusques peuvent l'être. C'est donc ce *criterium* qu'il faut prendre en compte. C'est ce critère « extinction » d'espèces et de groupes, qu'il utilise avec succès dans sa communication, critère tout à fait opérationnel.

Ainsi, en 1878, lors de ce premier Congrès international, Cope propose le critère « extinction » d'importants groupes d'êtres vivants pour établir une limite stratigraphique. A. de Grossouvre utilise ce critère en 1897 pour placer la limite du Crétacé et du Tertiaire après l'extinction de tous les Céphalopodes à cloison persillée, Ammonites, Bélemnites, Scaphites, etc. Rudistes, Inocérames pour n'en citer que quelques-uns. Il s'agit donc d'une extinction de masse à la fin du Crétacé, juste avant le dépôt des couches à *Nautilus danicus*, c'est-à-dire celles du Danien. Le Danien est donc pour A. de Grossouvre tertiaire. Ainsi, après l'effacement progressif du catastrophisme du début du siècle au profit de la transformation des espèces, un événement majeur, une extinction de masse, une catastrophe s'impose à nouveau mais cette fois-ci débarrassée de tout caractère philosophique ou religieux.

Cependant, le critère « extinction » n'est pas accepté par tous. Fait-il trop référence à une quelconque idée de catastrophe, idée qui n'a plus cours depuis quelques décennies ? En effet, Douvillé oppose à A. de Grossouvre un critère « apparition » – l'apparition des Nummulites après le Danien marquerait le début du Tertiaire – tandis que Munier-Chalmas lui oppose un critère géologique : la grande transgression thanétienne. Le consensus est loin d'être trouvé. Les uns considèrent les critères paléontologiques, alors que d'autres, malgré la démonstration du peu de valeur de tels critères utilisés seuls, continuent à considérer des critères géologiques. L'objet géologique ici utilisé, est juste déplacé : des soulèvements des montagnes d'Élie de Beaumont à une grande transgression marine. L'influence de Munier-Chalmas est telle que le Danien restera crétacé et la grande transgression thanétienne restera le critère accepté jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle.

ÉPILOGUE

En cette fin de XIX^{ème} siècle, A. de Grossouvre venait de montrer l'existence d'une extinction de masse à la fin du Sénonien, juste avant le Danien, faisant de celui-ci le premier étage du Tertiaire. Munier-Chalmas et Douvillé lui opposent immédiatement la grande transgression thanétienne inscrivant, par acte d'autorité et de façon définitive, le Danien dans le Crétacé.

Définitive ? C'est sans compter avec les querelles qui se multiplient au XX^{ème} siècle.

L'une d'entre elle, et non la moindre, concerne l'absence ou la présence supposée dans le Danien de ces grands céphalopodes que sont les Ammonites, Bélemnites, Scaphites, Baculites, etc., question importante puisqu'ils furent à l'origine de l'attribution crétacée du calcaire de Faxe (et, par contrecoup, du calcaire pisolithique et de l'étage danien dans son ensemble). Or, pour A. de Grossouvre aucun de ces céphalopodes n'est présent dans le Danien.

Qu'en est-il des Bélemnites ? Depuis la découverte de *Belemnites mucronatus* par Lyell en 1834, aucune Bélemnite ne semble avoir été trouvée dans le Danien. Frederik Johnstrup (1818-1894) avait même suggéré en 1876 que Lyell l'avait tout simplement achetée à un carrier⁶⁸⁸. De plus, quand *Belemnites mucronatus* est cité, il s'agit de celui de *M. Lyell*. Même si, selon A. de Grossouvre, des *Belemnitella mucronata* ont été trouvées par la suite dans le Danien, elles étaient en réalité remaniées⁶⁸⁹ et aucune n'y a été signalée depuis, selon le spécialiste des bélemnites, W.K. Christensen⁶⁹⁰. Exit donc les Bélemnites.

Les querelles se cristallisent alors autour de la présence (ou non) de Baculites et Scaphites dans le Danien. A. de Grossouvre persiste et signe dans plusieurs articles entre 1901 et 1904 : il n'y a ni Baculites ni Scaphites dans le Danien. Léon Pervinquier (1873-1913) affirme le contraire. Pourtant, en 1900, lorsque ce dernier décrit une série continue du Crétacé jusqu'à l'Éocène inférieur, dans la coupe du Kef en Tunisie⁶⁹¹, il n'y trouve aucune ammonite. En effet, entre les

⁶⁸⁸ JOHNSTRUP F., 1876. In GRAVESEN P. 1979, *op.cit.*, p.10.

⁶⁸⁹ GROSSOUVRE A. de, 1903a, « Observation à la note de M. A. Toucas "Sur un nouveau genre d'Hippurites" », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 3, p. 145.

⁶⁹⁰ CHRISTENSEN W. K., 1997, « The Late Cretaceous belemnite family Belemnitellidae : Taxonomy and evolutionary history », *Danmarks Geol. Unders.*, 44, p. 59-88. In POMEROL Ch. et BIGNOT G., 2000, *op. cit.*, p. 30.

⁶⁹¹ Cette coupe du Kef deviendra la localité type ou stratotype de la limite Crétacé-Tertiaire. In GODARD G. et VIAUD J.-M., 2007, *De la Vendée au Sahara. L'aventure tunisienne du géologue Léon Pervinquier (1873-1913)*, La Roche-sur-Yon, CVRH, p. 156.

marnes crétacées terminales (contenant *Pachydiscus* et *Baculites*) et les marnes phosphatées tertiaires, il observe 60 m d'argiles marneuses qui représentent, pour lui, le Danien et dans lesquelles il n'a pu trouver *malgré de nombreuses recherches, aucune Ammonite*⁶⁹². Mais trois ans plus tard, s'appuyant sur les travaux de Jesper Peter Johansen Ravn (1866-1951) au Danemark, il change d'avis : il y a des *Baculites* et des *Scaphites* dans le Danien.

Dès lors, la querelle française A. de Grossouvre-Pervinquière épouse la querelle danoise Ravn-Hennig. L'origine de celle-ci tient essentiellement à la place à donner au calcaire à Cérithes de la falaise de Stevns Klint : sénonienne ou danienne ? La réponse à la question est fondamentale car elle décidera de la présence ou de l'absence des *Baculites* dans le Danien. En effet, des *Baculites* et des *Scaphites* ont été trouvés dans ce calcaire à Cérithes. Les deux positions sont les suivantes :

- D'après Anders H. Hennig (1864-1918), à Stevns Klint, la limite entre le Sénonien et le Danien doit être placée sous le calcaire à Cérithes, comme Desor l'avait fait, au niveau de l'argile à poissons,⁶⁹³ La présence de *Scaphites* et *Baculites* dans le calcaire à Cérithes de Stevns Klint justifie ainsi l'attribution du Danien au Crétacé⁶⁹⁴. Pervinquière se rallie à cette façon de voir la série et cite Hennig :

*La partie sénonienne de la faune danienne ne se réduit en aucune façon, comme le croit M. de Grossouvre, à quelques Echinides, Huitres et Brachiopodes ; les Scaphites et les Baculites du Calcaire à Cérithes ne sont pas non plus des espèces sénoniennes remaniées.*⁶⁹⁵

Alors, Pervinquière conclut : « *On ne saurait donc plus désormais contester que le Danien renferme des Scaphites et des Baculites.* »⁶⁹⁶

- Par contre pour Ravn, la limite doit être placée entre le calcaire à Cérithes et le calcaire à Bryozoaires où existent une délimitation pétrographique et une lacune de sédimentation⁶⁹⁷. Dès lors, le calcaire à Cérithes qui contient *Baculites* et *Scaphites* est sénonien tandis que le calcaire

⁶⁹² PERVINQUIÈRE L., 1900, « Sur l'Éocène de Tunisie et d'Algérie », *C. R. Acad. Sc.*, t. 131, p. 564.

⁶⁹³ HENNIG A., 1903-1904, « Finnes en lucka emallan senon och danien i Danmark ? » (*Géol. Fören. Förhandl.* N° 225. Bd. XXVI, H. I, p. 29-66. Ouvrage présenté par M. Cayeux in *Bull. Soc. géol. France*, (4), 4, p. 282.

⁶⁹⁴ HAUG É., 1903, « Observation à la note de M. A. Toucas "Sur un nouveau genre d'Hippurites" », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 3, p. 138.

⁶⁹⁵ HENNIG A., 1903-1904, *op. cit.*, in PERVINQUIÈRE L., 1904a, p. 515.

⁶⁹⁶ PERVINQUIÈRE L., 1904a, « Observation à la note de A. de Grossouvre "Sur la distribution verticale des Orbitoïdes" », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 4, p. 515.

⁶⁹⁷ GROSSOUVRE A. de, 1904b, « Réponse aux observations de M. Pervinquière », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 4, p. 650

à Bryozoaires qui n'en contient pas est, lui, daniens. En conclusion, le Danien ne contient ni Scaphites ni Baculites. A. de Grossouvre soutient, bien évidemment, ce point de vue et bien conscient qu'il s'agit là surtout de déterminer la position de la limite Crétacé-Tertiaire selon sa propre définition (c'est-à-dire après la disparition des Ammonites à la base du Danien), il conclut :

[...], il n'en reste pas moins acquis qu'il ne s'est trouvé de Scaphites et de Baculites que dans la petite couche dite Calcaire à Cérithes ; dès lors, tout ce que l'on peut en conclure, c'est que ce niveau doit être rattaché au Sénonien et non au Danien, qu'il y ait ou non lacune.⁶⁹⁸

Le désaccord est en dernier ressort sur la position de la limite entre Sénonien et Danien : Hennig la place en-dessous du calcaire à Cérithes et Ravn au-dessus (fig. 63). Entre ces deux limites, les roches très dures constituent un horizon de durcissement.

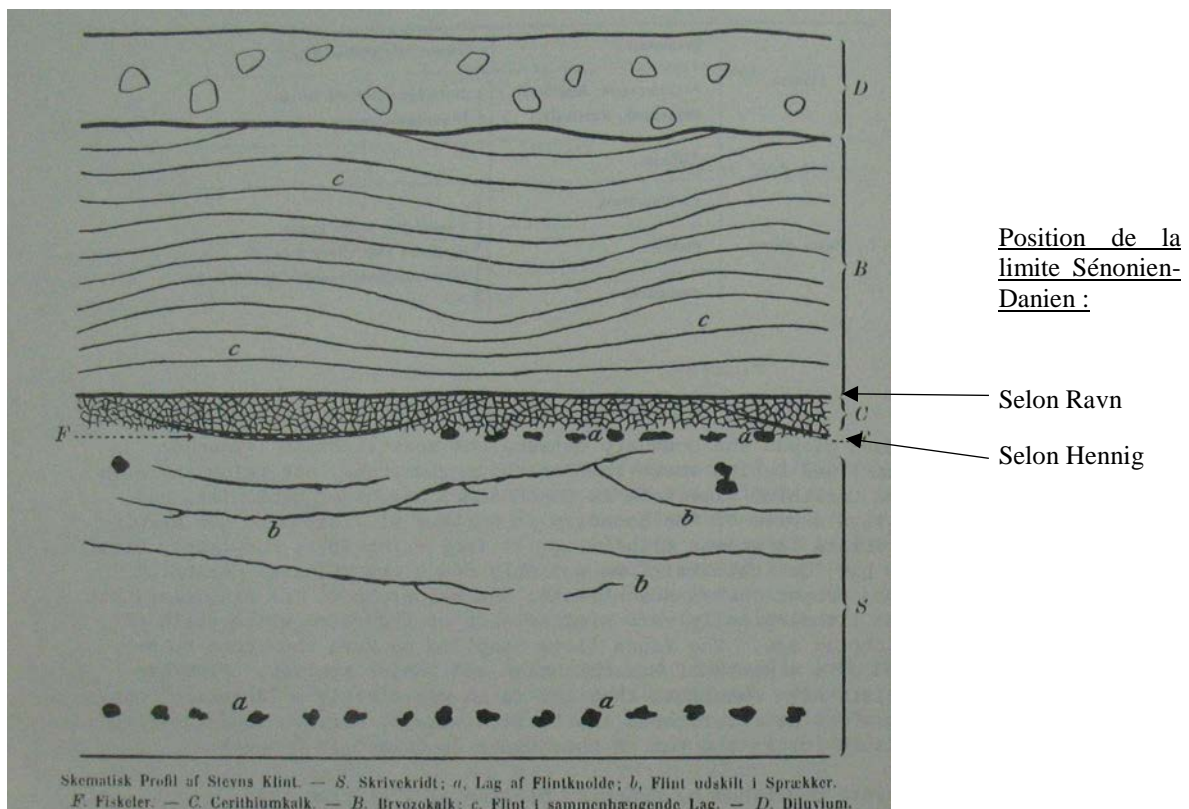


Figure 63 – Coupe schématique de Stevns Klint par Ravn (1903, p. 388), modifiée.

S : craie blanche ; a : lit de nodules de silex ; b : silex dans des fissures ; F : argile à poisson ; C : Calcaire à Cérithes ; B : Calcaire à Bryozoaires ; c : silex en lit cohérent ; D : Diluvium (Quaternaire).

Entre les deux limites un banc de roches très indurées, horizon de durcissement, non décrit par Ravn.

⁶⁹⁸ GROSSOUVRE A. de, 1904b, *op. cit.*, p. 650.

Or, selon Hilmar Ødum⁶⁹⁹ (1900-1975), Alfred Rozenkrantz (1898-1974) démontre, en 1924⁷⁰⁰, que l'horizon de durcissement n'est pas homogène : une fine couche d'argile souligne des « bassins » contenant le calcaire à Cérithes proprement dit, ou *Blegekridt* ; dans les intervalles entre les « bassins », la craie blanche est indurée. Rozenkrantz démontre la différence de leurs faunes et de leur lithologie⁷⁰¹ (fig. 64).

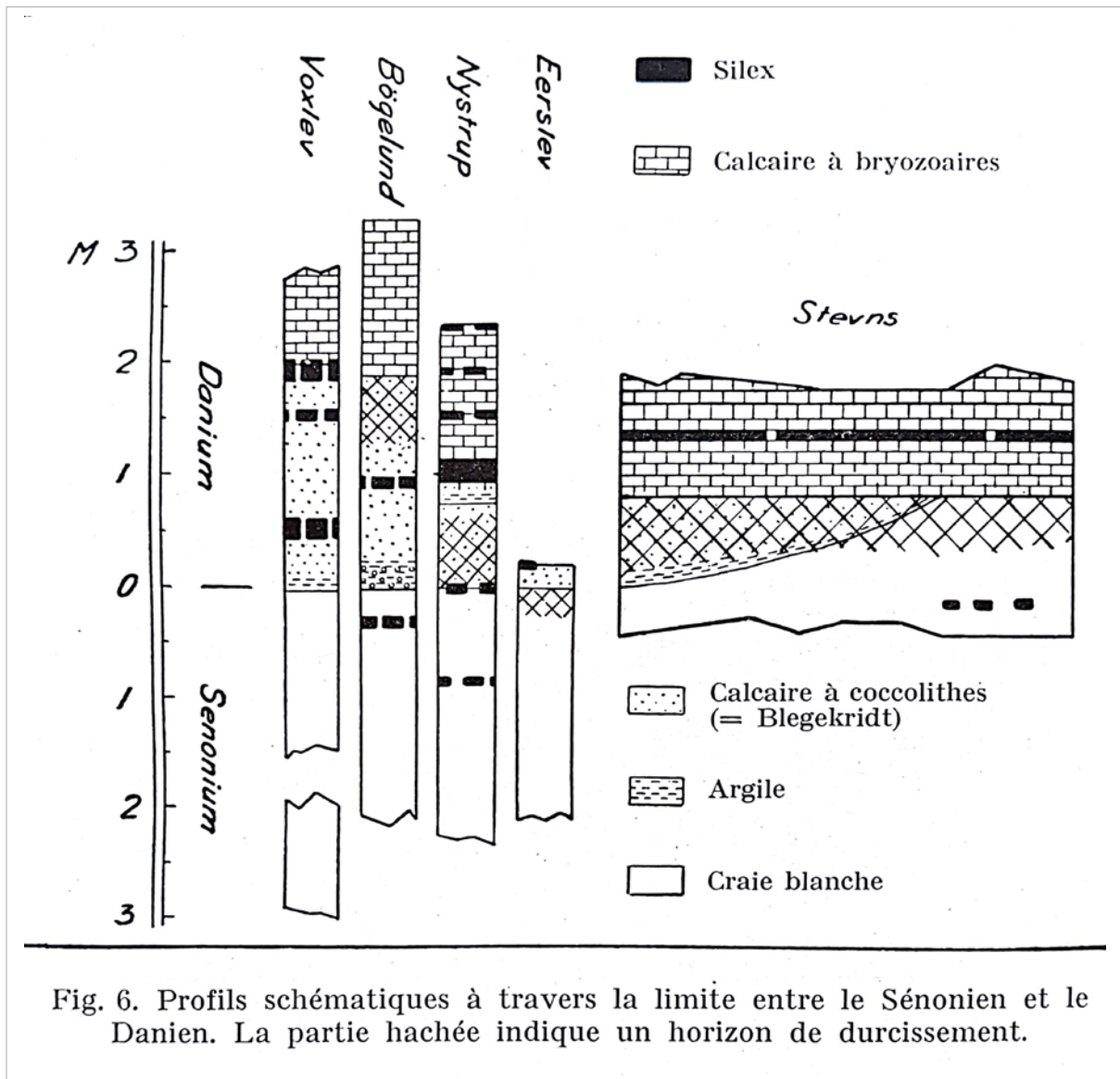


Figure 64 – La limite Sénonien – Danien, in Ødum (1928, p. 61)

Le calcaire à Cérithes ou *Blegekridt* à Stevns emplit les bassins soulignés par l'argile (partie gauche du diagramme). Entre les bassins, la craie blanche. L'épaisseur du calcaire à Cérithes varie de 0 à 1m à Stevns et atteint 2m à Voxlev.

⁶⁹⁹ ØDUM H., 1928, « Système crétacé », in NORDMANN V. et MADSEN V. (sous dir.), 1928, « Aperçu de la géologie du Danemark », *Danmarks geologiske Undersøgelse*, Række V, n°4, p. 63

⁷⁰⁰ ROSENKRANTZ A., 1924, « Nye Iagttagelser over Cerithiumkalken i Stevns Klint med Bemærkninger om Grænsen mellem Kridt og Tertiær » *Dansk geol. Foren. 6, Møder og Ekskursioner*, p. 28-31.

⁷⁰¹ C'est ce qu'avait souligné Forchhammer en 1825 sans pouvoir l'interpréter, cependant.

Seul le calcaire à Cérithes *stricto sensu* appartient au Danien. La conséquence est de taille. Tous les prédécesseurs (Forchhammer, Johnstrup, Ravn, Hennig, etc.), avaient donc mélangé les fossiles crétacés de la craie (dont les Scaphites et les Baculites) avec ceux du calcaire à Cérithes de caractère plutôt tertiaire. Ainsi, le Danien défini selon Desor, ne contient ni Baculites ni Scaphites. *Faut-il le rapporter au Crétacé ou au Tertiaire ? La question, posée d'abord par M. Grossouvre, a été reprise ces dernières années dans notre pays par M. Brünnich Nielsen.*⁷⁰² Et Ødum la pose aussi à la Réunion géologique internationale, tenue à Copenhague en 1928. Pour lui, si la question n'a pas encore reçu de réponse, c'est que les études ont été faites sur la littérature et sur des collections souvent mal établies, perpétuant les erreurs d'origine. Il faudrait donc reprendre l'étude complète des faunes de ces terrains et ne prendre en considération que les résultats depuis 1924, c'est-à-dire depuis que la craie et le calcaire à Cérithes *stricto sensu* sont bien séparés. « *Il faudra examiner premièrement les dépôts eux-mêmes et ne s'en rapporter ni aux collections des musées ni à la littérature* »⁷⁰³, sources des erreurs passées.

C'est aussi ce que suggèrent Machalski et Heinberg en 2005⁷⁰⁴. Leur étude porte sur les *Baculites* et *Hoploscaphites* trouvés dans le calcaire à Cérithes de Stevns Klint mais ne s'appuie que sur des spécimens récoltés après 1924, répondant aux critères d' Ødum. De plus, sur un échantillonnage de plus de 258 kg de calcaire à Cérithes, ils ont trouvé 9 ammonites (elles n'étaient donc pas si rares) de deux genres : *Baculites* et *Hoploscaphites*. Peu identifiables au niveau spécifique, il s'agit probablement de *B. vertebralis* Lamarck, 1801 et *H. constrictus* (J. Sowerby, 1817). L'analyse des 9 spécimens a montré que si certains d'entre eux pouvaient être des fossiles remaniés de la craie⁷⁰⁵, la plupart contenaient des nano fossiles daniens⁷⁰⁶, laissant supposer qu'ils sont indigènes et donc d'âge danien. Ces deux taxons seraient les derniers représentants des ammonites ayant survécu (pour un court moment, estimé à 0,2Ma) à la crise Crétacé-Tertiaire (ou Paléogène).

⁷⁰² ØDUM H., 1930, « Aperçu des problèmes actuels du Danien », in NORDMANN V. et MADSEN V. (sous dir.), 1930. *Compte-rendu de la Réunion géologique internationale à Copenhague 1928*, Copenhague, C. A. Reitzels Forlag, p. 181.

⁷⁰³ ØDUM H., 1930, *op. cit.*, p. 182.

⁷⁰⁴ MACHALSKI M. et HEINBERG C., 2005. « Evidence for ammonite survival into the Danian (Paleogene) from the Cerithium Limestone at Stevns Klint, Denmark », *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 52, p. 98 et 99.

⁷⁰⁵ Tove Birkelund (1928-1986) avait trouvé dans les années 1980 ces deux espèces mais contenant une matrice crétacée. Elle estimait donc qu'il n'y avait pas d'Ammonites indigènes dans le Danien. BIRKELUND T., 1993, « Ammonites from the Maastrichtian White Chalk of Danemark », *Med. Dansk Geol. Foren.*, 40, p. 81. In POMEROL Ch. et BIGNOT G., 2000, *op. cit.*, p.30.

⁷⁰⁶ *Operculodinella operculata*, un dinocyste calcaire caractéristique du Danien de hautes latitudes. De plus, le $\delta^{13}\text{C}$ du contenu du phragmocône correspond davantage à celui du Danien qu'à celui, plus positif, du Maastichtien.

Landman⁷⁰⁷ confirme en 2007 que quelques espèces d'ammonites peuvent avoir survécu au début du Danien aussi bien au Danemark qu'au New Jersey.

Ainsi, ces deux genres réputés éteints à la fin du Crétacé auraient survécu encore quelques milliers d'années au tout début du Tertiaire, contredisant le dogme établi jusqu'à maintenant. Si quelques-uns ont survécu, il n'en demeure pas moins que les spécimens de Baculites trouvés par Forchhammer ont été prélevés dans la craie indurée, provoquant ainsi une « erreur » d'attribution, erreur qui a perduré jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, illustrant le fait qu'une erreur inscrite dans les livres est des plus difficiles à corriger.

Cependant, depuis les travaux de Rozenkrantz en 1924⁷⁰⁸, certains géologues danois, de plus en plus nombreux envisagent une position tertiaire du Danien. Toutefois, en 1925, Ravn continue à trouver un caractère essentiellement crétacé à la faune danienne. En France les avis restent aussi très partagés dans les années 1920-1930 : A. de Grossouvre a été rejoint par Dollfus, J. Lambert, Haug,⁷⁰⁹ mais sont loin d'entraîner la conviction de l'ensemble de la communauté des géologues. Ainsi, le Danien reste Crétacé. Quoiqu'il en soit, la question restera très débattue dans les décennies suivantes.

En fait, de nombreuses études sur la faune danienne apportent leur lot d'arguments en faveur d'un rattachement au Tertiaire mais c'est à la microfaune que revient le mérite d'avoir confirmé l'existence d'une extinction de masse entre le Sénonien et le Danien. Par exemple, Pierre Marie démontre en 1937, la profonde différence entre la microfaune maastrichtienne et la faune du calcaire pisolithique daniien (fig. 65) et conclut :

*Nous voyons donc que dans le Bassin de Paris, le calcaire pisolithique, plus récent que la craie, est caractérisé par une faune de Foraminifères d'origine tropicale, n'ayant aucun rapport avec celle du Maestrichtien, mais présentant cependant de grandes affinités avec les faunes tertiaires, et, en particulier, avec celles du Lutétien.*⁷¹⁰

⁷⁰⁷ LANDMAN N.H. et al., 2007. « Cephalopods from the Cretaceous/Tertiary boundary interval on the Atlantic Coastal Plain, with a description of the highest ammonite zones in North America ». Part III. Manasquan River Basin Monmouth, County, New Jersey, *Bulletin of the American Museum of Natural*, 303, p. 55.

⁷⁰⁸ Se rallie à la position de Rozenkrantz, le paléontologue Kristian Brünnich Nielsen (1872-1942), Poul Harder, Ødum, etc. pour le Danemark, le géologue allemand Emmanuel Kayser (1845-1927) etc.

⁷⁰⁹ POMEROL Ch. et BIGNOT G., *op.cit.*, p. 33.

⁷¹⁰ MARIE P., 1937, « Sur la faune de Foraminifères du Calcaire pisolithique du Bassin de Paris », *Bull. Soc. géol. France*, (5), 7, p. 294.

Rotaliidae.	
<i>Discorbis</i> sp. . . . .	. . . . . F. HIJKL . N. P Z
<i>Discorbis Lorneiana</i> (D'ORB.)* .	ABCD
<i>Gyroidina esculpta</i> (Rss)*	ABCD
<i>G. umbilicata</i> (D'ORB.)*	ABCD
<i>Rotalia</i> sp. . . . .	. . . . . FGHIJ. L. . . . OP . . . T.
<i>R. aff. trochidiformis</i> LAM.	
sp. 1 ¹ . . . . .	. . . . . EFGHIJKLMNOP. RSTZ
<i>R. aff. trochidiformis</i> LAM. sp. 2.	. . . . . EFGHIJKLMNOPQ. STZ
<i>R. aff. trochidiformis</i> LAM. sp. 3.	. . . . . F. HIJKLMNOPQ. S. Z
Globigerinidae.	
<i>Globigerina cretacea</i> D'ORB.*	ABCD
Globorotaliidae.	
<i>Globorotalia Micheliniana</i> (D'ORB.)*	ABCD
<i>Rosalina Linnei</i> (D'ORB.)*	ABCD
Anomalinidae.	
<i>Cibicides Voltziana</i> (D'ORB.)*	ABCD
<i>Anomalia aff. grosserugosa</i> GUMBEL ² . . . . .	. . . . . H. . . . LMN. P. . . . TZ
Miliolidae.	
<i>Quinqueloculina</i> sp. . . . .	. . . . . HI.K. . . N
<i>Triloculina</i> sp. . . . .	. . . . . F. HI . . L . N . . Q
<i>Spiroloculina</i> sp. . . . .	. . . . . I S . .

Figure 65– Présence des différentes espèces de Foraminifères dans 21 échantillons notés de A à Z, (Extrait du tableau), par Pierre Marie (1937, p. 292).

A, B, C et D sont 4 échantillons de craie blanche des environs de Vigny.

E à T sont des échantillons de calcaire pisolithique du Bassin de Paris.

Z échantillon provenant de Mons (Belgique).

On notera l'exclusion des deux microfaunes de la craie et du calcaire pisolithique.

Pourtant, cet argument frappant ne paraît pas avoir eu beaucoup d'effet sur ses contemporains. Il a fallu, pour les ébranler, encore d'autres travaux, souvent associés aux recherches pétrolières, comme ceux de Martin Glaessner⁷¹¹ (1906-1989), de V.G. Morozova⁷¹², de Jean Cuvillier (1899-1969) *et al.*⁷¹³, de M.-B. Cita⁷¹⁴, etc. qui tous montrent une nette coupure dans la faune

⁷¹¹ GLASSNER M.F., 1937, « Planktonforaminiferen aus der Kreide und dem Eozen und ihre stratigraphische Bedeutung », *Stud. Micropal., Moskow Univ. Lab. Paleont.*, 1 (1), p. 27-46.

⁷¹² MOROZOVA V.G., 1946, « The boundary between the Cretaceous and Tertiary in the light of the study of Foraminifera », *Doklady Akad. Nauk. USSR*, 54 (2), p. 153-155.

⁷¹³ CUVILLIER J., DALBIEZ F., GLINTZBOECKEL C., LYS M., MAGNÉ J., PEREBASKINE V. & REY M., 1955, « Études micropaléontologiques de la limite Crétacé-Tertiaire dans les mers mesogéennes », *Proc. 4th World Petroleum Congress*, Roma, I/D, p. 517-544.

⁷¹⁴ CITA M.-B., 1955, « The Cretaceous-Eocene boundary in Italy », *Proc. 4th World Petroleum Congress*, Roma, I/D, p. 413-427.

des Foraminifères planctoniques entre le Maastrichtien et le Danien *aussi bien aux U.S.A, en Pologne, en URSS, dans les pays méditerranéens, que dans les régions nordiques.*⁷¹⁵

Ainsi, dès les années 1955, la micropaléontologie indique une extinction d'un grand nombre de groupes de Foraminifères mais les recherches montrent aussi une grande différence entre les espèces planctoniques qui disparaissent presque toutes et les espèces benthiques qui sont relativement peu touchées. De la même façon, on observe une disparité dans la macrofaune et les avis demeurent encore très partagés au 21^{ème} Congrès international de Copenhague, en 1960, laissant le Danien dans le Crétacé. Selon Pomerol et Bignot, au Colloque sur le Paléogène, tenu à Bordeaux en 1962, les arguments s'empilent mais les habitudes et les inconvénients engendrés par un changement d'attribution sont tels que H.W. Rasmusen qui a pourtant reconnu la validité de la limite Crétacé-Tertiaire à la base du Danien, la rejette en ces termes :

*On doit considérer qu'une modification de cette limite augmenterait les difficultés d'emploi des ouvrages de référence et autres publications contenant un index stratigraphique. Il faut remarquer que la grande majorité des fossiles du Danien sont décrits dans un grand nombre de monographies et de publications traitant des fossiles du Sénonien mais rarement des fossiles du Tertiaire. Là, un changement de limite apporterait certaines complications et aucune simplification aux travaux des géologues et des paléontologistes.*⁷¹⁶

Bref, les inconvénients pratiques sont plus importants que la « vérité » scientifique.

Il faudra attendre 1979 et le *Cretaceous–Tertiary Boundary Events symposium* de Copenhague pour que l'accord se fasse, que la crise biologique soit reconnue et que la limite Crétacé-Tertiaire soit placée entre le Maastrichtien et le Danien, sur la base des données macro-, micro- et nano- paléontologiques et de données géochimiques⁷¹⁷. L'année suivante, en 1980, Walter Alvarez publie son article indiquant un pic d'Iridium dans la mince couche d'argile de la limite Crétacé-Tertiaire (Paléogène) ouvrant une nouvelle controverse, mais, celle-ci, non pas sur l'existence d'une crise biologique mais sur ses causes... et là, commence une autre histoire.

⁷¹⁵ POMEROL Ch. et BIGNOT G., *op.cit.*, p. 33.

⁷¹⁶ RASMUSSEN H.W., 1964, « Les affinités du Tuffeau de Ciply en Belgique et du post-Maastrichtien. "Me" des Pays-Bas avec le Danien. *Mém. BRGM*, 28 (Coll. Paléogène 1962), p. 872. In POMEROL Ch. et BIGNOT G., 2000, *op.cit.*, p. 32.

⁷¹⁷ BIRKELUND T. & BROMLEY, R.G. (eds), 1979, *Cretaceous–Tertiary Boundary Events, symposium. I. The Maastrichtian and Danian of Denmark*, Copenhague, University of Copenhagen, 210 p. et CHRISTENSEN W. K. & BIRKELUND, T., (eds), 1979, *Cretaceous–Tertiary Boundary Events, symposium. II. Proceedings*, Copenhague, University of Copenhagen, 262 p.

1979 - Le Danien est le premier étage du Tertiaire.

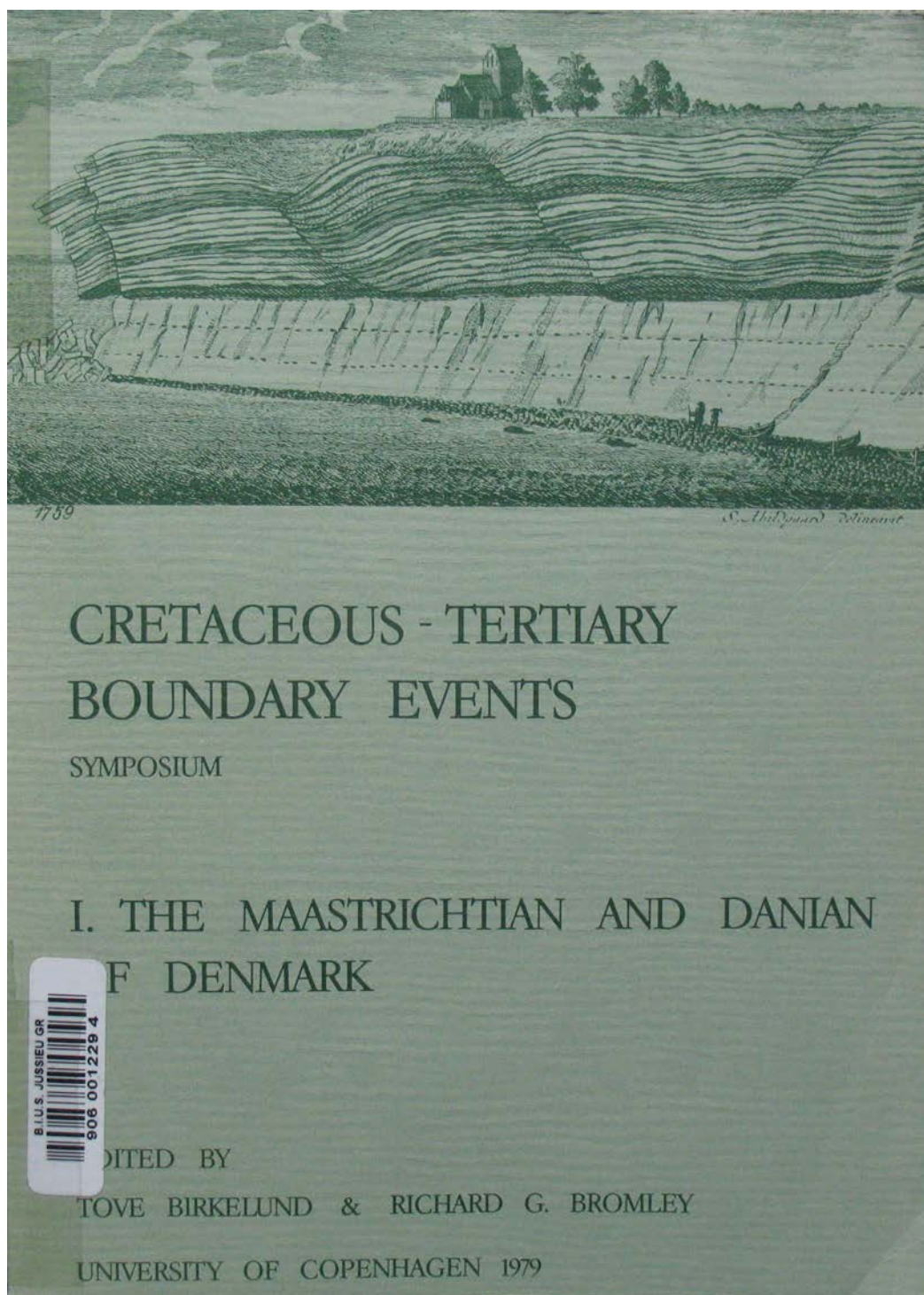


Figure 66 – Comptes rendus du Symposium sur les « Évènements de la limite Crétacé-Tertiaire qui s'est tenu à Copenhague en 1979. Cette couverture reprend la gravure de Stevns Klint réalisée par S. Abildgaard en 1759.

La place du Danien a donc été très controversée de 1825 jusqu'à nos jours et les diverses interprétations au cours de cette période de près de deux siècles sont données ci-après (fig. 67).

Diverses interprétations de la place du Danien de 1825 à nos jours

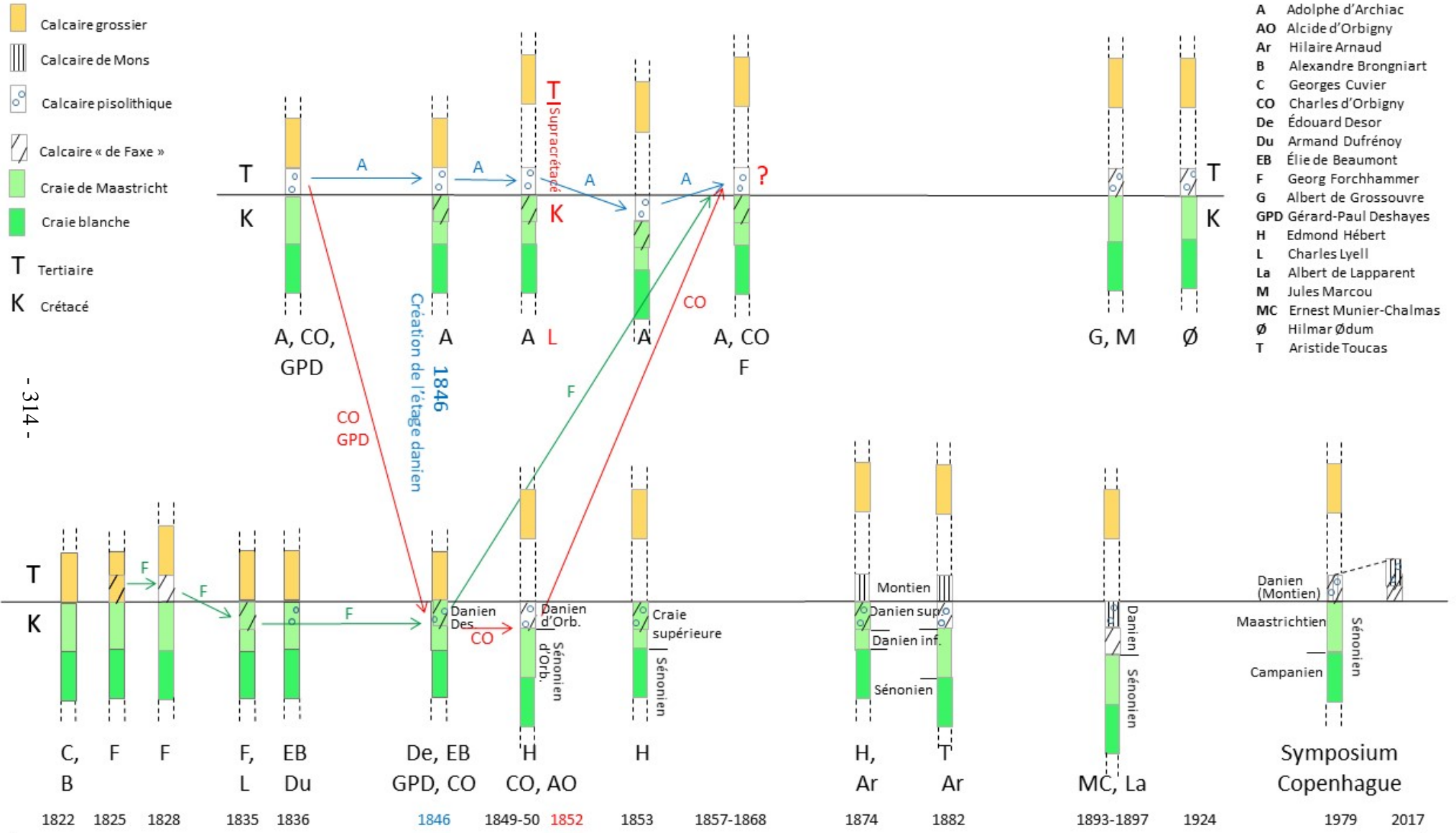


Figure 67 – Diverses interprétations de la place du Danien de 1825 à nos jours : résumé schématique de la controverse. © F. Dreyer.

En 1825, au Danemark, Forchhammer (F) décrit au-dessus de la craie blanche à Stevns Klint, un calcaire à Cérithes, nommé calcaire « de Faxø » par Lyell (L) en 1835. Forchhammer assimile ce calcaire au calcaire grossier parisien et l'attribue au Tertiaire mais, en 1828, plus prudent, il n'en fait qu'un analogue tout en le considérant comme tertiaire. Lors de la venue de Lyell à Stevns Klint en 1835, tous deux s'accordent pour en faire un calcaire crétacé probablement contemporain de la craie de Maastricht.

En 1836, en France, le calcaire pisolithique découvert dans le bassin de Paris (Laversine, Vigny, Bougival, Port-Marly et Meudon) est au centre d'une controverse. Les premiers descripteurs, A. d'Archiac (A), Ch. d'Orbigny (CO) et Deshayes (GPD), l'attribuent au Tertiaire (sur le schéma, rangée du haut) tandis que les théoriciens, Élie de Beaumont (EB) et Dufrénoy (Du), l'attribuent au Crétacé (rangée du bas).

La corrélation du calcaire « de Faxø » et du calcaire pisolithique en un étage danien par Desor (De), en 1846, change la donne. La présence de quelques fossiles crétacés dans le calcaire « de Faxø » conduit Ch. d'Orbigny et Deshayes à rejoindre les partisans d'une attribution crétacée qui rattachent l'étage danien à la craie de Maastricht. En 1850, A. d'Orbigny (AO) fait de l'étage danien le dernier étage du Crétacé mais le sépare de la craie de Maastricht.

Seul, A. d'Archiac réfute la corrélation du calcaire « de Faxø » et du calcaire pisolithique : il considère le calcaire « de Faxø » comme crétacé mais maintient l'attribution tertiaire du calcaire pisolithique. Il est rejoint en cela par Lyell qui réunit, en 1852, le calcaire pisolithique à des terrains belges (eux-aussi au-dessus de la craie et postérieurs à la craie de Maastricht) en un nouveau système qu'il nomme « supracrétacé », ni crétacé, ni tertiaire.

La découverte par Hébert (H) de fossiles du calcaire pisolithique dans les assises supérieures de la craie de Maastricht conduit A. d'Archiac à accepter l'attribution crétacée du calcaire pisolithique mais celui-ci refuse toujours la corrélation avec le calcaire « de Faxø ». Dans les faits, il reste persuadé que de nouvelles observations pourraient montrer que le calcaire pisolithique est tertiaire. De la même façon, Forchhammer et Ch. d'Orbigny conservent bien des doutes (?) à la fin des années 1850. Jusqu'à la fin des années 1870, calcaire pisolithique, calcaire « de Faxø » et craie de Maastricht restent corrélés dans la craie supérieure de Maastricht comme l'affirme Hébert. Le calcaire de Mons, en Belgique, a beaucoup d'affinité avec le calcaire pisolithique mais il est considéré comme tertiaire (Montien). Dès le début des années 1880, Arnaud (A) sépare définitivement le Danien d'Orb. (calcaire « de Faxø » et calcaire pisolithique) de la craie de Maastricht qui est plus ancienne, mais il reste crétacé. Le calcaire « de Faxø » et le calcaire pisolithique seront séparés par Munier-Chalmas (MC) et A. de Lapparent (La) en 1893.

Dès lors, régulièrement au cours du XX^{ème} siècle, des voix se feront entendre pour attribuer le Danien au Tertiaire : A. de Grossouvre (G) démontre en 1897 l'existence d'une extinction de masse à la base du Danien, raison pour laquelle il le considère comme tertiaire. Marcou (M) est du même avis et, au Danemark, Ødum (Ø) le suggère en 1924. Bien d'autres suivront, micro-paléontologistes comme macro-paléontologistes. Mais ce n'est qu'au symposium de Copenhague, en 1979, qu'un consensus sera trouvé : les événements survenus à la limite Crétacé-Tertiaire permettent de considérer que le Danien est le premier étage du Tertiaire.

Pour la commission stratigraphique internationale (The International Commission on Stratigraphy), la mince couche d'argile noire (avec le pic d'Iridium) marque, à Stevns Klint, la limite Crétacé-Tertiaire (Paléogène).

Au Danemark, le calcaire à Cérithes de Stevns Klint appartient au Danien basal mais le calcaire des carrières de Faxø ne lui est pas contemporain, contrairement à ce que pensaient Forchhammer et Lyell : il appartient au Danien moyen.

En France, le calcaire pisolithique (Vigny, Meudon) est danien moyen-supérieur (Montien). Il est contemporain du calcaire de Mons en Belgique (Montenat C. et Merle D., 2018).

ANNEXES

1- La géologie danoise du XVII^{ème} jusqu'en 1800 : une construction pointilliste

Aux XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles, le Danemark était un vaste royaume d'une vitalité économique assez considérable, qui regroupait Danemark et Norvège. Il recouvrait le Danemark actuel et non seulement la Scanie (province de l'extrémité sud de la Suède⁷¹⁸ actuelle) et la Norvège avec le Groenland, l'Islande et les îles Féroé, mais aussi les Duchés de langue allemande du Schleswig, Holstein et Saxe-Lauenburg du nord de l'Allemagne (fig. a).

Cet immense territoire encadrait l'Øresund, le détroit entre Copenhague et Malmö où la mer Baltique s'ouvre sur la mer du Nord. Cette situation géographique permettait ainsi au Danemark de contrôler l'ensemble des échanges économiques entre Europe de l'est et Europe de l'ouest, entre mer Baltique et mer du Nord et par conséquent entre les villes de la Hanse. Les taxes prélevées au passage des navires étaient la source principale des richesses (qui permettront ultérieurement l'expansion coloniale du royaume avec, tout d'abord, la Compagnie des Indes orientales puis, à partir de 1671, la Compagnie des Indes occidentales⁷¹⁹). Les échanges économiques aussi bien que culturels étaient donc nombreux avec toute l'Europe et bien au-delà. C'est dans ce contexte d'essor économique et culturel que fut créée, en 1478⁷²⁰, l'Université de Copenhague à laquelle s'est ajoutée en 1537 une faculté de médecine, la plus ancienne de Scandinavie. Ses professeurs, des hommes pour la plupart polymathes, avaient voyagé et étudié auprès des professeurs étrangers les plus renommés.

⁷¹⁸ La désagrégation du Royaume fut progressive. La Suède qui avait fait partie de l'Union scandinave scellée en 1397, s'en sépara dès 1523. Dès lors ce fut une longue lutte entre la Suède et le Danemark pour l'hégémonie dans la région. Le Danemark perdit la Scanie au profit de la Suède au traité de Roskilde en 1658 mais c'est essentiellement au XIX^{ème} siècle que se produisit l'éclatement du Royaume du Danemark. La Norvège passa dans le giron suédois en 1814 à la fin des guerres napoléoniennes, conséquence de la position du Danemark, contraint et forcé, au côté de Napoléon. Enfin, les Duchés retournèrent à la confédération germanique en 1864. L'Islande devint une république indépendante le 17 juin 1944.

⁷¹⁹ Elles deviendront en 1917 les îles Vierges des Etats-Unis.

⁷²⁰ Les données historiques concernant le Danemark sont tirées pour l'essentiel de GARBOE A., 1959. *Geologiens Historie i Danmark, Fra Mythe til Videnskab*, Copenhague, C. A. Reitzel, vol.1.



Figure a – Extrait de la carte politique du monde (2001). Source : landkartenindex.de

Cette carte montre l'ampleur du Royaume du Danemark au XVIIème siècle : il comprenait le Danemark actuel (en vert pâle), l'Islande (en marron), la Norvège (en bleu) et la Scanie, partie sud de la Suède (en rose-saumon) entre Oslo et la mer Baltique. On remarque ainsi la position stratégique du Danemark pour les échanges maritimes entre la mer Baltique et la mer du Nord.

L'encadré bleu détaille les trois Duchés en union personnelle avec le Roi du Danemark et au cœur des deux guerres entre la Confédération germanique et le Danemark en 1848 et 1864. File:Karte Deutsch-Dänischer Krieg-fr.svg



1- L'Université et l'histoire naturelle : une relation discontinue

Quoi qu'il en soit de l'ancienneté de l'Université de Copenhague, force est de constater que l'histoire naturelle a connu de grandes difficultés à y trouver une place jusqu'à la fin du XVIIIème siècle. Certaines familles ont brillé cependant. Ainsi, le XVIIème siècle fut marqué par la famille Bartholin : Jesper Bertelsen, latinisé en Casparus Bartholinus, (1585-1629) et son beau-frère Ole Worm (1588-1654), tous deux médecins, se succédèrent à la chaire de médecine à l'Université de Copenhague. Le premier s'est intéressé aussi à la minéralogie et à la géologie et ses théories sont publiées dans son « *Systema Physicum* » de 1628. Cependant il ne constitua pas de collection contrairement au second, Ole Worm, qui rassembla dans son Museum des merveilles et des raretés de toutes sortes : historiques, ethnographiques et naturelles parmi

lesquelles des glossopètes, des fossiles de nautilus, de serpents, d'ammonites, etc. Cette collection extraordinairement riche était célèbre dans toute l'Europe⁷²¹ (Fig. b).



Figure b – Le *Museum Wormianum*, cabinet de curiosités d'Ole Worm.

Source : <http://www.zymoglyphic.org/exhibits/baroquemuseums/oleworm.jpg>

Sa richesse lui conféra une renommée internationale. Parmi les *Petrefacta*, des glossopètes, nautilus et cornes d'Ammon (ammonites).

⁷²¹ Après la mort de Worm en 1654, le *Museum Wormianum* sera acquis par le roi Frederik III, en 1655, pour le *Kongelige Kunstammer* de Christianborg, ensemble d'une collection d'œuvres d'art et d'un cabinet de curiosités. Le cabinet de curiosité rejoindra lui-même le Musée royal d'histoire naturelle, *Det Kongelige Naturhistoriske Museum*, en 1821. Cependant la collection minéralogique du Cabinet du Roi sera, elle, transférée par décret royal en 1804 aux collections de Rosenborg. D'après

http://geologi.snm.ku.dk/om_geologisk_museum/geologisk_museums_historie/historie2/

La collection de Worm servait à l'enseignement à l'Université, mais lorsqu'elle rejoint le cabinet royal, elle n'est plus disponible. Thomas Bartholin et Niels Stensen créent un musée à l'Université, *Det Universitets første Natural Kammer*, qui sera progressivement dispersé. Ce qu'il en reste disparaîtra dans le grand incendie de 1728 et l'Université n'en créera pas de nouveau avant longtemps.

C'est aussi Ole Worm qui, à la mort de Caspar Bartholin, éleva ses deux fils, Erasmus (1625-1698) et Thomas (1616-1680) Bartholin. Ainsi, il suscita leur long voyage d'étude à travers toute l'Europe, voyage au cours duquel ils rencontrèrent de nombreux savants et s'initiaient aux sciences de la nature et à la médecine. Devenus tous deux médecins, Erasmus et Thomas prirent cependant des orientations différentes. Très attiré par les mathématiques et la physique, influencé par sa rencontre avec le mathématicien, astronome et physicien hollandais Christian Huygens (1629-1695), Erasmus travailla sur la biréfringence du spath d'Islande ou *islandske krystal*. La publication de 1669 sur ce travail lui donna une renommée internationale. Il fut nommé, en 1667, professeur de mathématiques puis de médecine à l'Université de Copenhague. Thomas, quant à lui, écrivit parmi d'autres de nombreux ouvrages concernant la géologie (volcanisme, glossopètres et fossiles, météorites, ambre, etc.). Il fut le professeur de Niels Stensen (1638-1686), le célèbre Sténon dont l'œuvre géologique majeure *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus* écrit en 1668 en Italie et publié en 1669, marqua un tournant dans l'approche de la géologie par ses théories actualistes et la démonstration que les *Petrafacta* sont des êtres vivants fossilisés, même si ce prodrome ne fut apprécié à sa juste valeur que lorsqu'Alexandre von Humboldt en 1823 et surtout Léonce Élie de Beaumont en 1832 attirèrent l'attention sur cette œuvre⁷²².

Il existe donc au Danemark une solide tradition en géologie au XVII^{ème} siècle, présente à l'Université, cependant Niels Stensen et Erasmus Bartholin n'ont pas de successeurs en géologie et minéralogie au sein de cette structure.

Comme l'Université en France, l'Université de Copenhague était en effet encore largement dominée par la théologie et les théologiens faisaient tout pour éviter l'entrée des sciences en son sein. La Faculté de médecine, comme dans le reste de l'Europe⁷²³, était le seul lieu où l'histoire naturelle avait droit de cité, mais tout dépendait de l'intérêt de ses professeurs pour ces domaines.

À la fin du XVIII^{ème} siècle, il n'y avait toujours pas d'enseignement universitaire des Sciences. L'université comprenait quatre Facultés : Théologie, Droit, Philosophie et Médecine. Le cursus

⁷²² Garboe cite *Élie de Beaumont, L.*: Fragmens Géologiques tirés de Stenon (Annales des Sciences naturelles 25 (1832), 337 f.) et HUMBOLDT Alexandre de, 1823, *Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*, Paris, F.G. Levrault, p. 38-39. In GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p. 74.

Cependant, Ellenberger montre que Sténon est abondamment cité par les auteurs du XVIII^{ème} siècle. ELLENBERGER F., 1988, *Histoire de la géologie, des anciens à la première moitié du XVII^e siècle*, tome 1, Paris, Technique et Documentation (Lavoisier) p.245-248.

⁷²³ BOURGUET M.-N. et LACOUR P.-Y., « Les mondes naturalistes : Europe (1530-1802) », in PESTRE D., (dir.), 2015, *Histoire des sciences et des savoirs*, tome 1, VAN DAMME, St. (dir.) *De la Renaissance aux Lumières*, Paris, Seuil, p.256.

universitaire débutait par une première année commune à tous les étudiants, année partagée entre le *philologicum* avec grec, latin et histoire, et le *philosophicum* avec philosophie, mathématiques, physique et astronomie. L'enseignement scientifique était donc très restreint. Physique, chimie et botanique étaient étudiées en pharmacologie à la Faculté de Médecine tandis que les mathématiques et l'astronomie l'étaient à la Faculté de Philosophie. Une académie de Chirurgie créée par les chirurgiens eux-mêmes, ne s'ajoutera qu'en 1785 à ce tableau si peu scientifique⁷²⁴.

C'est donc en dehors de l'Université que les domaines scientifiques vont se développer. Comme en France où le Collège Royal (futur Collège de France) fut institué par François Ier pour enseigner les disciplines que l'Université ignorait ou alors le Jardin Royal des plantes médicinales (le futur Muséum national d'Histoire naturelle) créé par Richelieu en contrepoint de la Faculté de Médecine de Paris puis développé par Buffon (1707-1788) au XVIIIème siècle pour permettre l'essor de l'histoire naturelle, des efforts considérables vont être fournis par les gouvernements danois successifs pour réformer l'Université et déborder ses réticences.

Ici comme ailleurs en Europe, le rôle des individus est essentiel.

Le XVIIIème siècle est marqué par l'influence d'hommes passionnés par les sciences de la nature, souvent ecclésiastiques comme les évêques Erich Ludvigsen Pontoppidan (1698-1764) et Johann Ernst Gunnerus (1718-1773). Le premier, d'abord ecclésiastique au Danemark, est nommé en 1747 évêque à Bergen où il écrit deux livres sur l'histoire naturelle de la Norvège dans lesquels il parle abondamment des montagnes, de minéraux et de fossiles, *petrefacta*, qu'il décrit comme solide dans solide (*solidum intra solidum*, selon Sténon dont le nom n'est pourtant pas mentionné). Ses écrits, par leur polyvalence scientifique, prirent une importance telle que le gouvernement fit revenir en 1755 Pontoppidan à Copenhague comme vice-chancelier de l'Université dans l'espoir de dynamiser la vie scientifique danoise. Le Roi à titre personnel et son gouvernement cherchent en effet à soutenir les sciences de la nature à partir du milieu du XVIIIème siècle. Pontoppidan installa un musée d'Histoire naturelle au sein de l'Université et y développa les collections. Sa propre collection d'objets naturels, collection considérable et très riche en fossiles y sera déposée. Il sera à l'initiative d'un grand Atlas, « *Den Danske Atlas* » dont la publication, entre 1763 et 1781, marque l'essor des sciences de la nature au Danemark. Ce très bel ouvrage en sept volumes illustrés de nombreuses planches couvre tous les

⁷²⁴ CHRISTENSEN, D.C., 2013, *Hans Christian Ørsted: reading nature's mind*, Oxford, Oxford University Press, p. 34-37.

domaines : histoire, géographie, botanique, zoologie, géologie etc. dont Pontoppidan ne verra que les deux premiers volumes.

Quant au second, l'évêque Gunnerus, dano-norvégien (les deux royaumes étant encore réunis à cette époque), né à Oslo mais ayant étudié à Copenhague, est un scientifique, notamment zoologiste. Comme beaucoup à l'époque, sous l'influence de Linné (1707-1778) avec lequel il a une correspondance suivie, il s'intéresse non seulement à la botanique mais aussi au règne minéral. Il est à l'origine, dans les années 1760, de la société savante de Trondheim, première société des sciences de Norvège. Son influence fut telle que les nombreux prêtres qui s'intéressaient à l'histoire naturelle et collectaient roches et insectes, lui transmirent leurs observations. Ainsi l'évêque Gunnerus compila les données rassemblées par ces amateurs dont le rôle se révéla essentiel. Beaucoup montraient un vif intérêt pour les fossiles auxquels l'histoire populaire attribuait une origine légendaire comme celle de « l'argent des pirates » mais il devenait de plus en plus clair qu'il s'agissait de coquilles d'animaux. Les collectionner devenait sinon une mode, du moins une passion et les fossiles faisaient l'objet d'échanges entre collectionneurs parfois lointains.

Au Danemark comme ailleurs en Europe, le développement des techniques et la nécessité de matières premières suscitèrent un intérêt grandissant pour les choses de la Nature. Ainsi, géologie et minéralogie furent d'un grand secours pour la découverte de matières premières, tourbe, charbon, etc. et devinrent *de facto* des sciences d'intérêt économique.

Cette tendance fut encouragée par le roi Frédéric V (1723-1766) quand, succédant en 1746 à Christian VI, il choisit pour ministres Johann Hartwig Ernst Bernstorff (1712-1772), Adam Gottlob Moltke (1710-1792) et J.L.Holstein (1694-1763), ministres réformateurs qui appelèrent auprès d'eux des hommes scientifiques comme l'évêque Pontoppidan, conseiller de Holstein, en tant que vice-chancelier de l'Université de Copenhague ou l'évêque Gunnerus. Sous l'impulsion de Holstein, fut créée en 1742 la «*Kiøbenhavnske Selskab af Lærdoms og Videnskabers Elskere*»⁷²⁵, «*Videnskabernes Selskab*», c'est-à-dire la «*Société des amateurs des Arts et des Sciences de Copenhague*» ou «*Académie des Sciences*»⁷²⁶, qui avait pour objectif de promouvoir la science et les techniques par la publication et la diffusion des mémoires scientifiques présentés et lus à l'Académie dans le journal *Skrifter, som udi det*

⁷²⁵ En 1777, elle prendra le nom de *Kongelige Videnskabers Selskab* puis en 1781 celui de *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab* ou Académie royale danoise des Sciences et des Lettres, aussi appelée aujourd'hui plus simplement *Videnskabernes Selskab* ou Académie des Sciences.

⁷²⁶ On notera le caractère tardif de sa création, 1742, soit presque un siècle après l'Académie royale des Sciences en France (1666) et la Royal Society en Angleterre (1660).

*Kiøbenhavnske Selskab af Lærdoms og Videnskabers Elskere ere fremlagde og oplæste*⁷²⁷. D'autre part, elle organisait des expéditions dans des contrées éloignées comme l'Islande. Ainsi, elle draina toutes les communications et mémoires entre érudits et scientifiques de tous bords et fut un lieu privilégié pour échanger des observations et des points de vue sur les recherches en cours. Parmi les grands centres d'intérêt, les sciences de la nature tenaient une place privilégiée avec l'étude des volcans islandais, celle des formations morainiques ou des mesures barométriques par exemple, et de nombreuses études à visée économique comme celles des gisements de charbon, de minerais et de l'usage de la tourbe, étaient menées. L'Académie des Sciences était le soutien indispensable aux sciences de la nature qui se développaient en dehors de l'Université.

Toujours dans cet effort de soutien des activités industrielles et minières, fut créée une école des Mines le 19 septembre 1757 par décret royal de Frederik V, roi de Danemark et de Norvège, sous le nom de *Det Kongelig Norske Bergseminarium*. Le *Bergseminaret* de Kongsberg en Norvège est la première École des Mines d'Europe⁷²⁸, celle de Freiberg en Saxe ayant été créée en 1765. Le *Bergseminaret* avait été implanté près des mines d'argent très réputées de Kongsberg, à environ 80 km de Christiania (l'actuelle Oslo)⁷²⁹.

En 1759, le comte Moltke fonde le cabinet de « Nature et économie domestique »⁷³⁰ - *Natural-og Husholdningskabinet* - à Charlottenborg. Celui-ci l'avait doté, pour l'enseignement, d'une très riche collection de minéraux, de préparations d'animaux et de plantes provenant en grande partie de sa collection privée et d'achats importants. Le comte Moltke y avait aussi nommé deux professeurs, l'un, Peter Ascanius, (1723-1803) professeur d'histoire naturelle au Cabinet de Charlottenborg et l'autre, Georg Christian Oeder (1728-1791) professeur de botanique et administrateur au jardin du Roi à Amalienborg.

⁷²⁷ « Mémoires présentés et lus devant la Société des amateurs des Arts et des Sciences de Copenhague » qui deviendront plus tard et plus simplement les « Mémoires de l'Académie des Sciences », *Videnskabernes Selskabs Skrifter*.

⁷²⁸ Elle est devancée par l'École des Mines de Potosi (Bolivie) créée en 1557 mais celle-ci fermera ses portes en 1786 alors que celles d'Europe sont en plein essor.

⁷²⁹ Fermé en 1814, lors de la perte de la Norvège, le *Bergseminaret* a été transféré à l'Université de Christiania (Oslo) puis devint au début du XX^{ème} siècle l'Institut norvégien de technologie de Trondheim. <http://norsk-bergverksmuseum.no/det-kongelige-norske-bergseminarium/>

⁷³⁰ *Natural* évoque les objets de la Nature et *Husholdning* signifie littéralement ménage dans le sens « tenue de la maison », économie domestique. Ce choix de Moltke traduit une orientation nette d'un enseignement destiné au développement économique du Danemark. En cela, il se situe dans la même logique que l'Encyclopédie dans ses articles techniques. L'existence éphémère d'une faculté d'économie à Copenhague dans ces années-là va dans le même sens.

Ainsi, la vie scientifique en ce XVIII^{ème} siècle était animée et riche au Danemark mais elle se passait dans des cercles privés ou royaux, hors de l'Université restée dans son rôle ancien.

En effet, toutes les tentatives pour introduire les sciences à l'Université au cours du XVIII^{ème} siècle avaient échoué plus ou moins rapidement, celle du comte Moltke et Holstein comme nous venons de le voir, ainsi que celle de Johann Friedrich Struensee (1737-1772) qui avait souhaité la fusion des collections de Charlottenborg avec celles de l'Université⁷³¹. Il leur était reproché outre une dépense devenue trop élevée par l'augmentation du nombre de chaires et l'introduction des sciences au détriment des langues orientales -grec et latin-, leur origine allemande. La nomination à l'Université de professeurs étrangers, d'origine allemande eux-aussi, faute de danois compétents, avait été refusée.

Pourtant, l'année 1765 avait marqué un tournant dans l'histoire des sciences de la nature au Danemark avec la création à la Faculté de Philosophie d'un poste d'histoire naturelle (c'est-à-dire de zoologie et de minéralogie) et d'économie rémunéré sur la cassette personnelle du roi et non par l'Université. Morten Thrane Brünnich (1737-1823) fut nommé *lektor*⁷³² en histoire naturelle et économie à l'université cette même année puis professeur en 1769 à son retour d'un grand tour d'Europe –visite des mines de Cornouailles, étude des poissons de la méditerranée, etc.- au cours duquel il constitua une grande collection d'objets naturels. C'est en grande partie avec cette collection qu'il monta celle de l'Université. Lorsque les collections du *Natural- og Husholdningskabinett* de Charlottenborg furent transférées à l'Université en 1772, les collections prirent le nom de *Theatrum naturæ* ou *Universitetets Nye Natural Theater*, première réelle collection zoologique et minéralogique à l'Université de Copenhague, collection qui impressionna Linné lui-même⁷³³. À la chute de Struensee en 1772, Brünnich fut envoyé à Kongsberg pour une mission de recherche sur les mines qui dura trois ans au cours desquels il ne fut pas remplacé. De retour à Copenhague, il fit le catalogue des collections du *Theatrum naturæ* qu'il publia en 1782, mais lorsque Brünnich dut à nouveau quitter Copenhague, nommé inspecteur en chef des mines d'argent à Kongsberg, en 1784, la chaire d'histoire naturelle resta vacante, le successeur de Brünnich qui lui avait été choisi, Gregers Wad (1755-1832), devant

⁷³¹ http://geologi.snm.ku.dk/om_geologisk_museum/geologisk_museums_historie/historie2/.

⁷³² Le terme *lektor* a le même sens que *lector* en anglais. Il est utilisé pour désigner une personne chargée de quelques heures d'enseignement. On pourrait le traduire par « chargé de cours » ou « professeur associé ».

⁷³³ WOLFF T., 2007, « The history of the Zoological Museum, University of Copenhagen », <http://www.zmuc.dk/HeadWeb/old-museum.htm>

d'abord se former à l'étranger. L'enseignement de l'histoire naturelle à l'Université avait pratiquement cessé.⁷³⁴

2- L'influence décisive de la philosophie de la nature dans l'émergence des universités scientifiques danoises

Pour suppléer aux manquements de l'Université, un groupe de personnes privées, encore une fois, des philosophes de la nature et disciples de Linné⁷³⁵ pour la plupart, prit en charge l'enseignement et le développement de l'histoire naturelle. Ainsi, en 1789, fut fondée la Société d'Histoire naturelle, *Naturhistorie-Selskabet*, à l'initiative notamment de Peter Christian Abildgaard (1740-1801), et du botaniste Niels Tønder Lund (1749-1809) né à Trondheim et proche de l'évêque Gunnerus. Cette Société s'était donné pour mission l'enseignement pratique de l'histoire naturelle, la création d'un musée, le *National-Museum*, et d'un jardin botanique, tous deux pour l'enseignement, ainsi que la publication d'un journal, *Skrivter af Naturhistorie-Selskabet*⁷³⁶, en 1790. Elle permettait aussi à des jeunes gens prometteurs de partir en voyage d'étude au Danemark, en Norvège ou dans les colonies dont ils rapportèrent des échantillons pour les collections. Les enseignements étaient sanctionnés par des examens et la Société d'Histoire naturelle n'était autre qu'une faculté privée tout en occupant des locaux du Palais du Prince. La minéralogie à la Société d'Histoire naturelle fut tout d'abord enseignée gracieusement par P.C. Abildgaard avant que la Société ne soit à même de payer un autre professeur, Christian Frederik Schumacher (1757-1830). Tous deux développèrent une importante collection⁷³⁷.

L'un des premiers diplômés de la Société d'Histoire naturelle fut, en 1794, Heinrich Steffens⁷³⁸ (1773-1845), (fig. c) géologue et philosophe de la Nature, au sens allemand du terme, ce qui lui valut une défiance de l'Université à Copenhague et l'amena à partir pour l'Allemagne. Cependant, Steffens aura une grande influence dans la vie intellectuelle du début du XIXème siècle bien au-delà de sa discipline scientifique. Né à Stavanger (Norvège) où son père, lui-même né au Surinam, s'était installé comme médecin, Steffens se sentait pourtant tout à fait danois, sa mère étant de la famille Bang, vieille famille danoise. C'est donc tout naturellement qu'il étudia à la Société d'Histoire naturelle de Copenhague où il s'intéresse particulièrement à

⁷³⁴ http://geologi.snm.ku.dk/om_geologisk_museum/geologisk_museums_historie/historie2/

⁷³⁵ CHRISTENSEN, D.C., 2013, *op. cit.*, p. 37.

⁷³⁶ « Mémoires de la Société d'Histoire naturelle », journal qui fut publiés de 1790 à 1810.

⁷³⁷ GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p. 63 et aussi

http://geologi.snm.ku.dk/om_geologisk_museum/geologisk_museums_historie/

⁷³⁸ Heinrich ou Henrik.

la chimie de Lavoisier et à la minéralogie. À l'été 1794, juste après l'obtention de son diplôme, la Société d'histoire naturelle l'envoie près de Bergen en Norvège pour récolter des mollusques marins et faire des recherches minéralogiques et géologiques. Mais ces recherches n'aboutirent



Figure c – Heinrich Steffens (1773-1845), âgé. Lithographie de Franz Krüger d'après Friedrich Jentzen. Source : <http://wellcomeimages.org/indexplus/image/L0043940.html>

pas et il revient très déprimé. Il quitte alors Copenhague pour Hambourg puis Kiel où il obtient son doctorat de médecine en 1797 avec une thèse au titre évocateur : « À propos de la minéralogie et de l'étude minéralogique ». Ainsi, il se tourne résolument vers la géologie et la minéralogie et l'année suivante il part se perfectionner à Iéna, en Allemagne, où il rencontre Friedrich Schelling (1775-1854). Il s'enthousiasme alors pour la *Naturphilosophie* et la conception globale de la science. C'est dans cet état d'esprit et imprégné de *Naturphilosophie* qu'il passe une année à Freiberg auprès de Werner et publie en 1801 *Beiträge zur inneren Naturgeschichte der Erde*⁷³⁹, livre dédié à Goethe et exposant les théories de Werner. Dans cet ouvrage, il tente, dans le cadre d'une « Théorie de l'Univers », allant du Cosmos à

l'Homme, de retracer l'histoire de la Terre, la théorie du neptunisme de Werner à l'appui. Il envisage une polarité dans la séquence des formations, avec le passage des formations siliceuses aux formations calcaires. Cette évolution du monde minéral s'accompagne de la succession des êtres vivants : l'un et l'autre sont issus d'un fluide premier⁷⁴⁰.

Riche de cette expérience, Steffens rentre à Copenhague à l'automne 1802. Il donne alors une série de conférences au Elers Kollegium sur la philosophie de la Nature qui enthousiasme une bonne partie du public bien que certains l'apprécient peu et le considèrent comme dangereux pour la jeunesse. De la sorte, Steffens inspire un nouveau courant romantique au Danemark, « l'Âge d'Or » danois, amorcé notamment par le jeune poète Adam Oehlenschläger (1779-1850), beau-frère⁷⁴¹ du physicien et chimiste Hans Christian Ørsted (1777-1851), tous deux très

⁷³⁹ « Contributions à l'histoire intime naturelle de la Terre ».

⁷⁴⁰ ELLENBERGER F., 1994, *Histoire de la géologie, la grande éclosion et ses prémices 1660-1810*, tome 2, Paris, Technique et Documentation (Lavoisier), p. 271.

⁷⁴¹ Le frère de H.C. Ørsted, Anders Sandøe Ørsted (1778-1860) a épousé le 10 juillet 1802, Sophie Wilhelmine Bertha Oehlenschläger (1782-1818), la soeur d'Adam Oehlenschläger.

proches et influencés par Steffens. Cependant, en 1803, toujours géologue dans l'âme, Steffens sollicite du gouvernement danois une mission pour réaliser une étude géologique pratique sur les marais salants et le gypse près de Lübeck. Mais la rémunération octroyée par le gouvernement était si modeste, que Steffens, peu apprécié par les autorités danoises, quitte Copenhague en 1804 et accepte un poste de professeur à Halle, près de Leipzig, où il peut allier ses trois domaines de prédilection par l'enseignement simultané de la minéralogie, l'art de l'exploitation minière et la *Naturphilosophie*.

La Société d'Histoire naturelle n'a eu au plan de l'enseignement des sciences de la nature, qu'une existence éphémère. En 1795, l'Université décida de reprendre l'enseignement de l'histoire naturelle et nomma Wad⁷⁴² à son retour de l'étranger, professeur extraordinaire⁷⁴³ (c'est-à-dire sans chaire), puis, en 1803, professeur ordinaire (avec chaire) d'histoire naturelle, c'est-à-dire de minéralogie et zoologie.

Une commission royale avec P.C. Abildgaard comme secrétaire fut organisée en 1796 en vue de créer un Musée national des sciences de la nature⁷⁴⁴ et d'acquérir d'importantes collections de minéraux et de coquillages. Ces collections parmi lesquelles celle de P.C. Abildgaard acquise à sa mort en 1801, furent stockées à Rosenborg. En 1804, les minéraux du Cabinet de curiosités du Roi, *Det Kongelige Kunstkammer* furent transférés à Rosenborg pour rejoindre le futur Musée national. Les collections de la Société d'Histoire naturelle alors situées à Østergade réunies en 1805 aux collections de Rosenborg constituèrent ce nouveau musée national qui prit le nom de *Museum* royal d'Histoire naturelle, *Det Kongelige Naturhistoriske Museum*, installé dans Østergade. Cependant l'Université refusa d'y associer ses collections. Cette même année 1805, la Société d'Histoire naturelle fut dissoute. L'Université avait pris l'enseignement de l'Histoire naturelle en charge cependant les collections restaient séparées⁷⁴⁵.

Pourtant les moyens alloués par l'Université à Wad pour enrichir les collections étaient bien maigres. En 1810, Joachim Godske Moltke (1746-1818), fils du Comte A.G. Moltke, pour soutenir le développement des sciences de la nature à l'Université, racheta à l'Université ses collections zoologiques et minéralogiques pour 5000 rigsdalers⁷⁴⁶, puis en fit don à l'Université

⁷⁴² Gregers Wad épousa en 1802 la fille de Brünnich, Nicoline Christiane Brünnich (1779-1864).

⁷⁴³ « Professeur extraordinaire » est un titre donné à une personne pour ses compétences et qui disparaît quand la personne se retire (soit parce qu'il devient professeur ordinaire soit par retraite, décès ou autre). Par conséquent, le poste et les heures de cours correspondantes disparaissent.

⁷⁴⁴ WOLFF T., 2007, « The history of the Zoological Museum, University of Copenhagen », <http://www.zmuc.dk/HeadWeb/old-museum.htm>

⁷⁴⁵ Elles ne seront réunies qu'en 1864 au *Mineralogisk Museum*, à l'Université de Copenhague.

⁷⁴⁶ Rigsdaler ou Rdlr. : monnaie du nord de l'Europe à cette époque. Le 1^{er} janvier 1875, la couronne danoise est mise en circulation au taux de 2 couronnes pour 1 rigsdaler. En 1820-1830, 1 rigsdaler vaut environ 3 à 4 francs-

augmentée de la collection de son père⁷⁴⁷. En outre il fit un don annuel de 200 rigsdalers pour enrichir les collections et autant pour un salaire de professeur permettant aux sciences de la nature d'avoir deux postes de professeur d'université. Gregers Wad devient le premier professeur de minéralogie et gestionnaire du *Mineralogisk Museum* appartenant au cabinet d'histoire naturelle du Comte Moltke à l'Université⁷⁴⁸. Johannes H. Reinhardt (1776-1845) fut nommé professeur extraordinaire de zoologie. Wad put alors se consacrer à la minéralogie, à la géognosie de Werner qu'il admirait et s'occuper des trois grandes collections minéralogiques : celle de Rosenborg (à partir de 1802) réunie à celle de la Société d'histoire naturelle en 1805 dans le *Museum* royal d'Histoire naturelle et celle du Musée minéralogique de l'Université en 1810, collections dont il dressa un catalogue.

Il a donc fallu attendre le tout début du XIXème siècle pour qu'un enseignement de l'histoire naturelle se développe à l'Université de Copenhague mais il y avait bien longtemps que la minéralogie et les fossiles attiraient les hommes curieux et avides de connaissances. Le contenu des collections privées, royales et universitaires successives le démontrent amplement. Parmi ces « raretés » et « merveilles » reviennent fréquemment des échantillons de pays lointains comme le Groenland, l'Islande et les îles Féroé, d'autant plus importants et intéressants que ces minéraux ne se trouvent pas dans le Danemark continental ou les îles voisines recouverts pour l'essentiel par des formations rocailleuses ou argileuses monotones et sans grand intérêt bien qu'elles soulèvent la question de leur formation.

or (chiffre obtenu en croisant les diverses informations trouvées dans CHRISTENSEN, D.C., 2013, *op. cit.*, p. 139 et sur le site <http://www.histoire-genealogie.com/spip.php?article398> .

⁷⁴⁷ Sans doute un artifice financier pour éviter la dispersion ou la vente des collections de l'Université.

⁷⁴⁸ http://geologi.snm.ku.dk/om_geologisk_museum/geologisk_museums_historie/historie2/.

2- Johan Georg Forchhammer (1794-1865) « fleuron » de la géologie danoise

Il ne fait guère de doute que Forchhammer (fig. d) fut l'un des personnages centraux de la géologie danoise naissante au début du XIX^{ème} siècle. Pourtant, son lien avec la culture danoise ne tombait pas sous le sens. Né le 26 juillet 1794 à Husum dans le duché de Schleswig (fig. a), l'allemand est sa langue maternelle. À cette époque, le duché de Schleswig était, comme les duchés de Holstein et de Lauenburg et bien que de langue et de culture germaniques, en Union personnelle avec le Danemark, c'est-à-dire que le roi du Danemark y régnait à titre personnel en tant que duc. À la mort du roi Christian VIII en 1848, le prince héritier Frédéric accède au trône sous le nom de Frédéric VII, sans descendance bien que deux fois marié et divorcé. C'est pourquoi il revendique le rattachement de ses trois Duchés au Royaume du Danemark mais le Schleswig-Holstein réclame son indépendance. Eclate alors un conflit (la première guerre du Schleswig, 1848-1851) opposant le Danemark à la Confédération germanique. Lorsque Frédéric VII meurt le 15 novembre 1863, son successeur, Christian IX, accède au trône par descendance féminine alors que la loi salique s'applique dans les Duchés. Commence alors une nouvelle guerre de succession entre la Confédération germanique et le Danemark, la guerre des Duchés, qui prit fin avec la cession à la Prusse et à l'Empire d'Autriche de ces trois duchés le 30 octobre 1864, un an avant la mort de Forchhammer. Le statut particulier du Schleswig par rapport au Danemark mettra à plusieurs reprises Forchhammer en position bien délicate.



Figure d – Johan Georg Forchhammer (1794-1865) âgé, par Peter Most (1826-1900).
Source : Royal Library, Copenhagen.

1- Être jeune, pauvre mais cultivé au Danemark en 1810

Forchhammer a grandi dans un milieu germanique cultivé mais peu aisé. Son père, Johan Ludolph Forchhammer (1764-1810), professeur et sous-directeur de l'école publique,

Borgerskole, de Husum puis directeur et professeur au séminaire de professeurs des écoles à Tønder, féru d'histoire naturelle, avait introduit cette discipline dans son enseignement. Sa mère Margrethe Elisabeth f. Wiggers avait fort à faire avec 6 garçons et une fille. C'est au cours de longues randonnées sous la houlette de leur père que Forchhammer et son frère aîné Thomas (plus tard médecin à Flensburg) prennent goût, dès leur plus jeune âge, à l'histoire naturelle, notamment la botanique et la minéralogie. Curieux de tout ce qui l'entoure et avide de voyage, Forchhammer envisage de se tourner vers le commerce mais les guerres napoléoniennes en ce début de siècle en décidèrent autrement. Il n'a que 16 ans à la mort de son père en 1810 et doit donc travailler très tôt. Il trouve une place d'aide-pharmacien (*discipel på apothek*) à Husum, à environ 70 km de Tønder où vit encore sa mère et c'est à pied qu'il parcourt la distance pour aller la voir, bel entraînement pour les courses géologiques qu'il entreprendra plus tard. À la pharmacie de Husum, il étudie la botanique et acquiert ses premières compétences en chimie, bases des études en pharmacie de l'époque et bonne introduction à la minéralogie. Il y rencontre aussi le Docteur Friedlieb, médecin de Husum, qui ne manque pas de remarquer l'intelligence et le caractère plaisant du jeune homme, et trouve en lui une agréable compagnie pour ses excursions dans la région. En bon connaisseur des relations géognostiques de la région, le Docteur Friedlieb initie le jeune Forchhammer à cette science naissante et lui fait probablement profiter des discussions qu'il avait eues avec le naturaliste genevois Jean André de Luc⁷⁴⁹ (1727-1817) que le professeur Christoph Heinrich Pfaff (1773-1852), professeur de chimie à l'Université de Kiel, lui avait adressé, en 1804, pour visiter près de Husum la côte, les dunes, les digues et les blocs erratiques. Cette amitié entre le Docteur Friedlieb et le professeur Pfaff⁷⁵⁰ fut certainement déterminante pour l'avenir du jeune Forchhammer. Celui-ci peut s'inscrire en 1815 à l'Université de Kiel comme étudiant en chimie et pharmacie grâce au poste d'assistant

⁷⁴⁹ Orthographe donnée par Garboe qui donne en référence : *de Luc, J.A. : Geological Travels Vol. I (1810), 117 f.*

⁷⁵⁰ Pfaff fit sa scolarité à la *Hohe Karlsschule* à Stuttgart (Académie Caroline de Stuttgart) où il se lia d'amitié avec Cuvier, de quatre ans son aîné. Cette amitié repose sur leur commun intérêt pour les sciences comme le montre les « *Lettres de Georges Cuvier à C.M. Pfaff sur l'histoire naturelle, la politique et la littérature 1788-1792* » traduites de l'allemand en 1858 par Louis Marchant, avec cette erreur : C.M. (*i.e.* C.H.) Pfaff. Pfaff est avant tout un physicien. Sa thèse, très remarquée, porte sur l'électricité animale, mais il est bon connaisseur dans de nombreux domaines. Alors qu'il termine ses études à la *Hohe Karlsschule*, en mars 1792, Cuvier lui fait une « *esquisse* » de la théorie de Deluc dans les lettres à Delaméthérie. Professeur de physique et chimie à l'Université de Kiel depuis 1798, Pfaff devient très rapidement un expert des phénomènes galvaniques et voltaïques. À côté de ses travaux en physique, il poursuit des travaux en chimie et pharmacie comme des recherches sur la composition de la caféine avec Justus Liebig. Parlant couramment l'allemand, le danois, le français, l'anglais et l'italien, il eut de nombreux contacts avec de grands savants comme Cuvier, Ørsted, Volta, Lagrange, Ohm, Liebig, Faraday, etc. et fut un lien important dans la vie scientifique de l'Europe du Nord et du Sud. Il fut donc une figure marquante de la science au Danemark et son laboratoire à l'Université de Kiel fut à une période le mieux équipé du royaume. In KRAGH H., 2003, « Volta's Apostle ; Christoph Heinrich Pfaff, Champion of the Contact Theory », Fabio Beviacqua et Lucio Fregonese (éds.), *Nuova Voltiana Studies on Volta and his Times*, volume 5, p. 69-82. <http://ppp.unipv.it/pagesIT/NuovaVolt5Frame.htm>

que lui propose le professeur Pfaff qui enseignait non seulement la chimie mais aussi la minéralogie à partir d'une collection de minéraux rangés selon le système cristallographique de Haüy. Forchhammer se perfectionne ainsi en minéralogie et commence sa propre collection lors d'un voyage qu'il entreprend avec son frère Thomas dans le Harz, région d'intérêt géologique et minier par excellence. Il enrichira cette collection tout au long de sa vie. Au printemps 1818, il quitte Kiel pour Copenhague, une lettre de chaudes recommandations du professeur Pfaff en poche et dans l'espoir de trouver un travail dans l'usine de gaz qu'Ernst Schimmelmann (1743-1831), politicien et industriel germano-danois, voulait construire. Mais ce projet n'aboutit pas et Forchhammer, sans travail ni ressources, prend contact avec Hans Christian Ørsted, professeur de physique et chimie à l'Université de Copenhague.

2- Comme Ørsted, Forchhammer est un homme de sciences issu des lumières

Il se trouvait que l'assistant-secrétaire d'Ørsted, William Christopher Zeise (1789-1847), venait de quitter Copenhague. Comme il n'existait pas, à l'époque, de chaire de chimie distincte, Zeise, spécialiste en chimie analytique et *organiske Chemi*, n'avait pas d'avenir immédiat à Copenhague. Aussi, à la fin de son doctorat, il était parti étudier et travailler à l'étranger, d'abord à Göttingen puis à Paris. Zeise s'attardant chez Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) à Paris, Ørsted (fig. e) se trouve *de facto* sans assistant. Au mois d'avril 1818, n'ayant pas d'autre étudiant en chimie, il engage Forchhammer comme assistant en chimie et secrétaire pour 200 Rdlr.⁷⁵¹ par an⁷⁵². Il n'est pas sans intérêt de noter qu'Ørsted, fils de pharmacien de Rudkøbing, avait eu un parcours assez similaire à celui de Forchhammer et avait la réputation d'aider et soutenir les jeunes gens qui lui semblaient



Figure e – Hans Christian Ørsted (1777-1851)
Peinture de C. W. Eckersberg, 1822. Source :
<http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/Hommes/oer/Hans%20Christian%20Oersted.pdf>

⁷⁵¹ Environ 400 à 600 francs-or.

⁷⁵² Christensen, D.C., 2013, *op. cit.*, p. 314.

avoir du talent. Ce fut le début d'une longue amitié et d'un soutien sans faille d'Ørsted pour Forchhammer.

L'expédition à Bornholm : l'apprentissage de la géologie

En 1794, la Société royale danoise d'Agriculture avait envoyé une expédition dans l'île de Bornholm pour déterminer la présence éventuelle de charbon dans l'espoir d'aller vers l'autosuffisance du Danemark et de la Norvège. Cette expédition avait conduit à établir la première carte pétrographique de l'île de Bornholm, mais n'avait pas démontré la possibilité ou l'intérêt d'une exploitation minière. La même question se pose quelques années plus tard. En 1818, le Danemark qui a perdu en 1814 la Norvège où se trouvaient les seules mines en exploitation du Royaume ainsi que l'École des Mines, a un cruel besoin d'énergie et est à la recherche de charbon pour ses machines à vapeur. Trouver un moyen de remédier à la dépendance vis-à-vis du charbon anglais était devenu crucial. Or, en août 1818, l'anglais David Coulthard qui avait trouvé du charbon à Bornholm dépose une demande d'exploitation espérant une participation (majoritaire) du Roi. Cette demande qui préjugait de la présence conséquente de charbon à Bornholm, ravive les espoirs. Le ministère de l'agriculture nomme alors une commission composée du professeur Ørsted et du conseiller à la cour Lauritz Esmarch⁷⁵³ (1765-1842) pour déterminer la faisabilité du projet de Coulthard, rechercher outre le charbon, du minerai de fer et autres matières premières à Bornholm et déterminer leur exploitabilité. Cela nécessitait une véritable étude géologique de Bornholm. Ørsted, heureux de montrer que la science pouvait être utile au pays mais qui n'avait qu'une connaissance livresque de la géologie, peu utile sur le terrain, avait besoin d'un géologue. Un spécialiste de l'exploitation minière, C. Münster (1779-1856), fut pressenti mais celui-ci, déjà engagé dans une mission en Norvège, ne peut se joindre à la commission. Ørsted obtient du roi Frederick VI d'emmener avec lui, à la place de Münster, son assistant Forchhammer, chimiste et minéralogiste. Celui-ci n'était pas à proprement parlé géologue mais, comme beaucoup de savants à l'époque, il avait acquis quelques notions dans sa sphère d'intérêt, la géologie, par ses lectures et ses sorties sur le terrain, notamment dans le Harz avec son frère et dans le Schleswig avec le Dr Friedlieb.

Les trois membres de la commission embarquent en septembre 1818 pour Bornholm et arrivent le lendemain à Rønne, chef-lieu de l'île. Aussitôt au travail, pendant cinq semaines, ils arpentent

⁷⁵³ Son frère, Jens Esmarch (1763-1839) étudia la minéralogie et la métallurgie à l'École des Mines ou *Bergseminaret* de Kongsberg, avant d'étudier le neptunisme pendant un an à l'École des mines de Freiberg avec Abraham Gottlob Werner. Puis il fut professeur de minéralogie au *Bergseminaret* de Kongsberg à partir de 1802.

l'île dans tous les sens, visitent les forages de Coulthard, une ancienne mine de charbon et confirment la présence de charbon de bonne qualité (et non du lignite comme l'a montré leurs échantillons). Mais, en supposant l'existence de veines de charbon plus profondes, ils en surestiment la quantité. L'observation de veines conséquentes de minerai de fer au sud comme au nord de Rønne les amène à donner dans leur rapport un avis favorable à la demande de Coulthard. La production de fer pourrait se faire avec le charbon de Bornholm comme combustible. Dans son rapport, Ørsted signale aussi la découverte de schistes alumineux de qualité suffisante pour l'extraction de l'alun nécessaire au tannage des peaux, de kaolin qui pourrait servir à la manufacture royale de porcelaine, d'une argile pour la fabrication du ciment et enfin la possibilité d'extraire du cuivre et du plomb. Ørsted montre ainsi que le voyage d'étude à Bornholm était une heureuse combinaison de la science géologique et de la technique qui permettrait l'essor économique du pays.

En février 1819, après lecture du rapport d'Ørsted, le gouvernement recommande la requête de Coulthard à l'approbation royale et reconduit dans le même temps la commission pour poursuivre ses travaux. Les membres de cette nouvelle expédition, les trois mêmes, partent en juillet 1819. Ils avaient décidé de passer tout d'abord par la Scanie pour y étudier les formations correspondant à celles de Bornholm et mieux connues et ainsi parfaire leurs connaissances, connaissances indispensables à l'étude de Bornholm. Pour cela ils observent les gisements et visitent la mine de charbon de Höganäs et les collections minéralogiques de l'Université de Lund⁷⁵⁴. Ils discutent de la qualité des matières premières avec les minéralogistes suédois notamment ceux de l'Université de Lund comme Sven Nilsson (1787-1883) naturaliste, paléontologue et archéologue avec lequel Forchhammer aura par la suite une correspondance abondante sur des questions géologiques. Riches de ces données, ils se rendent à Bornholm pour leur deuxième étude. Le rapport de leurs nouvelles recherches confirme leur premier avis mais reçoit de nombreuses critiques notamment à cause du caractère hypothétique des quantités de charbon et de minerai de fer disponibles. L'optimisme du rapport quant à l'exploitabilité des gisements s'avérera très exagéré mais en aucun cas frauduleux contrairement à ce que laisseront supposer certaines attaques de l'avocat à la cour martiale Hermann Schaffer.

⁷⁵⁴ « Rapport sur une étude du règne minéral de Bornholm, réalisée en 1819 sur ordre royal financé par le Trésor. » ØRSTED H.C. et ESMARCH L., 1820, *Beretning om en Undersøgelse over Bornholms Mineralrige, udført 1819 efter Kongeling Befaling gennem Rentekammeret*, Copenhagen, Schniziske Officin, p. 5.

Quelle fut la part prise par Forchhammer dans ces deux expéditions ? Les rapports d' Ørsted et Esmarch n'en disent rien si ce n'est un éloge marqué de Forchhammer, très apprécié par Ørsted. Ainsi, au tout début de son deuxième rapport au Roi, en 1820, Ørsted écrit :

*Départ le 21 juillet 1819. Emmené avec nous Forchhammer, qui a pris la part la plus active au travail de la commission. Le 21 juillet, nous avons quitté Copenhague et s'est joint à nous le même étudiant (maintenant Dr. Phil.) Forchhammer, qui avait pris part à nos travaux en 1818. Nous nous sommes donné la liberté dans notre premier rapport de le recommander comme celui qui avait contribué à nos objectifs, avec le même zèle que s'il avait été nommé membre de la commission. Sa collaboration, cette année, ne nous a pas été moins utile, et même d'autant plus nécessaire que la nature de nos entreprises cette fois exigeait plus souvent qu'en différents points de l'île, en même temps, nous devions laisser faire des ouvriers qui avaient besoin de superviseurs experts [...]. Nous ne pouvons que répéter tout l'avantage que, dans notre rapport soumis l'année précédente, nous avons dit à propos de notre aide et répéter particulièrement le souhait que, si notre travail peut avoir la chance de mériter l'approbation de votre Majesté et du Collège royal, il peut aussi jouir de sa part.*⁷⁵⁵

Quoi qu'il en soit, il est certain que pour Forchhammer ce fut une bonne école pour acquérir les fondements de la géologie. Les objectifs de ces deux expéditions, bien qu'en premier lieu à finalité industrielle et économique plutôt que scientifique, nécessitaient une étude géologique approfondie de l'île de Bornholm. Forchhammer venait de faire ses premières armes sur le terrain du moins dans le cadre d'une étude d'une telle ampleur et prenait goût à la géologie. Il avait pu ainsi étudier et se familiariser avec les granites et gneiss des « Urbjerger »⁷⁵⁶, les

⁷⁵⁵ « Afreist d. 21 Julii 1819. Medtaget Forchhammer, som paa det virksomste har deeltaget i Commissionens Arbeidet. Den 21 de Julii forlode vi Kjøbenhavn, og forenede med os samme Studiosus (nu Dr. Phil.) Forchhammer, som i Aaret 1818 deeltog i vore Arbeider. Vi gave os den Frihed i vor første Indberetning at anbefale ham, som den der havde medvirket til vort Øiemed, med samme Iver, som om han havde været udnævnt Medlem af Commissionen. Hans Medvirkning har i Aar været os ikke mindre nyttig, og for saavidt endog mere nødvendig, som vore Forretningers Natur denne Gang oftere krævede, at vi paa forskjellige Punkter af Øen, paa lige Tid, maatte lade udføre Arbeider, der trængte til sagkyndigt Tilsyn, [...]. Vi kunne ikke andet end gjentage alt det Fordeeltige vi i vor underdanige Beretning afforrige Aar have sagt om denne vor Medhjælper, og gjentage i Særdeleshed det Ønske, at, dersom vort Arbeide maatte være saa heldigt at fortjene Hans Majestæts og det Kongelige Collegii Bifald, han ogsaa maatte nyde sin Deel af dette. » ØRSTED H.C. et ESMARCH L., 1820, *op. cit.*, p. 3-4.

⁷⁵⁶ Il reprend ici, en danois, les termes de la classification de Werner : *Urgebirge*, *Übergangsgebirge* et *Flötzegebirge* qui sont les noms donnés par Werner pour désigner respectivement les terrains primitifs (roches cristallines et/ou métasédiments), les terrains intermédiaires ou de transition (essentiellement les couches hercyniennes inclinées et fossilifères) et les terrains « en couches » c'est-à-dire stratifiés. In GOHAU G., 1990, *op. cit.*, p. 119.

« *Overgangsbjerg* » ou formation de transition avec les grès de Nexø et le « *Grauwacke* » (schistes verts et schistes alumineux du sud de l'île) et les « *Flötsbjerg* » avec les formations de charbon et les formations jurassiques et crétacées. Il a ainsi cherché à comparer certaines de ces formations à d'autres similaires en France et en Angleterre, et il s'est intéressé à quelques problèmes géologiques et minéralogiques dont il poursuivra l'étude bien des années plus tard, comme la kaolinisation, la formation des schistes alumineux, la succession des âges des formations et l'origine des formations de surface comme résultant d'un flot venant du nord-est, direction établie par le minéralogiste et géologue réputé de Göttingen, Johann Friedrich Hausmann (1782-1859) lors de son voyage en Scandinavie⁷⁵⁷ en 1806-1807, etc.

Ces recherches à Bornholm donnaient une nouvelle orientation à la carrière de Forchhammer. De chimiste, il devint géologue, mais l'usage de la chimie ne le quittera pas.

Naissance de la théorie géognostique de Forchhammer

En dehors des voyages à Bornholm, Forchhammer vit assez chichement à Copenhague grâce à son poste d'assistant et les quelques cours que lui confie Ørsted. Ces débuts dans l'enseignement sont pour lui une nouvelle difficulté car les cours se donnent en danois, langue qu'il ne maîtrise pas aussi bien que sa langue maternelle, l'allemand. La langue n'avait jamais été un problème pour lui jusque-là, l'allemand étant parlé dans tous les cercles danois et Ørsted le parlant couramment ainsi que le français. Vu la situation financière précaire de Forchhammer, Ørsted lui propose d'habiter une pièce à côté du laboratoire qu'il avait installé au-dessus de son vaste logement dans la Nørregade près de l'Université.

Ainsi, Forchhammer est-il à pied d'œuvre pour faire ses expériences de chimie et rédiger sa thèse de doctorat, « *de Mangano* », en latin comme cela se faisait, thèse qu'il soutint avec succès le 1^{er} avril 1820. Ce sujet de thèse sur deux acides de manganèse semble lui avoir été inspiré davantage par son travail sur le manganèse aux côtés du professeur Pfaff à Kiel que par son travail auprès d'Ørsted. Ce dernier l'incite à en publier un résumé en anglais⁷⁵⁸ dans les *Annals of Philosophy* de Thomas Thomson à Glasgow⁷⁵⁹ et en fait un bref mais élogieux compte-rendu

⁷⁵⁷ RUDWICK M.J.S., 2014, *Earth's Deep History. How It Was Discovered and Why It Matters*, Chicago and London, University of Chicago Press, carte de la fig. 7.7, p. 173.

⁷⁵⁸ On two Acids of Manganese, the Manganeseous and the Manganesic Acids. By Dr. G. Forchhammer. *Annals of Philosophy*, 1820, 16, p. 130-137.

⁷⁵⁹ Le titre complet étant *Annals of Philosophy ; or, Magazine of Chemistry, Mineralogy, Mechanics, Natural History, Agriculture, and the arts*. By Thomas Thomson, Regius Professor of Chemistry in the University of Glasgow, member of the Geological Society, of the Wernerian Society, and of the Imperial Medico-chirurgical Academy of Petersburg. Les *Annals of Philosophy* sont imprimées à Londres chez Baldwin, Cradock, and Joy.

dans son rapport sur l'année 1819-1820 à l'Académie Royale des Sciences, *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*, tout en rappelant le rôle joué par Forchhammer à Bornholm⁷⁶⁰.

Enfin, c'est grâce à la recommandation d'Ørsted, que Forchhammer a obtenu le 27 février 1819, auprès de la fondation *ad usus publicos*⁷⁶¹, une bourse de voyage de 800 Rdlr. par an sur deux ans pour « *un jeune homme assidu, talentueux et modeste* » afin d'étudier non seulement la géologie théorique mais aussi ses applications en Angleterre⁷⁶². Mais il diffère son départ d'un an pour participer à la seconde expédition à Bornholm et c'est en mai 1820, peu après sa soutenance de thèse qu'il part en Angleterre puis en Écosse. Son voyage en Angleterre prend une tournure très géologique mais il n'oublie pas les aspects techniques des applications possibles des connaissances géologiques. Il met à profit son voyage pour rendre visite à des hommes de science anglais⁷⁶³ mais il visite aussi des mines et des usines (forges, travail de l'alun, sucreries, etc.). C'est au cours de ce voyage que prend forme sa théorie globale des relations géognostiques du nord de l'Europe qui va guider l'ensemble de ses travaux géologiques jusqu'à l'élaboration d'une première carte géognostique du Danemark (voir ch.I-3).

Ainsi, toujours grâce à la recommandation d'Ørsted, Forchhammer obtient une nouvelle bourse d'étude de la fondation *ad usus publicos* le 6 mars 1821, d'un montant de 1000 Rdlr. pour faire un voyage géognostique aux îles Féroé.

Retour à Copenhague : toujours pas de poste

Au retour des îles Féroé et du Jutland – *Jylland* en danois - où il s'attarde pour une étude rapide des formations géologiques, à la fin de 1821, Forchhammer est à nouveau sans travail. Comme pour Zeise en chimie, il n'y a pas de chaire de minéralogie ni de géologie. La minéralogie est incluse dans la chaire d'histoire naturelle avec la zoologie, chaire occupée depuis 1803 par Gregers Wad (1755-1832), et il n'existe pas d'enseignement en tant que tel de géologie. Wad,

⁷⁶⁰ Oversigt over det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Forhandling fra 1814 til 1822 af Professor Ørsted, in *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Naturvidenskabelige og Mathematiske Afhandlinger*, 1824, I. Deel, p. LXIII-LXIV. Aperçu sur les travaux de l'Académie royale de Sciences de 1814 à 1822 par le Professeur Ørsted, p. LXIII-LXIV.

⁷⁶¹ Cette fondation royale danoise, fond d'utilité publique, fondée en 1765 et abrogée en 1842, avait pour objectif de contribuer au soutien des activités culturelles, littéraires et scientifiques pouvant servir au développement du pays, notamment par des subventions pour des voyages d'étude à l'étranger. Elle jouera un grand rôle dans le développement des sciences et la formation de jeunes scientifiques.

⁷⁶² *Fonden ad usus publicos* II (1902) 284 f.

⁷⁶³ Il existe un certain flou sur l'identité de ces hommes, sans doute William Prout, Humphry Davy, John Dalton, William Hyde Wollaston, Robert Jameson et peut-être Lyell mais ceci n'apparaît pas dans leur correspondance ultérieure. La lettre de Lyell à Forchhammer du 15 octobre 1829, introduite par Robert Allan, laisse penser que Lyell et Forchhammer ne s'étaient encore jamais rencontrés en 1829.

cependant, qui préfère la minéralogie et la géognosie, impressionné par la théorie neptunienne de Werner, l'inclut dans son enseignement. D'autre part, Wad est chargé des collections naturelles de l'Université. Dans les années 1820, il y a au Danemark trois grandes collections naturelles. La première est celle du Musée minéralogique de l'Université dont s'occupe Wad.

La deuxième collection, celle du Musée royal d'Histoire naturelle, *Det Kongelige Naturhistoriske Museum*, vient tout juste d'être confiée à un jeune géologue, Jacob Hornemann Bredsdorff (1790-1841). Fils du pasteur Morten Thomsen Bredsdorff à Vester Skerninge et de Ellen Cathrine Hornemann, sœur du professeur de botanique de l'Université de Copenhague Jens Wilken Hornemann (1770-1841), Bredsdorff (fig. f) reçut la médaille d'or de l'Université pour une thèse sur la question « Que nous apprend la Terre elle-même sur son origine et sur le moment où elle a été habitée par des animaux et des plantes ? ». Grâce à une bourse de la fondation *ad usus publicos*, il visite le nord de l'Italie, la France et l'Allemagne où il étudie la géologie pendant un an à Göttingen chez Hausmann. En 1822, il est donc chargé de la collection du Musée royal d'Histoire naturelle et donne simultanément des cours de minéralogie à l'Université de 1824 à 1828. Très actif durant cette période, il publie de nombreux articles sur ses recherches et observations de terrain en géologie et minéralogie ainsi que des traductions de travaux étrangers dans *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, Journal pour les sciences de la nature, dont il est co-éditeur et l'un des principaux contributeurs. Son manuel de géologie publié en 1827 restera longtemps après sa mort le seul de ce type en danois. En 1828, il quitte Copenhague pour un poste de chargé de cours de minéralogie et botanique à *Sorø Akademi* dans l'ouest de la Sjælland où il s'éteint en 1841.

Christian Pingel (1793-1852) lui succédera en 1829 mais, bien que véritable minéralogiste et géologue, de nature discrète et personnage singulier d'après ses contemporains, il aura des difficultés à faire valoir ses travaux.

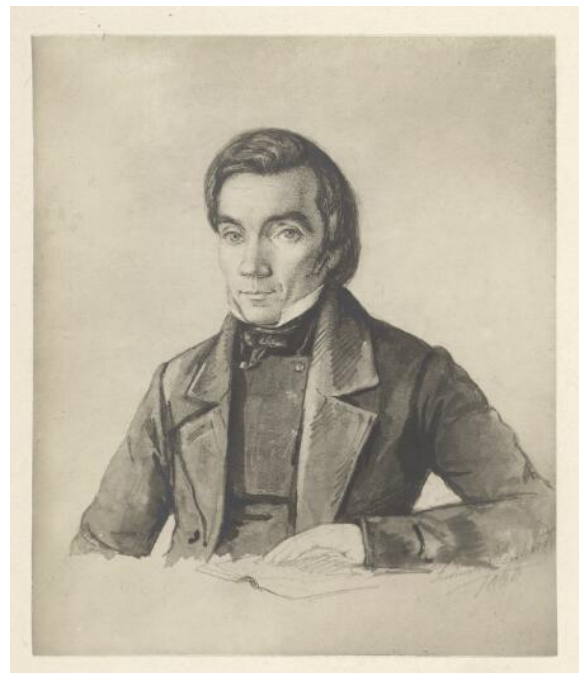


Figure f – Jacob H. Bredsdorff (1790-1841). Crayon et encre du 14 octobre 1840 de Ferdinand Richardt. Source : kb.dk.

La troisième collection et non des moindres est la collection du Cabinet minéralogique particulier du Prince Christian Frederik, *Particulære Mineraliekabinet* à Amalienborg. Le



Figure g – Sa Majesté le Prince Christian Frederik de Danemark (1786-1848), couronné en 1839 sous le nom de Christian VIII. Homme de science, il sera partie prenante dans la controverse sur la craie de Møn. Peinture de C.A. Jensen vers 1827.

Source : royaltyguide.nl

Prince Christian Frederik (1786-1848), (fig. g), cousin du roi Frederik VI mort sans postérité, lui succèdera en 1839, sous le nom de Christian VIII. Le Prince, grand amateur d'histoire naturelle et bon connaisseur, y compris en géologie et technique, publia plusieurs ouvrages scientifiques. Il fit beaucoup pour le développement et le progrès des sciences au Danemark dans cette première moitié du XIX^{ème} siècle. Il était membre de plusieurs sociétés savantes comme, dès 1833, la Société Géologique de France à laquelle il fit don d'un ensemble de roches des îles Féroé. Surtout, il acquit une collection d'histoire naturelle remarquable, *Particulære Kabinet*⁷⁶⁴, collection minéralogique et malacologique privée⁷⁶⁵.

En 1821, la collection de minéralogie est entre les mains d'Edouard Vargas Bedemar (1770-1847), d'origine danoise mais qui a longuement vécu en Italie. Soupçonné d'intrigues politiques et suivi d'une réputation sulfureuse, il doit s'exiler et voyage en Europe plusieurs années avant de se fixer au Danemark⁷⁶⁶. Excellent minéralogiste, il collecte lors de ses voyages, soit par achat soit par échange, de nombreux minéraux (nouveaux minéraux et minéraux de nouveaux sites), enrichissant considérablement la collection minéralogique du Prince. Polyglotte, en contact avec des savants et des négociants de tous pays, ses travaux sont mieux connus et reconnus à

⁷⁶⁴ Cette précieuse collection rejoindra le *Mineralogisk Museum* de l'Université à la mort du roi Christian VIII en 1848, don de son fils et successeur Frederik VII.

⁷⁶⁵ Lyell dira dans son journal que la collection de sa Majesté est l'une des plus belles d'Europe, sinon la plus belle. Journal. To his wife. Copenhagen, June 1, 1834. In LYELL Ch., edited by LYELL K. M., 2010, *Life, letters and journals of Sir Charles Lyell, Bart*, vol.1, Cambridge, Cambridge University Press, p. 411.

⁷⁶⁶ Il sera cependant toujours considéré comme un étranger, en témoigne sa position sur la liste des membres étrangers de l'Académie royale des Sciences.

l'étranger qu'au Danemark. Ainsi, il développe et classe la collection du Prince selon le système de l'Abbé René Just Haüy, (1743-1822) lui donnant une renommée considérable.

Quant à la collection de zoologie, elle est tenue par Henrick Henricksen Beck⁷⁶⁷ (1799-1863) dès les années 1820, après qu'il a remporté la médaille d'or de l'Université en 1823 pour ses travaux sur les papillons. Beck se tourne ensuite vers la malacologie, domaine où il est très apprécié et qui le conduit tout naturellement vers la paléontologie. Son sens aiguisé de l'observation des formes et de leur signification systématique lui permit de devenir le meilleur paléontologue danois du moment. Pourtant, sans le soutien indéfectible du Prince Christian Frederik, il n'aurait jamais été accepté dans le département de zoologie du Musée royal d'Histoire naturelle du fait de ses problèmes de santé qui étaient, selon les sources, une maladie probablement nerveuse qui le rendait instable⁷⁶⁸ ou des problèmes d'alcool⁷⁶⁹. Il entre au Musée royal d'Histoire naturelle en 1829 comme assistant de Johannes Hagemann Reinhardt (1776-1845), professeur de zoologie mais, malgré ses travaux paléontologiques de grande qualité, il est démis en 1848⁷⁷⁰ à la mort du roi Christian VIII (le Prince Christian Frederik ayant été couronné en 1839). Son instabilité, son inconstance fit qu'il ne termina jamais ce qui devait être son grand œuvre, sa *Gæa Danica*, c'est-à-dire la description et la représentation de tous les fossiles danois.

Ainsi, lors du retour de Forchhammer à Copenhague à la fin de 1821, tous les postes sont occupés. Il n'y a de place pour Forchhammer ni à l'université ni à la conservation des collections.

Partir ou non

Forchhammer, après un court voyage en Scanie à l'été 1822, publie ses observations sur le nord du Jutland⁷⁷¹ en 1822 et sur les îles Féroé en 1823⁷⁷² et il trouve un poste de technicien dans le laboratoire des couleurs de la Manufacture royale de porcelaine, mais si peu rémunérateur,

⁷⁶⁷ L'orthographe des prénoms de Beck est extrêmement variable. Selon les sources, on trouve Henrich Henrichsen Beck ou Henrik Beck ou Henrick Henricksen Beck.

⁷⁶⁸ GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p. 214.

⁷⁶⁹ HYLLEBERG J., 2009, « Cardiidae (Mollusca : Bivalvia) in the collection of Statens naturhistoriske Museum, previously the Zoological Museum, University of Copenhagen (ZMUC). Annotated and revised. Part 1 (of 2) » *Steenstrupia* 31 (1), p. 24.

⁷⁷⁰ Il fut démis à la mort du roi en 1848 de sa charge à la collection particulière du roi Christian VIII et en 1849 de sa charge au Musée royal d'Histoire naturelle.

⁷⁷¹ « *Om Danmarks geognostiske Forhold* » in *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, Vol.1 Copenhague, 1822, p. 370-389.

⁷⁷² « *Om Færøernes geognostiske Beskaffenhed* » in *Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter*, 1826, *Række* 4, 2-5, p. 159-206, 6 pl.

quoique logé, qu'il songe à repartir en Allemagne ou dans le Schleswig-Holstein où étaient fixés trois de ses frères, August Friedrich (1797-1870), juriste et historien et Peter Wilhelm (1803-1894), philologue et archéologue, tous deux restés à Kiel et l'aîné, Thomas, très proche de Georg, médecin à Flensburg.

Cependant, Ørsted fait tout pour le garder à Copenhague. En 1822-1823, Ørsted parcourt l'Europe pour présenter ses résultats et faire la démonstration de sa grande découverte, l'électromagnétisme. En avril 1823, devant se rendre à la Royal Society après son séjour à Paris et ne pouvant *de facto* pas assurer ses cours de physique à l'Université de Copenhague, il propose Forchhammer pour le remplacer. Celui-ci n'est pas physicien mais il avait assisté Ørsted dans ses travaux et traduit en allemand le manuel de physique mécanique d'Ørsted⁷⁷³. Le 17 mai de cette même année, Forchhammer est donc chargé de cours (*lektor*) en physique⁷⁷⁴ à l'Université, physique à laquelle s'ajoute de la minéralogie le 21 novembre 1823⁷⁷⁵.

Ørsted qui a toujours souhaité allier science et technique, a été très intéressé par la visite de l'École polytechnique lors de son séjour à Paris en 1822. Dès son retour, il œuvre pour la création, sur ce modèle, d'une école polytechnique au Danemark. Son projet aboutit enfin lorsque, par rescrit royal du 27 janvier 1829, l'École polytechnique de Copenhague dont il prend la direction, est créée et reliée à l'Université. Aussitôt, Ørsted, fait nommer ses deux protégés, Zeise professeur de chimie et Forchhammer professeur de minéralogie et chimie pour 800 Rigsdalers annuels chacun. Ce poste était équivalent à celui de professeur ordinaire de l'Université. En outre, Forchhammer reçoit des Finances publiques 400 Rigsdalers pour son déménagement de la Manufacture royale à Copenhague. Cette nomination de Forchhammer à ce poste montre à quel point Ørsted l'appréciait, non seulement pour ses connaissances et son travail méthodique, mais aussi pour ses qualités humaines, homme jovial, énergique, ouvert d'esprit et plein d'initiative.

Quant à la faculté de philosophie de l'Université, il y a deux postes pour l'histoire naturelle, un poste de professeur ordinaire occupé par Wad en minéralogie et un poste de professeur extraordinaire⁷⁷⁶ occupé par Reinhard en histoire naturelle. En 1830, Wad a 75 ans (il mourra

⁷⁷³ Christensen, D.C., 2013, *op. cit.*, p. 389.

⁷⁷⁴ Les sources divergent à ce propos. Selon Garboe, il est nommé lektor de chimie et selon Christensen, il le serait en physique. En fait, il s'agissait de remplacer Ørsted qui donnait des cours de physique et chimie et Zeise était déjà professeur extraordinaire de chimie. Zeise n'ayant pas de compétence en physique et n'étant pas réputé être un bon pédagogue, le choix de Forchhammer, peu argenté, s'imposait pour les cours de physique. (Cependant l'intitulé du poste pourrait être « chimie »). In CHRISTENSEN, D.C., 2013, *op. cit.*, p. 389.

⁷⁷⁵ GARBOE A., 1959, *op. cit.*, p. 227.

⁷⁷⁶ Ce titre est donné à une personne spécifique pour ses compétences et il cesse quand la personne se retire, en prenant d'autres fonctions par exemple.

le 25 mars 1832). Forchhammer sera nommé Professeur extraordinaire de Minéralogie, le 26 avril 1831 et prend en charge la collection minéralogique de l'Université, le *Mineralogisk Museum*. En réalité l'enseignement donné est plus large que ne le laisse supposer sa dénomination. Par exemple, son enseignement du semestre d'hiver 1837 à l'Université est composé de 3 heures par semaine d'oryctognosie⁷⁷⁷ (minéralogie et pétrologie)⁷⁷⁸. La période 1845-1850 est une période charnière à l'Université de Copenhague. Une faculté de Sciences Naturelles indépendante de la faculté de Philosophie est enfin créée en 1850 et Forchhammer devient son premier professeur de minéralogie, tout en restant professeur à l'École polytechnique. D'autre part, à la mort du roi Christian VIII, en 1848, les collections du Cabinet d'histoire naturelle du roi rejoignent les collections de l'Université et le cabinet minéralogique dont le conservateur, Vargas Bedemar, vient de décéder, est confié à Forchhammer.

En 1846, Ørsted est convié à assister comme invité d'honneur à la conférence annuelle de la BAAS, *British Association for the Advancement of Science*, qui doit se tenir à Southampton en septembre 1846. À près de soixante-neuf ans, Ørsted redoute les difficultés d'un tel voyage et demande non seulement à sa plus jeune fille, Mathilde, de l'accompagner mais aussi au Professeur Forchhammer et à sa femme⁷⁷⁹. Leur voyage dura deux mois et demi et ils passèrent deux semaines en Allemagne, de Berlin à Francfort et Cologne par la Lörelei, puis un mois entier à Paris avant de rejoindre Londres puis Southampton⁷⁸⁰. De cette longue amitié et du soutien d'Ørsted, Forchhammer garde une infinie gratitude. Ørsted meurt le 9 mars 1851.

3- 1851-1865 : reconnaissance et responsabilités

À la mort d'Ørsted, en 1851, Forchhammer lui succède au poste de directeur de l'École polytechnique et le restera jusqu'à sa mort en 1865. Il lui succède aussi en tant que secrétaire de l'Académie des Sciences à laquelle il avait été accepté dès 1825. À l'Université, devenu le premier professeur de minéralogie, il dynamise ce secteur et réorganise et enrichit les

⁷⁷⁷ Oryctognosie : mot formé à partir du grec oructos « fossile » (dans le sens de « tiré du sol », minéral à l'époque) et gnôsis « connaissance ». « L'oryctognosie comprend nécessairement deux parties distinctes : la *minéralogie*, ou la science qui a pour but l'étude des substances minérales, et la *pétrologie*, ou celle qui se propose d'étudier les roches ». In HUOT J.-J.-N., 1837. *Nouveau cours élémentaire de Géologie*, Tome 1, Paris, Librairie encyclopédique de Roret, p. 194.

⁷⁷⁸ À cet enseignement à l'Université, s'ajoute son enseignement à l'École polytechnique liée à l'Université : 2 heures de géognosie en général et du Danemark en particulier, 4 heures de la chimie du monde minéral et 4 jours par semaine à raison de 3 heures chacun, un enseignement pratique de chimie. Premier rapport annuel de l'Université de Copenhague, 1837, p. 80.

⁷⁷⁹ Forchhammer s'était marié en 1826 avec Louise Christiane Fugl qui meurt de tuberculose le 7 mai 1830 après avoir donné naissance à 3 enfants dont deux meurent en bas âge. Il épouse en secondes noces (1832) la demi-sœur de sa première femme, Emilie Marianne Fugl.

⁷⁸⁰ CHRISTENSEN, D.C., 2013, *op. cit.*, p. 585-589.

collections. Son activité au sein de l'Université comme de l'École polytechnique est une activité d'enseignement et d'organisation associée à des travaux de recherches. Homme de terrain infatigable, il réalise un travail considérable en géognosie dans les années 1820 à 1850 avec la publication de la première carte géologique du Danemark en 1835. Mais il restera toujours très attaché à la chimie (il publie d'ailleurs un manuel de chimie) et à la minéralogie. Il donnera une orientation chimique à ses travaux géologiques. Le gouvernement fera souvent appel à lui quand il s'agira de lancer de grands travaux d'utilité publique. Il participera à la mise en place de l'éclairage public (réminiscence du projet à l'origine de son arrivée à Copenhague) et permettra l'approvisionnement en eau de Copenhague par le forage de puits artésiens. Il sera recteur de l'Université de 1857 à 1859. À cela s'ajoute de nombreuses distinctions : conseiller d'état en 1851 etc., membre de nombreuses sociétés savantes en et en dehors de l'Europe.

De 1820 à 1865, il publiera plus de 200 articles ou mémoires, certains purement géognostiques, d'autres à visée essentiellement chimique comme ses manuels pour les étudiants en chimie, mais souvent mêlant ses deux domaines de prédilection, chimie et géologie. Ses études géognostiques de terrain s'accompagnent de l'étude chimique des roches ou de ses composants, de l'altération des minéraux comme la kaolinisation sur laquelle il travaillera abondamment, etc. À l'instar d'Ørsted, pour lequel il avait une grande admiration et beaucoup de reconnaissance, il s'intéressera à l'application des sciences aux techniques comme par exemple l'introduction du gaz à Copenhague, l'établissement d'une brigade de pompiers à Rosenborg et le forage de puits artésiens, ce dont témoigne le nombre de forages décrits dans ses carnets⁷⁸¹. Il serait trop long d'énumérer ici tous les domaines auxquels il a touché mais on ne peut passer sous silence ses travaux sur la composition en sels de l'eau de mer, travaux qui lui ont valu une reconnaissance internationale et dont les enseignements sont encore valables aujourd'hui, à quelques nuances près. Dans son éloge de Forchhammer devant la Société géologique de France, Auguste Daubrée (1814-1896) ajoute à cette liste « les ingénieuses expériences de M. Forchhammer, sur l'influence qu'a le sel marin à de hautes températures sur la formation des minéraux »⁷⁸², expériences aux résultats importants pour les géologues et les minéralogistes et traduisant son intérêt pour les roches métamorphiques.

Nombre de ses travaux, même si certains ont été contestés, ont servi de base pour des études ultérieures et impulsé une dynamique au sein des géologues danois. Ainsi, il a publié en 1835

⁷⁸¹ Les carnets de Forchhammer comme sa correspondance sont conservés dans le Fonds Forchhammer aux archives du *Statens Naturhistoriske Museum, Københavns Universitet* ou ASNM,

⁷⁸² DAUBRÉE A., 1866, « Annonce de la mort très-regrettable de M. Forchhammer », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 23, p. 307-308.

la première carte géologique du Danemark dans un livre fondateur de la géologie du Danemark « *Danmarks geognostiske Forhold* ». Dans les années suivantes, de nouvelles observations s'accumulent et Forchhammer envisage en 1843 d'en faire une nouvelle version enrichie mais en allemand cette fois-ci pour agrandir le cercle de diffusion de la géologie danoise⁷⁸³. En 1847, les premières épreuves sortent et sont corrigées par Forchhammer⁷⁸⁴. Mais les tensions politiques entre le Danemark et les trois Duchés – allemands - aboutissent, à la mort du roi Christian VIII, à la guerre de 1848⁷⁸⁵ et mettent fin au projet de Forchhammer. Ainsi, de la « Géologie du Danemark » en allemand, « *Die Gebirgsbildung des Königreichs Dänemarck* », ne seront publiés en 1847 que les onze premiers feuillets⁷⁸⁶. Le livre, inachevé, ne sera jamais publié. Il n'en reste que quelques ébauches annotées aux archives du SNM.

Par ses travaux, par sa position au sein de l'Université et à l'École polytechnique de Copenhague, par sa gestion des collections qu'il a classées et agrandies de ses propres échantillons danois mais aussi étrangers, et par la multitude des sujets auxquels il s'est intéressé, il était en contact avec de nombreux savants d'Europe et au-delà comme le montre sa correspondance. Il y est souvent question de demande de renseignements, d'échanges de point de vue et d'échantillons (minéraux, roches ou fossiles) ou tout simplement de recommandations de jeunes voyageurs. L'importance du fonds Forchhammer⁷⁸⁷ présent aux archives du *Statens Naturhistoriske Museum* - ASNM - montre à quel point il a dominé la géologie danoise et impulsé son développement au XIX^{ème} siècle. Ainsi, la période Forchhammer est considérée comme un âge d'or de la géologie danoise⁷⁸⁸.

⁷⁸³ Journal de Forchhammer 1843. In GARBOE A., 1961, *Geologiens Historie i Danmark, Forskere og Resultater*, Copenhague, C. A. Reitzel, vol.2, p. 101.

⁷⁸⁴ Des exemplaires de ces épreuves corrigées de la main de Forchhammer sont dans le fonds Forchhammer, aux ASNM.

⁷⁸⁵ Cette guerre oppose la Confédération germanique et le Danemark pour la possession des Duchés. A l'issue de cette guerre, en 1851, les Duchés resteront en union avec le Danemark mais les hostilités reprendront en 1864 à la mort du successeur de Christian VIII, Frederik VII, sous le nom de Guerre des Duchés ou deuxième guerre du Schleswig à la fin de laquelle le Danemark perdra les Duchés.

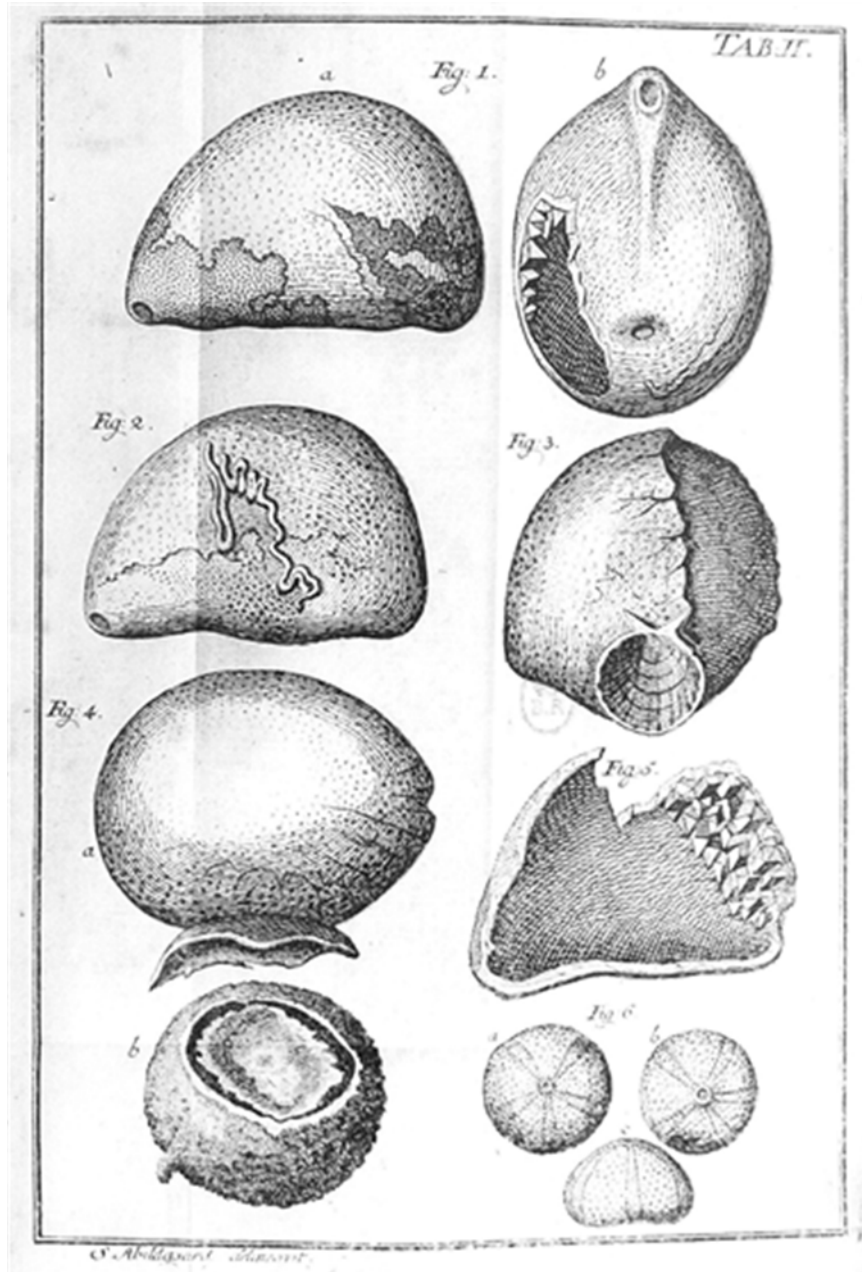
⁷⁸⁶ Correspondance entre J.G. Forchhammer et Sv.Nilsson de 1822 à 1845, in CLÉMENT A., 1922, *Breve til og fra J.G. Forchhammer*, II, *J.G. Forchhammer og Sv. Nilsson, 1822-1845*, Copenhague, H.H. Thieles, p. 33.

⁷⁸⁷ Le fonds Forchhammer était au *Mineralogisk Museum* de Copenhague comme l'indique Garboe (1959). Le *Mineralogisk Museum* devient en 1976 le *Geologisk Museum* qui fusionne en 2004 avec le *Zoologisk Museum*, le *Botanisk Museum* et le *Botanisk Have* (jardin botanique) en un seul et unique musée, le SNM ou *Statens Naturhistoriske Museum* ou Museum d'Histoire naturelle du Danemark, musée de l'Université de Copenhague, qui regroupe ainsi l'ensemble des archives.

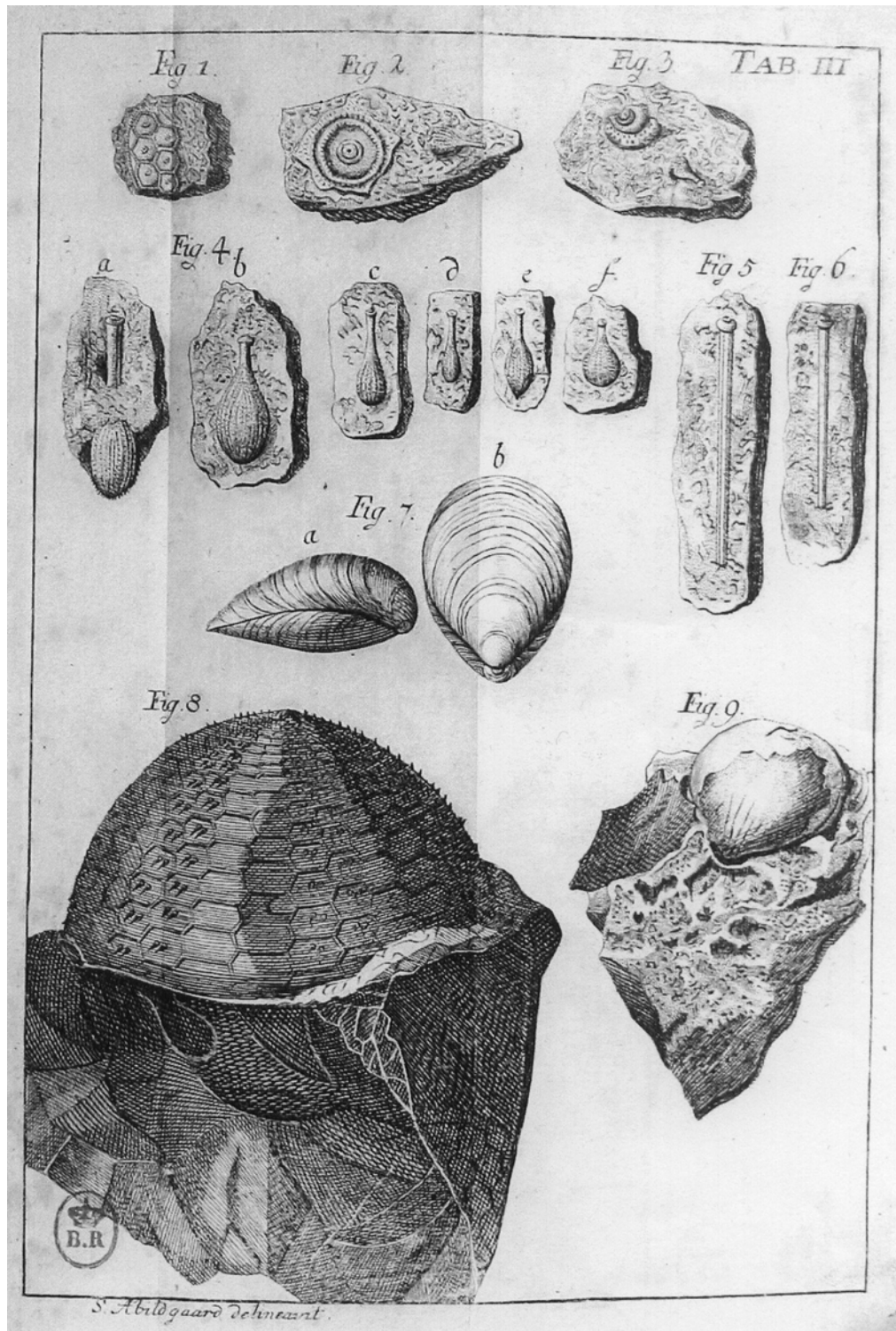
⁷⁸⁸ GRAVESEN P., 2001, *op. cit.*, p. 10 et PETERSEN K.S., 1997, *op. cit.*, p. 1-7.

3- Annexes 3 à 18

Annexe 3 : Planches de fossiles par S. Abildgaard (1759)



ABILDGAARD S., (1759). *Ich habe vornehmlich im Kreide –oder in Kalksteine eine Menge Echiniten oder mineralisirte Seeäpfel (Pseudocolochirus violaceus) oder Seestachelschweine von verschiedener Art angetroffen, große und kleine, meistens von der Art., wie sie Tab. II. Fig. 1. und 2. vorgestellt wird ;... Pectinus auritus Tab. II fig. 3.* ABILDGAARD S., 1764. p. 22-29. J'ai surtout trouvé dans la craie ou le calcaire, une grande quantité d'Echinodermes ou de pommes de mer minéralisées... de différentes sortes, des grands et des petits le plus souvent comme représentés Tab.II Fig. 1 et 2. Fig. 3 un *Pectinus auritus* développé sur un Echinoderme. Fig. 4a, Un Echinoderme rempli de silex et dans la fig. 4b, de craie.



ABILDGAARD S., (1759). Fig. 1. 2. 3. Tab. III. Zeigen abgebrochene Stücke von diesen... Echiniten, die im kreidesteine sind gefunden worden ; ...Claviculæ Echinorum... habe ich Tab. III. Fig. 4 abgezeichnet... und Fig. 5 und 6... Conchiæ anomie oder Anomiten Tab. III fig. 7 a et b... Füllungen der Echiniten aus Feuerstein... Fig. 8. ...Eine Feuersteinfüllung mit...Schale Fig. 9. In ABILDGAARD S., 1764. p. 26-27; 38; 42-43.

Les Fig. 1, 2 et 3, Pl III, montrent des morceaux brisés de ces... Echinodermes, trouvés dans la craie ; ... j'ai dessiné des piquants d'oursins Pl. III, Fig. 4, 5 et 6... Conchiæ anomie ou Anomite Pl. III fig. 7 a et b... un remplissage d'oursin en silex... Fig. 8... un remplissage de silex avec... coquille Fig. 9.

Annexe 4 : Comparaison des planches de Den Danske Atlas avec celle de S. Abildgaard (Tab. III)



Planche de *Den Danske Atlas* représentant des fossiles variés de la collection d'E. Pontoppidan, (1763). On remarque la présence de plusieurs fossiles gravés sur la planche Tab. III de Abildgaard : il s'agit de l'échinoderme rempli de silex (Fig. 8), des piquants d'oursins (Fig. 4d et e) et la *Conchia anomia* (Fig. 7a) mais dont l'image est inversée.

Annexe 5 : Description de la falaise de Stevns par Forchhammer
(1826)

Vi have da paa Stevnsklint 5 meget forskjellige Lag, characteriserede ved deres Sammensætning, deres Schichtningsforhold, og deres Forsteninger. Af disse Lag kjendte og beskrev *Abildgaard* allerede de to meest udmærkede nemlig Kridtet og Korallitkalkstenen. Han gjorde opmærksom paa de Forskjelligheder som de vise baade i deres Sammensætning og Schichtning, og den ene Kobbertavle i hans Beskrivelse over Stevns Klint udtrykker Korallitkalkstenens elipsoide Schichtning meget tydeligen. Ogsaa det Flintesteenlag som jeg har kaldet Hovedflintlaget kjendte han og gjorde opmærksom paa dets Reglethed 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 Flindt 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 Grönjerd.

Forsteninger af *Cerithium*, *Trochus*, *Arca*, *Turbinolia* &c. Indeholder hyppigen Svovlkis.

- 4) Coralitkalksteen, characteriseret ved en Kalksteen, bestaaende af Coralbrudstykker med jern- og leerholdigt Bindemiddel, ved hornsteenagtig Flint i sammenhængende Lag.

Forsteninger især *Echiniter*, *Cranie*.

Elipsoidisk Schichtning.

- 5) Kalksteen Conglomerat. Ushichtet. Skarpkantede Brudstykker, sammenlimede ved Kalksinter. Jeg har tilføiet 3 Gjennemsnit Fig. I. II. III for at vise Forholdene tydeligere.

FORCHHAMMER G., 1826. « Om de geognostiske Forhold i en Deel af Sjælland og Naboeerne », *Det Kong. Danske Videnskabernes Selskabs Naturvidenskabelige og Math.*, II. Deel, p. 260-261.

Annexe 6 : Comparaison des fossiles du calcaire à Cérithes et
du calcaire de Faxé avec ceux du calcaire grossier par
Forchhammer en 1826

Fossiles du calcaire à Cérithes de Stevns Klint, Forchhammer (1826)

Jeg har fundet:

En Trochus. Trochus niloticæformis Slotheim.

To Cerithier

En Ampullaria (?)

En Cypræa

En Buccinum (?)

En Patella

En Arca.

En Mytilus

En Pecten

En Turbinolia

En Dentalium.

En Echin.

J'ai trouvé :...

FORCHHAMMER G., 1826. p. 254.

Fossiles du calcaire de Faxø, Forchhammer (1826)

Forsteningerne som Kalkstenen ved Faxø indeholder ere mangfoldige; Uni- og Bivalverne have for det meste tabt deres Skaller, men i den sydligste Grube, der ligger V. for Veien til Carise ere de tildeels endnu vedligeholdte. Jeg har fundet følgende

En Krabbe. *Brachiurites rugosus* Schlotheim.

En *Nautilus*. *Nautilites danicus* Schlotheim.

To *Cypræer*. *Cypræacites bullarius* Schlotheim.

— — *spiratus* Schlotheim.

En *Fusus*.

To *Trochi*. Den ene er *Trochilites niloticiformis* Schlotheim; den anden er meget spidsere, dens Vindinger ikke saa nær ved hinanden. Maaskee er det en *Cerithium* men i det Tilfælde forskjellig fra begge *Cerithier* fra Stevnsklint.

To ubestembare *Univalver*.

En *Capulus*.

En *Crania*.

Tre *Terebratuler*. Den ene har megen Lighed med *Terebratula pumila*, *Descr. des envir. de Par.* Tab.

IV. Fig. 9.

To *Pectiner*.

To *Cardier*.

En *Ostrea*.

En *Gryphæa*.

En *Mytilus*.

En *Arca*.

Brudstykker af en *Catillus*.

En *Spatangus*.

En *Pentacrinit* (?)

En *Favosites*.

To *Turbinolier*.

En *Madreporit*.

Flere andre *Coralliter*.

Haifisketænder.

Faxø Kalksteen har tilfælles med *Ceritkalken* fra Stevns Klint, den ene coniske *Turbinolie*, som er den hyppigste Forstening der; en *Favosites**), *Trochus niloticiformis* Schlotheim; *Haifisketænder*. Der er enkelte Lag ved Faxø der

Les fossiles contenus dans le calcaire de Faxø sont nombreux ; Uni- et Bivalves ont souvent perdu leur coquille, mais dans la carrière la plus au sud, qui se trouve O du chemin de Karise, elles sont encore en partie maintenues. J'ai trouvé les fossiles suivants :

.... 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 s'agit-il d'un *Cerithium* mais dans ce cas différent des deux *Cerithes* de Stevnsklint. ... Trois *Terebratules*. L'une ressemble beaucoup à *Terebratula pumila*, *Descr. Des envir. de Par.* Tab. IV. Fig. 9...

Le calcaire de Faxø a en commun avec le calcaire à *Cérithes* de Stevns Klint, une *Turbinolie* conique qui y est le fossile le plus commun, un *Favosites*, *Trochus niloticiformis* Schlotheim ; des dents de requins. Il y a une seule couche à Faxø qui... FORCHHAMMER G., 1826. p. 268-269.

PREMIER SYSTÈME.

Couches inférieures.

- Nummulites lævigata*.....
 — *scabra*.....
 — *numismalis*.....
 — *rotundata*.....
- { Elles se trouvent toujours dans les parties les plus inférieures : on ne les trouve pas à Grignon ; le banc de Grignon paroît appartenir plutôt aux couches moyennes qu'aux couches inférieures.
- Madrepora*..... Trois espèces au moins.
Astræa..... Trois espèces au moins.
Turbinolia elliptica.... A. BR. (pl. VIII, fig. 2, A. B.)
- Peteporites digitalia*... LAMX., Polyp., pl. LXXXII, fig. 6-8.
Lunulites radiata..... LAMX., Polyp., pl. LXXXIII, fig. 5-8.
 — *urcolata*..... LAM. (pl. VII, fig. 9).
Fungia Guettardi..... GUETTARD, 3, pl. XII, fig. 1-8 (pl. VII, fig. 5, A. B.).
- Cerithium giganteum*.....
- { On ne trouve guère que cette espèce de cérites dans les couches réellement inférieures.
- Lucina lamellosa*.
Cardium porulosum.
Voluta Cithara.
Crassatella lamellosa.
Turritella multisulcata.
- Ostrea Flabellula*.....
 — *Oymbula*.....
- { La plupart des autres huîtres décrites par M. de Lamarck appartiennent soit à la craie soit à la formation marine au-dessus du gypse.

DEUXIÈME SYSTÈME.

Couches moyennes.

Presque toutes les coquilles du banc de Grignon appartiennent à ce système. Les fossiles les plus caractéristiques paroissent être les suivans.

- Orbitolites plana*.
Cardita avicularia.
Ovulites elongata..... LAM., — LAMX., pl. LXXI, fig. 11-12.
 — *margaritula*..... DEROISSY. — LAMX., pl. LXXI, fig. 9 et 10.
Alveolites milium..... BOSC., Bull. des Sc., n°. 61, pl. V, fig. 3.
Turritella imbricata.
Terebellum convolutum.
Calyptrea trochiformis.
Pectunculus pulvinatus.
Cithærea nitidula.
 — *elegans*.
Miliolites..... Ils y sont extrêmement abondans.
- Cerithium?*.....
- { Peut-être quelques espèces ; mais on n'y trouve ni le *Cerithium lapidum*, ni le *Cerithium petricolum*, etc., ni les *Cerithium cinctum*, *plicatum*, etc. Ces derniers appartiennent à la seconde formation marine, à celle qui recouvre les gypses.

La réunion des espèces de coquilles qu'on trouve dans ces deux premiers systèmes de couches, va à près de six cents. Elles ont été presque toutes recueillies par M. DeFrance et par nous, et décrites par M. de Lamarck.

TROISIÈME SYSTÈME.

Couches supérieures.

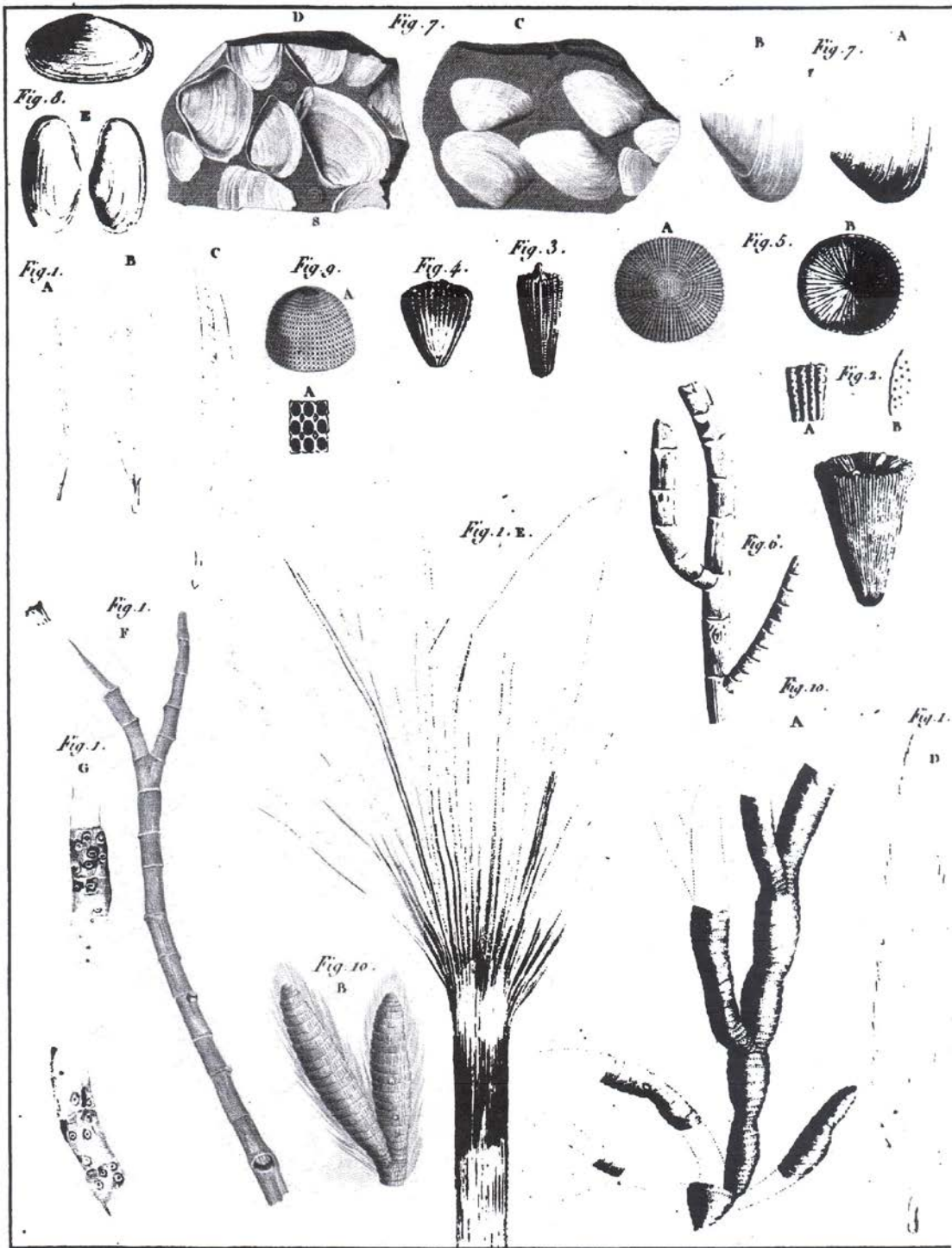
Les espèces y sont beaucoup moins nombreuses que dans les couches moyennes.

- Mirolites*..... Ils y sont plus rares.
Cardium Lima, ou *obliquum*.
Lucina saxorum.
Ampullaria spirata, etc.
Cerithium tuberculatum..... }
 — *mutabile*..... } Et presque tous les autres *cerithes*, excepté le
 — *lapidum*..... } *giganteum*.
 — *petricolum*..... }
Corbula anatina?
 — *striata* (1).

Végétaux fossiles du calcaire grossier.

- Endogenites echinatus*.. Ad. B. (pl. X, fig. 1)..... Des environs de Soissons.
 (Quoique nous l'ayons déjà cité au mélange des corps marins lacustres qui recouvrent les lignites, nous le rappelons ici, parce qu'il pourroit avoir été enfoui sous les eaux marines à l'époque de la formation du calcaire grossier.)
Culmises nodosus..... Ad. B. (pl. VIII, fig. 1, F)..... Montrouge.
 — *ambiguus*..... Ad. B. (pl. VIII, fig. 6)..... Grignon.
Phyllites..... { (Plusieurs espèces, pl. VIII, } Montrouge, etc.
 fig. 1, A, B, C, D)..... }
Flabellites parisiensis.. Ad. B. (pl. VIII, fig. 1, E).... St.-Nom.
Pinus Defranci..... Ad. B. (pl. XI, fig. 1)..... Bagneux.
Equisetum brachyodon. Ad. B. (pl. XI, fig. 3)..... Montrouge.

(1) Cette liste est loin d'être aussi complète et aussi exacte qu'elle est susceptible de le devenir; mais on ne pourra l'obtenir ainsi que par une longue suite de recherches et d'observations. Les résultats que peuvent présenter de semblables recherches sont très-importans pour la géologie.



Lacép. Sculp.

Corps organisés fossiles des couches marines des environs de Paris.

Planche de fossiles du calcaire grossier.
CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1822. *Description géologique des environs de Paris*, pl. VIII.

Annexe 7 : Comparaison des fossiles du calcaire corallien de Stevns Klint avec ceux de la craie

Fossiles du calcaire corallien de Stevns Klint, Forchhammer (1826)

Jeg har fundet de følgende Forsteninger:

Ananchytes ovata.

Spatangus (Prof. Brogniart. ansaae. den for ny).

Belemnites mucronatus.

Ostrea vesicularis.

2 *Terebratuler.*

Crania.

Pentacrinit Brudstykker.

J'ai trouvé les fossiles suivants :... FORCHHAMMER G., 1826. p. 257.

Fossiles de la craie de Stevns Klint, Forchhammer (1826)

har været en Standsning i Udviklingen. Kridtet indeholder faa Forsteninger, umiddelbart under Hovedflintlaget findes mange i Flintesteen forvandlede Alcyonier og lignende Dyr; i et Lag dybere nede indeholde Kridtet en Mængde sønderbrudte Coraller, jeg har desuden seet derfra en Terebratula og en Ananchyt. Der findes enkelte Svovelkiesbolder.

La craie contient très peu de fossiles ; immédiatement sous la couche principale de silex, on trouve beaucoup de silex avec des incrustations d'Alcyonium et d'animaux semblables ; dans une couche inférieure la craie contient beaucoup de coraux brisés contenant une Térébratule et un Ananchyte. On trouve aussi des pyrites. FORCHHAMMER G., 1826. p. 252.

Fossiles de la craie du bassin de Paris, Cuvier et Brongniart (1822)

Corps organisés fossiles de la craie blanche ou supérieure, tant du bassin de Paris que de ses annexes évidens.

SYNONYMES. — OBSERVATIONS.	LIEUX ET NOTES DE GISEMENT PARTICULIER.
<i>Belemnites mucronatus</i> .. { SCHLOTTHEIM. — BREYNIUS. Po- lyth. belemn., fig. 1-6.—(Pl. III, fig. 1, A, B.) (1).	} Meudon, Bougival, etc.
<i>Lituolites nautiloidea</i> ... LAM. — <i>difformis</i> LAM.	
<i>Trochus Basteroti</i> . A. Br. (Pl. III, fig. 3).....	} Cette coquille, très-rare dans la craie blanche, a été trouvée à Meudon par M. Basterot. On remarquera que M. Webster ne cite aussi qu'une seule coquille univalve à spirale, et que c'est un <i>trochus</i> .
<i>Ostrea vesicularis</i> { LAM. Ann. du Muséum, t. XIV, pl. XXVII, fig. 3. <i>Gryphea dil-</i> <i>atata</i> , Sow., t. CXLIX, fig. 2. — (pl. III, fig. 5, A, B, C, D). Elle varie considérablement de grandeur et de figure en raison des corps sur lesquels elle adhère. M. DeFrance regarde l' <i>ostrea del-</i> <i>toidea</i> de Lamark (et non celle de		} Meudon, Bougival.
<i>Ostrea serrata</i> . DEFR... { (Pl. III, fig. 10, A, B.) Elle diffère sensiblement de celle qu'on trouve dans la craie chlo- ritée, qui au premier aspect paroit être la même.	} Dreux.
<i>Catillus Cuvieri</i> . A. Br. { (Pl. IV, fig. 10). <i>Inoceramus</i> . Sow. PARKINSON.....		} Meudon.
<i>Crania parisiensis</i> DEFR. { (Pl. III, fig. 2). Cette espèce remarquable est très- commune, en mauvais état, mais très-rare dans celui où nous la figurons.	} Meudon.
<i>Pecten quinquecostatus</i> . Sow. tab. 56, fig. 4-8—(pl. IV, fig. 1).		} Nous en possédons depuis long- temps une valve supérieure de Meudon, ce qui prouve que cette espèce n'est pas particulière à la craie inférieure.
— <i>cretosus</i> DEFR., (pl. III, fig. 7, A, B)...	} Meudon.
— <i>arachnoïdes</i> DEFR., (pl. III, fig. 8, A, B)...		} Meudon, Dieppe.
<i>Plagiostoma spinosa</i> ... Sow. tab. 78.—(pl. IV, fig. 2).	} Meudon, Dieppe, Rouen.
<i>Mytilus lævis</i> DEFR., (pl. III, fig. 4).....		} Bougival.
<i>Terebratula Defranci</i> .. A. Br. (pl. III, fig. 6, A, B, C).	} Meudon.
<i>Terebratula plicatilis</i> .. Sow., tab. 118, fig. 1—(pl. IV, fig. 5).		} Meudon.
— <i>alata</i> { LAM., Syst. des an. sans vert., t. VI, n°. 43.—Enc., pl. CCXLV, fig. 2.—(Pl. IV, fig. 6).	} Meudon.
— <i>carnea</i> Sow. tab. 15, fig. 5-6—(pl. IV, fig. 7).		} Meudon.
— <i>subundata</i> Sow., tab. 15, fig. 7.—LAM. n°. 13.	} Rouen, Gravesend.
— <i>octoplicata</i> Sow., tab. 83, fig. 1.—(pl. IV, fig. 8).		} Dieppe.
<i>Magas pumilus</i> { Sow., tab. 119, fig. 1-4.— <i>Terebratula tenuissima</i> . SCHLOT.— <i>Ter. concava</i> . LAM.—(pl. IV, fig. 9).	} Meudon.
<i>Spirorbis</i> { Ces espèces sont trop peu ca- ractérisées pour pouvoir être dé- <i>Serpula</i> terminées avec certitude et utilité.	

(1) Les citations de planches et de figures placées entre deux parenthèses se rapportent aux planches de cet ouvrage.

SYNONYMES. LIEUX ET NOTES
 — OBSERVATIONS. DE GISEMENT PARTICULIER.

ZOOPHYTES
ECHYNODERMES.

<i>Asterias</i>	}	Des articulations qui par leur forme cuboïde paroissent avoir appartenu à une espèce voisine de l' <i>asterias aurantiaca</i> .	
<i>Ananchites ovata</i>		LAM., pl. V, fig. 7.....	Meudon, Bougival.
— <i>pustulosa</i>	LAM., (pl. V, fig. 8).....	Environs de Joigny.	
<i>Galerites albo galerus</i> ..	LAM., (pl. IV, fig. 12).....	Dieppe.	
— <i>vulgaris</i>	<i>Echinus vulgaris</i> . LIN.—GMEL..	}	
		Environs de Dreux, etc. On n'en trouve généralement que les moules intérieurs.	
<i>S. Bufo</i> . A. BR.....	}	(Pl. V, fig. 4.)—FAUJAS. Maest.	Meudon, et dans la craie tufau du Hâvre et de Maëstricht.
		Pl. XXX, fig. 2 (malâ).....	

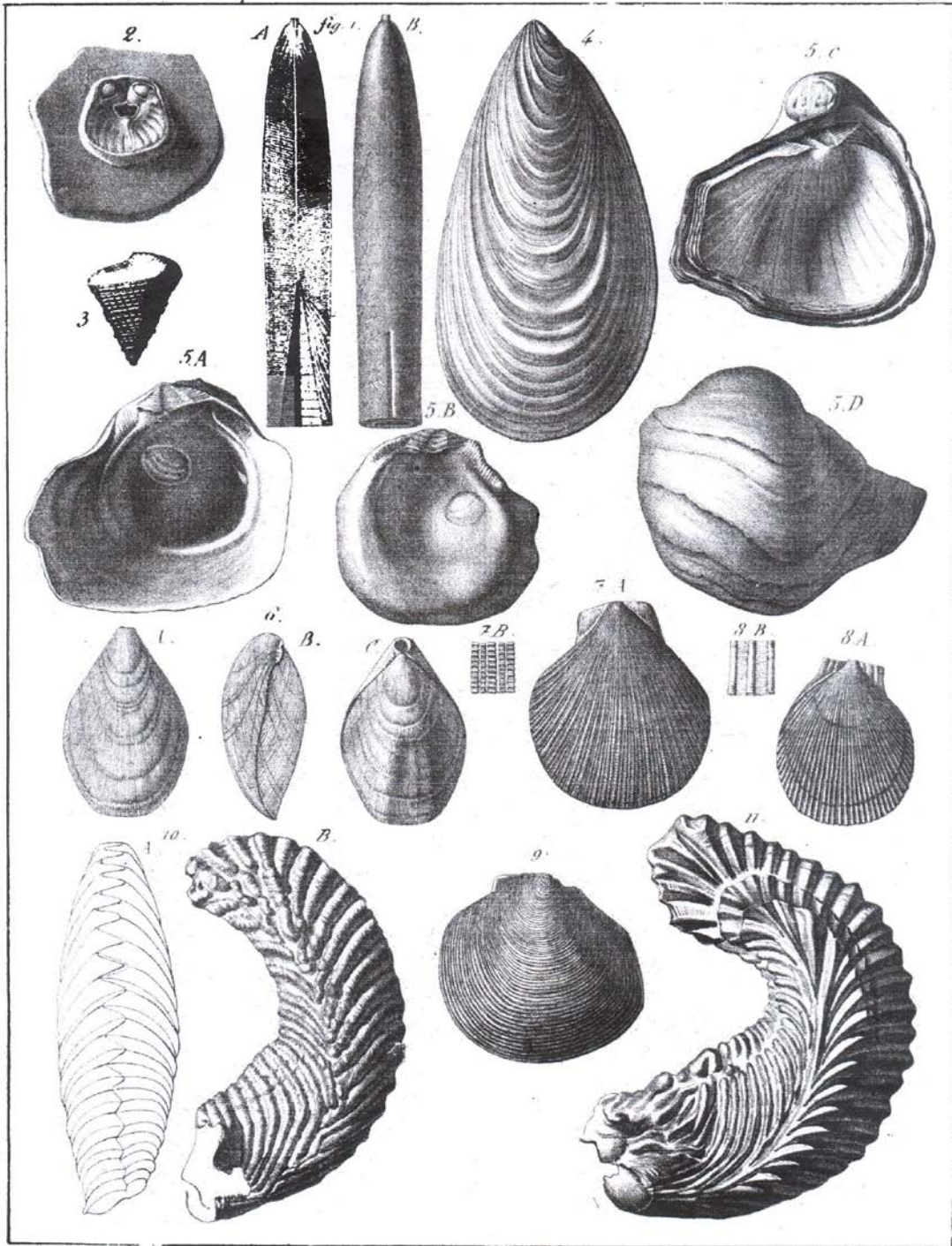
ZOOPHYTES.

Millepora..... Meudon.

Nous ne sommes pas encore en état de déterminer les différentes espèces de zoophytes pierreux qui se trouvent dans la craie blanche.

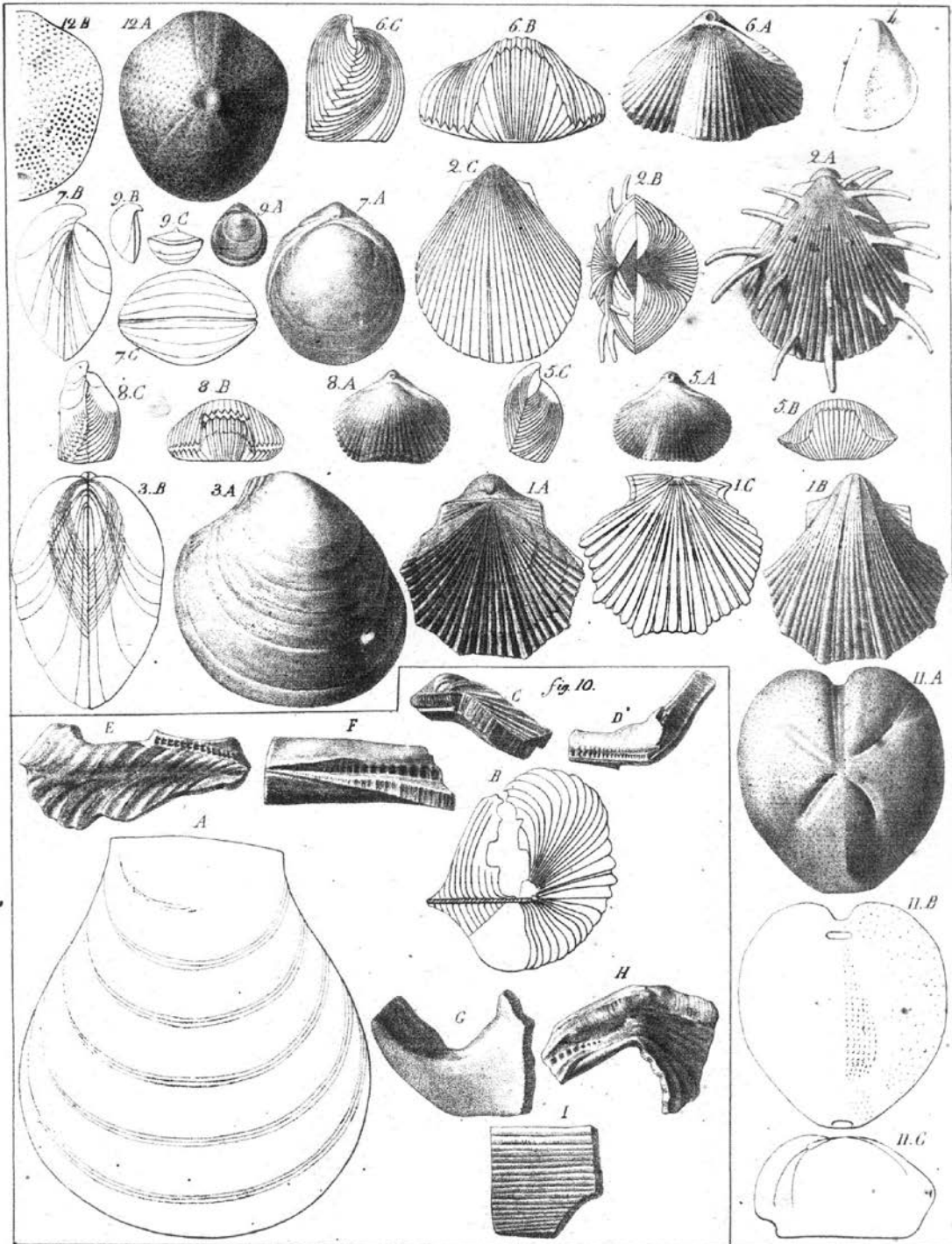
Aucune de ces espèces ne se trouve dans le calcaire grossier. Cette formation de la craie est donc parfaitement distincte de la formation du calcaire grossier qui la recouvre. Il ne paroît pas qu'il y ait eu entre elles de transition insensible; ni dans l'espace de terrain que nous avons étudié, ni probablement ailleurs.

CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1822. *Description géologique des environs de Paris*, p.14-16.



Corps organisés fossiles de la craie.

CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1822. *Description géologique des environs de Paris*, pl. III.



Laloy del.

Laloy fil.

Litho. G. Constant à Paris.

Corps organisés fossiles de la craie

CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1822. *Description géologique des environs de Paris*, pl. IV.

Annexe 8 : Liste des fossiles danois (1835)

Fossiles du calcaire de Fakse, Forchhammer (1835)

De følgende Forsteninger har Farøekalken tilfælles med Kridtformationen hos os, eller i andre Lande:

Spatangus cor anguinum.

— som har Liighed med Sp. Bufo og som findes hyppigen i Elmøstenen.

Galerites Rotula.

Terebratula striatula Mant.

Terebratula carnea Sowb.

— ovoides Nilsson?

Plagiostoma Hoperi.

— spinosum.

— semisulcatum?

Baculites Faujasii.

Nautilus aganiticus (danicus Schloth) har den tilfælles med Jura-kalkens Koralkalksteen.

Terebratula flustracea Schloth er eiendommelig for Farø, hvis den ikke er den samme som **T. Pisum Sowb.**

Af de følgende Slægter indeholder Farø-Kalken i Farø-Bakke og i Stevns-Klint over 40 Species, som for største Delen hidtil ere ubestrevne:

Turbinolia, Cidaris, Serpula, Ostrea, Spondylus, Mytilus, Nucula, Arca, Natica, Trochus, Cerithium, Fusus, Cypræa, Oliva, Nautilus, Ammonites.

Le calcaire de Fakse a les fossiles suivants en commun avec la formation de la craie, chez nous ou dans d'autres pays :

Nautilus aganiticus (danicus Schloth) est commun avec le calcaire du Jura, calcaire corallien.

Terebratula flustracea Schloth est propre au calcaire de Fakse si ce n'est pas le même que *T. Pisum Sowb.*

Parmi les genres suivants contenus dans le calcaire de Fakse de la colline de Fakse et de Stevns Klint, plus de 40 espèces, la plus grande partie, n'a pas été jusqu'ici décrite : *Turbinolia...*

Ammonites.

N.B. : dans la liste : deux spatangues : le *Spatangus cor anguinum* et un *Spatangus* similaire au *Sp. Bufo* et fréquent dans le calcaire corallien (de Stevns Klint).

FORCHHAMMER G., 1835. *Danmarks geognostiske Forhold.* p.77.

Fossiles du calcaire corallien de Stevns Klint, collection de l'Université, Forchhammer (1835)

Universitets-Samlingen har fra Krimstenen i Stevnsklint og Herfølge:

Apiocrinites ellipticus?

Pentacrinites.

Cidaris variolaris.

— cretosa.

Ananchytes ovata.

Spatangus, den samme som Pag. 58.

Terebratula carnea.

— semiglobosa.

— incisa.

Terebratula incurva.

— striatula.

Crania parisiensis?

Ostrea vesicularis.

— Species ubestemt.

Podopsis truncata.

Spondylus strigilis Al. Brgt.

Ænder af Fiske.

FORCHHAMMER G., 1835. *Danmarks geognostiske Forhold.* p.83.

Fossiles du calcaire de Faxe, Lyell (1835)

consisting of a hard yellowish limestone, the thickness of which can be traced to the depth of forty feet, without any signs of coming to an end. Sometimes corals are very abundant in this stone, so that large masses appear entirely composed of zoophytes. Two species are peculiarly abundant, *Caryophyllia Faxoensis*, Beck*, (see figure 4), and another † (see figure 5.). In some places there are patches of coral cemented together by white chalk, but with

...

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. Thus, for example, there are two species of *Cypræa* †, one of *Oliva*, two of *Mitra*,

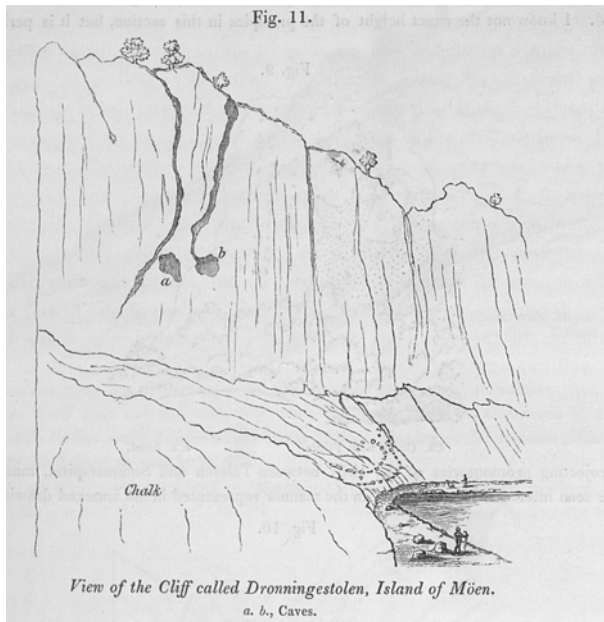
...

four of the genus *Cerithium*, six of *Fusus*, two of *Trochus*, one of *Triton*, one of *Nassa*, one of *Bulla*, and several others. There is also a *Patella*, and an *Emarginula*. On the whole, there are more than thirty univalves, spiral or patelliform, and not one of them is common to the Faxoe formation and the white chalk. Yet of the Brachiopoda found with these, no less than ten can be identified with species of the chalk, and there are an equal number of Lamellibranchiate bivalves, which are identical. A still greater proportion of sponges, corals, and other zoophytes found at Faxoe, agree with those of the chalk, no less than forty-two having been identified out of 104 procured from the two formations in Denmark. Of Crinoidea and Echinodermata, fourteen species are ascertained to be common to the two formations, also two species of Foraminifera, and two of Annelidæ.

The Cephalopoda of Faxoe deserve also particular mention, two of them, *Baculites Faujasii* and *Belemnites mucronatus*, being common to the white chalk and to Faxoe, and there being an Ammonite, as well as two species of *Nautilus* in the Faxoe beds, a fact which some will consider as peculiarly interesting, since so many carnivorous trachelipods are associated with these cephalopoda*.

LYELL Ch., 1837-1840. « On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Møen », *Trans. Geol. Soc. London* 2° series, V, p.248-250.

Annexe 9 : Falaise de Møn



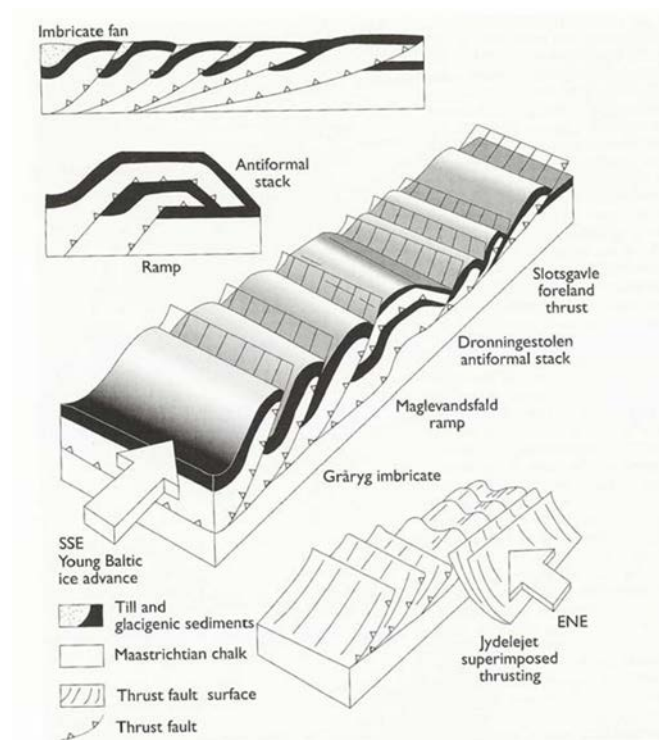
« Vue des falaises de Dronningestolen, île de Møen » par Lyell (1835), *Trans. Geol. Soc. London* 2^e series, V, p. 256.

Møens klint par Puggaard (1853).

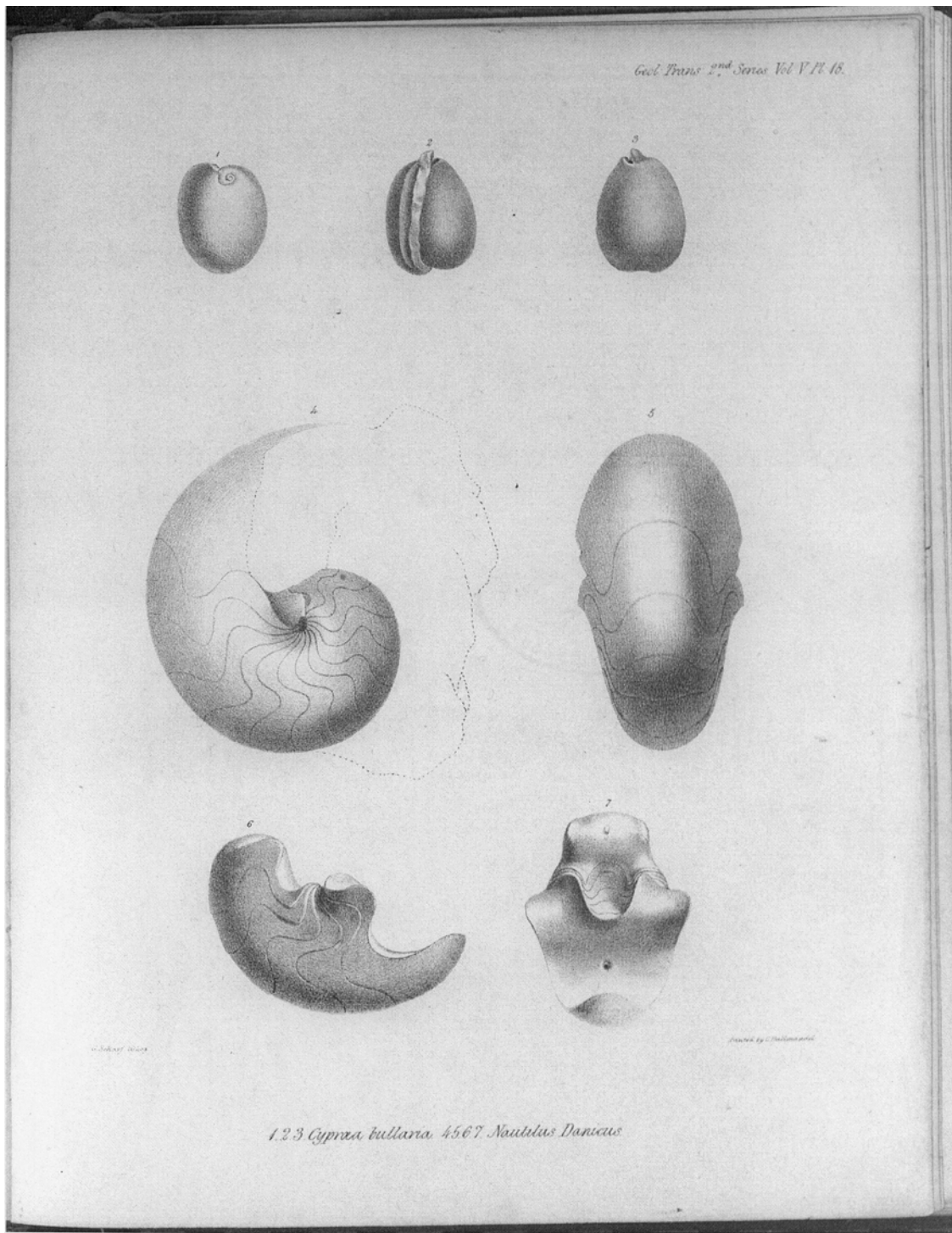


Les « fissures » que Lyell avait observées et montrées à Forchhammer en 1834, si bien dessinées par Puggaard en 1853, sont actuellement interprétées comme des déformations cassantes sous l'effet de la poussée de la calotte glaciaire comme le montre le schéma ci-contre.

Modèle de déformation de Møens Klint
D'après Pedersen (2000), in DAMHOLT (2005).



Annexe 10 : Planche représentant le *Nautilus danicus* et une *Cypræa* trouvés à Faxe par Lyell (1835)



LYELL Ch., 1837-1840. « On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Møen », *Trans. Geol. Soc. London* 2^o series, V, pl.18.

Annexe 11 : Liste des fossiles du calcaire pisolithique, trouvés à Meudon en 1836

Fossiles de Meudon, A. d'Archiac (1836)

Fossiles de la craie, ARCHIAC A. d', 1836, p. 274.

se terminent par des canaux très déliés. La *caillasse* présente, mais assez rarement, l'*Ostrea vesicularis* et l'*Ananchites ovata*. Elle forme le toit de la galerie dans laquelle on exploite la craie blanche avec silex, et se mêle avec elle au point de con-

Fossile du nouveau calcaire marin (pisolithique), ARCHIAC A. d', 1836, p. 273.

grise-noirâtre. En général, la roche est jaunâtre ; sa structure est massive. elle est peu agrégée, terreuse. et dans certaines parties, complètement oolitique. Les oolites sont de forme et de grosseur variables. Ce calcaire renferme une assez grande quantité de matière argileuse. Les moules et empreintes de fossiles y sont nombreux, et M. d'Archiac y a reconnu une *Lucine* très voisine de celle des pierres ; puis, *Corbis lamellosa*, *Crassatella tumida* V^{ie}. b, un *Cardium*, une *Vénéricarde*, *Modiola cordata* ; deux espèces de *Limes* qui paraissent très distinctes de celles figurées dans l'ouvrage de M. Deshayes, mais qui se rapprochent beaucoup des *Lima muricata* et *granulata* de la craie, *Turritella imbricataria*, ou peut-être *hybrida*, *Cerithium*, *Fusus*, *Pileopsis*, et probablement *Cypræa*, des milliolites, des baguettes d'échinides, des articulations d'astérie, des annélides ou *Dentales*, un polypier branchu et une *Turbinolia* ; genres et espèces qui, pour la plupart, se trouvent dans l'étage du calcaire grossier, soit moyen, soit inférieur.

Fossiles de Meudon, Charles d'Orbigny (1836)

Fossiles de la craie, ORBIGNY Ch. d', 1836. p. 282.

Aux deux espèces de fossiles citées comme se trouvant assez rarement dans cette couche de craie particulière (*Ostrea vesicularis* et *Ananchites ovata*), on doit ajouter les fossiles suivans qui sont tous plus ou moins caractéristiques de la période crayeuse.

MOLLUSQUES.

Cardium hillanum, Sow.
Arca.
Lima.
Pecten quinque-costatus, Sow.
Pectunculus.

Catillus Cuvieri, A. Br.
Terebratula carnea, Sow.
Terebratula octoplicata, Sow.
Terebratula plicatilis, Sow.

CONCHIFÈRES.

Trochus Basteroti, Al. Brong.
Turritella.

Pleurotomaria ou *Solarium*.
Belemnites mucronatus, Schlot.

J'y ai aussi trouvé plusieurs *Hamites rotundus* (Sow), dont on ne soupçonnait pas l'existence dans les terrains parisiens,

ZOOPHYTES.

- | | | |
|---|--|--|
| * <i>Orbitolites plana</i> (polypier caractéristique du calcaire grossier moyen).
<i>Turbinolia.</i> | | * <i>Flustra.</i>
* <i>Eschara.</i> |
|---|--|--|

RADIAIRES.

- | | | |
|--|--|---|
| * <i>Spatangus</i> , dont l'analogue se trouve dans le calcaire grossier de Grignon. | | * Pointes de Cidaris.
Articulations d'Astérie. |
|--|--|---|

ANNELIDES.

- | | | |
|-------------------|--|-------------------|
| <i>Dentalium.</i> | | * <i>Serpula.</i> |
|-------------------|--|-------------------|

MOLLUSQUES.

- | | | |
|--|--|---|
| <i>Crassatella tumida</i> , variété B. Lamk.
<i>Corbula.</i> | | <i>Corbis lamellosa</i> , Lamk.
* <i>Lucina grata</i> , Def. |
| * <i>Lucina contorta</i> , Def.
* <i>Cytheræa obliqua</i> , Desh.
* <i>Venus obliqua</i> , Lamk., et une autre espèce indéterminable.
* <i>Corbula gallica</i> , Lamk.
<i>Venericardia.</i>
* <i>Cardium porulosum</i> , Lamk.
* <i>Cardium granulosum</i> , Lamk.
* <i>Cardium obliquum</i> , Lamk.
* <i>Cucullæa crassatina</i> (1), Lamk. | | * <i>Arca biangula</i> , Lamk.
* <i>Arca rudis</i> , Desh.
* <i>Arca barbatula</i> ? Lamk.
* <i>Arca filigrana</i> , Desh.
* <i>Chama.</i>
<i>Modiola cordata</i> , Lamk.
* <i>Lima inflata.</i>
<i>Lima</i> , nouvelle espèce qui se rapproche du <i>Lima spatulata.</i>
* <i>Solen.</i> |

CONCHIFÈRES.

- | | | |
|--|--|--|
| * <i>Hipponix cornu-copiæ</i> , Def.
* <i>Calyptrea trochiformis</i> ? Lamk.
* <i>Natica patula</i> , Desh.
* <i>Delphinula</i> ou <i>Turbo.</i>
* <i>Solarium patulum</i> , Lamk.
* <i>Trochus subcarinatus</i> ?
<i>Turritella imbricataria</i> , Lamk., var. C.
<i>Turritella</i> (autre esp. indéterminable). | | <i>Cerithium, semi-costatum</i> , Desh.
<i>Fusus.</i>
<i>Cypræa.</i>
* <i>Pleurotomaria concava</i> ?
* <i>Nautilus</i> (espèce indéterminable, trouvée par M. Rollin).
<i>Milliolites</i> (très nombreuses). |
|--|--|--|

A ces fossiles conchifères il faut ajouter les trois espèces suivantes, que j'ai trouvées à Vigny, dans une couche de calcaire en tout semblable à celui de Meudon : *Cerithium giganteum*, Lamk.; *Nerita angistoma* et *Oliva brandaris*?

POISSONS.

Dents de requin.

(1) Les fossiles non indiqués par M. d'Archiac, sont marqués d'un astérisque.

Annexe 12 : Tableau général des formations par Élie de Beaumont et Dufrénoy (1841)

SEANCE DU 20 DÉCEMBRE 1841.

109

ORDRE.	SOUS GROUPE de FORMATIONS.	NOMS DES FORMATIONS.
TERRAINS TERTIAIRES.	Les mammifères commencent à paraître à la partie inférieure de ce groupe, et deviennent très abondants vers son milieu.	SYSTÈME DE LA CHAÎNE PRINCIPALE DES ALPES, DIRECTION E. 16° N. <i>Terrain tertiaire supérieur</i> : terrains subapennins, sables des landes, alluvions anciennes de la Bresse, tuf à ossements de l'Auvergne. Les éruptions de trachytes et de basaltes correspondent, en grande partie, à cette époque.
		SYSTÈME DES ALPES OCCIDENTALES, DIRECTION N. 26° E. à S. 26° O. <i>Terrains tertiaires moyens.</i> { Faluns de la Touraine. Calcaire d'eau douce avec meulière : contient beaucoup de lignites dans le Midi de la France et en Allemagne. Grès de Fontainebleau.
		SYSTÈME DES ÎLES DE CORSE ET DE SARDAIGNE, DIRECTION N. S. <i>Terrains tertiaires inférieurs.</i> { Marnes avec gypse, ossements mammifères. Calcaire grossier, pierre de taille de Paris. Argile plastique, lignites du Soissonnais.
		SYSTÈME DE LA CHAÎNE DES PYRÉNÉES ET DE CELLE DES APENNINS, DIRECTION E. 18° S. à O. 18° N. <i>Craie supérieure.</i> { Couches avec silex. Couches sans silex.
TERRAINS SECONDAIRES.	Terrains ou formations crétacés.	SYSTÈME DE MONT-VISO, DIRECTION N. N. O. à S. S. E. <i>Craie inférieure.</i> { Craie tuffeau. Grès vert. Grès et sables ferrugineux, terrain néocomien, formation wealdienne.
		SYSTÈME DE LA CÔTE-D'OR, DIRECTION E. 40° N. à O. 40° S. <i>Étage supérieur.</i> { Calcaire de Portland. Argile de Kimmerigde, argile de Honfleur. <i>Étage moyen.</i> { Oolithe d'Oxford, calcaire de Lisieux, coral-rag. Argile d'Oxford, argile de Dives.
		<i>Terrains de calcaire du Jura.</i> { Abondance considérable de nautilus. Calcaire oolithique.

Tableau exposé à la Société géologique de France lors de la présentation, de la carte géologique de France par Dufrénoy et Élie de Beaumont, le 20 décembre 1841. Cette partie du tableau montre la limite des terrains secondaires et des terrains tertiaires déterminée par la révolution que le globe a éprouvée lors du soulèvement de la chaîne des Pyrénées et de celle des Apennins, direction E. 18° S. à O. 18° N. DUFRENOY A. et ÉLIE DE BEAUMONT L., 1842. « Carte géologique de France », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 109.

Annexe 13 : Tableau de la série des étages tertiaires par A. d'Archiac (1839)

172

SÉANCE DU 15 AVRIL 1839.

		Étage.
		Diluvium.
		2 Alluvions anciennes argilo-sableuses.
		1 Argiles, sables, cailloux roulés, etc.
Supérieur. Older pliocene.	Huitième Groupe.	
	Crag.	2 Rouge. 1 Blanc.
		Septième Groupe.
		Faluns.
		Faluns de la vallée de la Loire, etc.
		Sixième Groupe.
Moyen. Miocens.	Calcaire lacustre supérieur (France), form. d'eau douce supérieure (I. de Wight) (1).	2 Calcaire à Hélix. 1 Argile, meulière, calcaire lacustre.
	Cinquième Groupe.	
		Grès et sables supérieurs (France), form. marine supérieure (I. de Wight) (1).
		3 Grès. 2 Sables et lit coquillier. 1 Marnes marines.
		Quatrième Groupe.
		Calcaire siliceux ou calcaire lacustre moyen (France), form. d'eau douce inférieure de l'île de Wight et d'Hardwell (Angleterre).
		5 Argile et meulière. 4 Marnes, calcaire marneux avec silice disséminée ou en rognons. 3 Marnes vertes, etc. 2 Gypse. 1 Marnes, calcaire lacustre, argile.
		Troisième Groupe.
		Grès et sables moyens (France), sables divers (Belgique) (1), sables d'Headen-Hill, d'Hardwell, de Bagshot, etc. (Angleterre).
		3 Calcaire marin. 2 Grès. 1 Sables.
Inférieur. Eocens.	Deuxième Groupe.	
	Système calcaire (France), système calcaréo-sableux (Belgique, etc.), système argileux ou London clay (Angleterre, etc.).	4 Marnes. 3 Calcaire grossier supérieur. 2 Calcaire grossier proprement dit. 1 Glauconie grossière ou supérieure.
	Premier Groupe.	
		Sables et grès inférieurs (N. de la France), système quarzo-sableux (Belgique), Plastic clay (Angleterre).
		6 Sables et glaise. 5 Lits coquilliers. 4 Sables divers. 3 Grès et poudingues. 2 Argile, lignite, calc. lacustre, etc. 1 Glauconie inférieure, calcaire grossier pisolitique, calcaire lacustre inférieur.

Le calcaire pisolitique est placé dans le premier étage du premier groupe de l'Éocène (flèche).
 ARCHIAC A. d', 1839. « Essais sur la coordination des terrains tertiaires du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre », *Bull. Soc. géol. France*, 10, p. 172.

Annexe 14 : Extrait de la liste des fossiles de l'étage danien, Alcide d'Orbigny (1850)

SÉANCE DU 21 JANVIER 1850.

127

nations qui lui avaient été fournies. Cette circonstance engagea ce dernier géologue à nous communiquer tous les types déterminés comme des espèces tertiaires. A ces types nous avons joint le fruit des incessantes recherches faites sur tous les bassins de Paris par M. Hébert, et avec ces matériaux nous avons commencé un travail sérieux sur l'ensemble. Pour arriver à reconstruire les espèces à l'état de moules et d'empreintes, nous en avons fait des moulages, et après quelques mois de recherches et de comparaisons minutieuses, nous sommes arrivé à trouver la faune fossile de l'étage danien, composée des espèces qui vont suivre ;

ANIMAUX MOLLUSQUES.

CÉPHALOPODES ACÉTABULIFÈRES, d'Orb.

BELEMNITELLA, d'Orb., 1839.

1. *Mucronata*, d'Orb., 1839. Suède, Faxö. (D'après M. Lyell.)

NAUTILUS, Breynius, 1732.

2. *Danicus*, Schlotheim, 1820. *Petref.*, p. 117. Lyell, 1835. *On the cret.*, p. 250. *Trans. geol. Soc.*, Suède, Faxö, Laversine, Vigny, près de Beauvais.
3. *Hebertinus*, d'Orb., 1848. Grande espèce globuleuse, très convexe, lisse, à ombilic très étroit (dans le moule), cloison peu arquées, non sinueuses, à siphon placé bien plus près du retour de la spire que du bord externe. Montereau (Seine-et-Marne), La Falaise, Montainville, près de Beynes (Seine-et-Oise).

BACULITES, Lamarck, 1799.

4. *Faujasii*, Lamarck. Danemarck, Faxö (d'après M. Lyell).

MOLLUSQUES GASTÉROPODES.

TURRITELLA, Lamarck, 1804.

5. *Supracretacea*, d'Orb., 1847. Espèce dont l'angle spiral est d'environ 16° ; à tours aplatis, saillants seulement à la partie antérieure, ornés de stries inégales longitudinales, dont une plus forte en avant. France, Meudon, près de Paris (Seine-et-Oise).

NATICA, Adanson, 1757.

6. *Supracretacea*, d'Orb., 1848. Grosse espèce globuleuse, lisse, dont les tours ont un léger méplat près de la suture (sous le nom de *N. patula*). France, Falaise, près de Beynes ; Port-Marly, près de Saint-Germain ; Meudon, près de Paris.

TROCHUS, Linné, 1758.

7. *Polyphyllus*, d'Orb., 1848. Moyenne espèce, remarquable par ses tours de spire anguleux, pourvus, sur l'angle, de longues expansions foliacées, anguleuses; de deux côtes en dessus et de quatre au-dessous de cette carène. France : La Falaise, près de Beynes.
8. *Gabrielis*, d'Orb., 1847. Espèce petite, conique, à tours étroits, légèrement saillants en toit, les uns sur les autres, ornés d'une série de légères nodosités et de stries fines longitudinales. France : La Falaise, près de Beynes; Vigny, près de Gisors (Oise).

SOLARIUM, Lamarck, 1804.

9. *Danaë*, d'Orb., 1847. Espèce voisine du *S. granulatum*, mais plus déprimé et presque enroulé horizontalement, à très large ombilic, caréné extérieurement et muni d'une côte tuberculeuse en dessus. France : La Falaise, près de Beynes; Meudon.

TURBO, Linné, 1758.

40. *Gravesii*, d'Orb., 1848. Espèce conique, élancée, à tours étroits, saillants, ornée de 9 côtes longitudinales tuberculeuses. France : La Falaise.

PLEUROTOMARIA, DeFrance, 1825.

41. *Penultima*, d'Orb., 1848. Belle espèce dont l'angle spiral est de 82° d'ouverture, formée de tours légèrement évidés au milieu, ornés de fines côtes granuleuses, longitudinales, avec lesquelles se croisent des lignes d'accroissement; bande du sinus, près de la suture, dont elle est séparée seulement par 3 stries; dessous, légèrement ombiliquée. France : Falaise.

OVULA, Bruguière, 1794.

42. *Cretacea*, d'Orb., 1848. Espèce ovale, lisse, prolongée en avant et en arrière, du côté de la bouche; spire conique saillante, bouche très étroite, droite (le jeune est donné comme *Oliva Brandari*). France : La Falaise, près de Beynes; Vigny, près de Gisors (Oise).
43. *Bullaria*, d'Orb., 1847. *Cypræa bullaria*, Lyell, 1835. *On the Cret.*, p. 250. *Cypræites bullaria*, Schloth. Danemark.

VOLUTA, Linné, 1758.

44. *Subfusiformis*, d'Orb., 1848. Espèce fusiforme, un peu voisine du *V. Requieniana*, mais plus allongée, et ornée seulement de 4 à 5 saillies longitudinales. France : Vigny.

MITRA, Lamarck, 1804.

45. *Vignyensis*, d'Orb., 1848. Petite espèce, allongée, subpupoïde, à péristome prononcé, dont le moule intérieur est lisse, avec 4 plis sur la columelle. France : Vigny, près de Gisors.

ORBIGNY A. d', 1850. « Note sur les fossiles de l'étage danien », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 7, p. 127-128.

Presque toutes les espèces ont été renommées selon A. d'Arbigny (d'Orb.) modifiant ainsi la classification des animaux mollusques, aussi bien celle des genres que des espèces. Ainsi, *Belelmnites mucronatus* devient *Belelmitella mucronata*, d'Orb.

Annexe 15 : Classification des variétés de l'Exogyra sinuata par Leymerie (1840)

EXOGYRA SINUATA.

SYNONYMIE (1)	
<p> <i>Gryphæa sinuata.</i> SOW. — <i>latissima.</i> LAM. <i>Exogyra aquila.</i> GOLDF. — <i>Couloni.</i> THURM. (2). <i>Ostrea falciformis?</i> GOLDF. — <i>lateralis.</i> NILSON. </p>	
VARIÉTÉS.	INDICATION DE LEURS GISEMENTS ET DE LEURS PRINCIPAUX CARACTÈRES.
<i>Parvula</i> (<i>Ost. lateralis.</i> Nils.)	Argiles tégulines (Gault). — La Goguette, Maurepaire. — Offrant à peu près la forme générale du type figuré dans Sowerby, et en même temps une très petite taille (2 cent. environ). Rare.
<i>Sinuata</i> (<i>Latissima.</i> Lam.) (<i>Aquila.</i> Goldf.)	Argiles tégulines inférieures (Lower-Greensand). — Les Croûtes, Bois-Gérard, Croguoy. — C'est le type qui nous est offert par la figure de Sow. Pl. 336. Très commune.
<i>Latissima</i> (<i>Latissima.</i> Lam.)	Largé, aplatie, sub-orbulaire, carène à peine indiquée, grande taille. Assez rare.
<i>Elongata</i> (<i>Ost. falciformis?</i> Goldf.)	Allongée, sub-ovale, légèrement arquée en forme de gondole, dos arrondi, pas de carène, grande taille. Très commune aux environs de Chaource.
<i>Sub-sinuata</i> (<i>Couloni.</i> Thurm.)	Calcaire à Spatangues (T. néocomien inférieur). — Vendevre, Soulaives, etc. — Offrant beaucoup d'analogie avec le type; mais ne parvenant jamais à atteindre absolument ni sa taille ni son facies, portant des stries d'accroissement plus aiguës et plus allongées. Commune.
<i>Dorsata</i> (<i>Couloni.</i> Thurm.)	Sub-ovale, ordinairement d'assez petite taille, très bombée; carène très saillante et très noueuse. Très commune.
<i>Falciformis</i> (<i>Ost. falciformis?</i> Goldf.)	Allongée et recourbée en forme de faux, en général assez étroite; carène très prononcée et plus ou moins noueuse; une dépression souvent considérable sous la carène du côté concave. Assez commune.
<i>Aquilina</i> (Bourguet, fig. 89 et 90.)	De taille en général petite, étroite, à carène très caractérisée, prononcée et ordinairement noueuse; crochet très prononcé et projeté latéralement; assez variable de forme, prenant quelquefois un sinus sur sa valve inférieure ou même des bifurcations. Très commune.

(1) Le nom de Lamarck comme le plus ancien, devrait, d'après les règles établies en histoire naturelle, avoir la priorité, mais la dénomination donnée par Sowerby est tellement usitée que nous croyons qu'il y a nécessité de lui donner la préférence.

(2) Ce nom, d'après M. Voltz, pourrait être conservé pour désigner une variété très commune à Neuchâtel, et dans laquelle un des côtés de la valve est presque vertical.

Annexe 16 : Comparaison de classifications - Crétacé supérieur

1- Classification du terrain crétacé supérieur, par Hébert (1875b)

(Bull. Soc. géol. France.)

CLASSIFICATION DU TERRAIN CRÉTACÉ SUPÉRIEUR, par M. HÉBERT.

(3^e sér., t. III, p. 595).

ÉTAGES.	SOUS-ÉTAGES.	ASSISES.	FRANCE SEPTENTRIONALE.	EUROPE SEPTENTRIONALE.	ALPES ET EUROPE MÉRIDIONALE.	TOURAINE.	AQUITAINE SEPTENTRIONALE.	AQUITAINE MÉRIDIONALE ET PYRÉNÉES.	PROVENCE	
									SEPTENTRIONALE.	MÉRIDIONALE.
DANUBIEN, d'Orb. (Craie supérieure).	supérieur.		Calcaire pisolitique.	Calcaire de Faxoc. Tufau de Maestricht.	Manque.	Manque.	Manque.			Calcaire de Rognac? Lignites de Faveau?
	inférieur.		Calcaire à Baculites de Yalognes.	Calcaire de Saltholm; Craie grise de Ciplý et de la Scanie orientale (Igneberga).						
SÉNONIEN, d'Orb. (Craie blanche).	supérieur.	supérieure.	Zone à <i>Belemnites mucronata</i> . Meudon, Epernay.	Angleterre (Norwich, Ile de Wight); Ciplý; Hanovre; Mœn; Rügen; Scanie occidentale; Pologot; Grès de Haldem (Westphalie; Hanovre).	Grande-Chartreuse, Dévoluy oriental; Crimée; Caucase.	Manque.	Manque.	Calcaire à <i>Micraster Tercensis</i> de Tercis et de Tuco. Argiles et grès à <i>Cyrena Garumnica</i> . Calcaires à <i>Hemipneustes Pyrenaicus</i> d'Ausseing, Gensac, etc.	Lignites de Piolenc, etc.	Lignites de Plan d'Aups, du Beausset.
		inférieure.	Zone à <i>Belemnites quadrata</i> . Reims, Laon, etc.	Belgique (Visé); Hanovre.						
	moyen.	supérieure.	Craie à <i>Micraster coranguinum</i> . Dieppe (est).	Angleterre (Gravesend, Ramsgate, etc.); Hanovre (Craie de Luneburg); Quadersandstein supérieur de Gehrden.	Grès de Dieulefit. Craie à <i>Micraster</i> de Dieulefit, Branchai... Seever-Kalk à <i>Ananchytes</i> (Suisse).	Craie à <i>Ananchytes</i> de Villedieu et de Blois. Craie supérieure de Châteaudun.	Craie de Royan et d'Aubeterre. Craie de Talmont.	Calcaires et marnes de Bidart, Gan et Tercis.	Grès de Celles.	Craie des Martigues à <i>Ostrea Matheroniana</i> .
		inférieure.	Craie à <i>Micraster cortestudinarium</i> . Dieppe (ouest).	Angleterre (Saint-Margaret, etc.); Hanovre (Zone à <i>Inoceramus Cuvieri</i>); Silésie (Op-peln); Ile de Wollin.	Calcaire à <i>Inoceramus</i> de Barrême, Branchai...	Craie de Villedieu à <i>Micraster brevis</i> .				
inférieur.		Craie à <i>Holaster planus</i> . Dieppe, Fécamp.	Angleterre (Chalk-Rock); Hanovre, Saxe, Silésie, etc. (zone à <i>Scaphites Geinitzi</i>).			Craie de Cognac à <i>Micraster brevis</i> .				
TURONIEN, d'Orb. (Craie marneuse).	supérieur (Calcaire à Hippurites).	supérieure.	Manque.	Manque.	Calcaire à <i>Hippurites cornuacinum</i> de Gosau, du Tyrol et de la Lombardie, Caucase.	Manque.	Calcaires à <i>Hippurites cornuacinum</i> .			
		inférieure.			?		Charente. Leschert, Eaux-Chaud ^{es} . Piolenc, Bagnols. Le Beausset.			
	inférieur (Craie de Touraine).	supérieure.	Manque.	Manque.	Calcaire à <i>Ostrea columba</i> , var. <i>gigas</i> , de Steinweg (Bavière, Ratisbonne).	Tufau à silice, avec <i>Ostrea columba</i> , var. <i>gigas</i> , et <i>Ammonites Requinianus</i> .	Calcaire crayeux à <i>Ammonites Rochebrunei</i> et <i>Ostrea columba</i> , var. <i>gigas</i> .	Grès de Mornas.	Grès du Beausset à <i>Micraster Matheroni</i> .	Calcaire à <i>Radiolites cornupastoris</i> .
	moyenne.			Tufau à <i>Inoceramus labiatus</i> et <i>Ammonites papalis</i> de Bohême.	Tufau à <i>Ammonites papalis</i> .	Couches à <i>Terebratella Carentonensis</i> et <i>Periaster Verneuilii</i> .	Grès à <i>Ammonites Requinianus</i> et <i>Ostrea columba</i> , var. <i>gigas</i> (fossiles ferrugineux).	Marnes à <i>Periaster Verneuilii</i> , <i>Hemiasper nodosoides</i> et <i>A. Rochebrunei</i> .	Grès à <i>Radiolites cornupastoris</i> .	
	inférieure.	Craie marneuse à <i>Inoceramus labiatus</i> , <i>Ammonites nodosoides</i> .	<i>Chalk without flints</i> (Angleterre); Allemagne du Nord; Saxe.		Craie marneuse à <i>Inoceramus labiatus</i> .	Couches à <i>Terebratella Carentonensis</i> et <i>Periaster Verneuilii</i> .	Grès à <i>Ammonites papalis</i> .	<i>Leymeriei</i> , <i>Ammonites nodosoides</i> et <i>A. Rochebrunei</i> .	Grès à <i>Inoceramus labiatus</i> et <i>Ammonites nodosoides</i> .	
CÉNOMANEN, d'Orb. (Craie glauconieuse).	supérieur (Grès du Maine).	supérieure.	Manque.	Manque.	Grès à <i>Ostrea columba</i> d'Escagnolles.	PERCHE. Manque.	Calcaires à Caprinelles; marnes à Ostracées.	Calcaire à Caprinelles de Sare.	Grès à lignites de Mondragon.	Couches à Ostracées.
		inférieure.				Sables rouges à <i>Ostrea columba</i> .			Grès à <i>Anorthopygus orbicularis</i> .	Calcaires à Caprinelles.
	inférieur (Craie de Rouen).	supérieure.	Craie à <i>Turritites costatus</i> .	<i>Grey-Chalk, Chalk-Marl</i> ; <i>Upper Greensand</i> d'Angleterre; <i>Unterer Quader</i> et <i>Unterer Planer</i> d'Allemagne.	Calcaires marneux à faune de Rouen (Escagnolles, Yesc, etc.); Caucase.	Argiles à <i>Ammonites Cunningtoni</i> . Craie blanche à <i>Turritites costatus</i> .	Grès à <i>Orbitolina concava</i> .	Grès à Trigonies.	Grès à <i>Anorthopygus orbicularis</i> .	
	moyenne.	Craie glauconieuse à <i>Turritites tuberculatus</i> .		Argiles à <i>Ostrea vesiculosa</i> .	Craie glauconieuse à <i>Turritites tuberculatus</i> .	Grès argileux à <i>Ammonites Rhotomagensis</i> et <i>Orbitolina concava</i> .	Grès à <i>Belemnites ultimus</i> .	Grès à faune de Rouen.		
	inférieure.	Glauconie à <i>Turritites Bergeri</i> (Gaize) et <i>Ammonites inflatus</i> ; Le Havre, Cosne, Montblainville, etc.	Cambridge et Blackdown (Angleterre); Bracquegnies (Belgique).	Grès verts à <i>Ammonites inflatus</i> et <i>Turritites Bergeri</i> de La Fauge et des Fiz.	Argiles à <i>Ostrea vesiculosa</i> .	Lignites de l'île d'Aix.	Grès à <i>Turritites Bergeri</i> et <i>Ammonites inflatus</i> .	Monque.		

2- Parallélisme entre la craie dans le Nord et dans le Sud-Ouest de la France, par H. Arnaud (1878)

(Bull. Soc. géol. de France.)

Note de M. ARNAUD.

3^e sér., t. VI, p. 211.)

Craie du Nord : classification de M. Hébert.						Craie du Sud-Ouest : concordance proposée par M. Arnaud.						
ÉTAGES	SOUS-ÉTAGES	ASSISES	FRANCE SEPTENTRIONALE	EUROPE SEPTENTRIONALE	TOURAINE	BASSIN DU SUD-OUEST				ÉTAGES ET SOUS-ÉTAGES		
Danien, d'Orb.; Craie supérieure.	supérieur.		Calcaire pisolithique.	Calcaire de Faxoe. Tufau de Maastricht.	Manque.	S	Sables, grès ferrugineux, poudingue dolomitique; <i>Radiolites ingens</i> , etc.: Beaumont-de-Périgord.				sup. } Dordogne.	
	inférieur.		Calcaire à Baculites de Yalognes.	Calcaire de Saltholm. Craie grise de Ciplý et de la Scanie orientale.		R ¹	Calcaires jaune-blanchâtres, tendres, à silice; <i>Hemaster prunella</i> , <i>Cassidulus lapis-caneri</i> , etc.: Mussidan, Beaumont, etc.					moyen } inf. }
Sénonien, d'Orb.; Craie blanche.	supérieur.	supérieure.	Zone à <i>Belemnitella mucronata</i> : Meudon, Epernay.	Angleterre (Norwich, Ile de Wight); Ciplý; Hanovre; Moen; Rugen; Scanie occidentale; Pologne; grès de Haldem (Westphalie, Hanovre).	Manque.	P ¹	Calcaire blanc ou gris, avec cordons siliceux; <i>Crania Ignabergensis</i> , <i>Ostrea vesicularis major</i> , <i>O. semiplana</i> , <i>Anachytes ovalis</i> , <i>Offaster pilula</i> , <i>Bourguetia crinus ellipticus</i> , etc.: La Tremblade, Talmont, Saint-Seurin-d'Uzet, Montmoreau (Taulliaré), Villeve, etc.				sup. } moyen }	
		inférieure.	Zone à <i>B. quadrata</i> : Reims, Laon.	Belgique (Visé); Hanovre.		P ²	Calcaire gris, marneux ou arénacé, avec cordons siliceux; <i>Belemnitella quadrata</i> ; Montmoreau; — calcaire blanc ou bleu, à silice et Alvéolines: Belves.					
	moyen.	supérieure.	Craie à <i>Micraster coranguinum</i> : Dieppe (est).	Angleterre (Gravesend, Ramsgate, etc.); Hanovre (craie de Lunenburg); Quadersandstein supérieur de Gehrdén.	Craie à <i>Anachytes</i> de Villedieu et Blois.	P ³	Calcaire gris-bleuâtre, hydraulique, à silice; <i>Pyrina Petrocorientis</i> , <i>Micraster glyphus</i> , <i>Cyphosoma Arnaudi</i> , <i>Terebratella Santoniensis</i> : Chartuzac, Livernant, Champcevinel, Tréoussac, Rzac, Limeyrat, La Gélise, Larzac, etc.				inf. }	
		inférieure.	Craie à <i>M. cortestudinarium</i> : Dieppe (ouest).	Angleterre (Saint-Margaret); Hanovre: zone à <i>Inoceramus Cuvieri</i> ; Silésie (Oppeln); Ile de Wollin.		Craie supérieure de Châteaudun.	N ¹	Calcaire marneux, gris, à silice: Saintes; — calcaires glauconieux, gris: <i>Conoclypeus ovum</i> : Charmant, Le Bugue; — grès argileux: <i>Ostrea acutirostris</i> : Sariat, Le Got, Villefranche.				sup. } moyen }
inférieur.		Manque.	Manque.	Manque.	Craie de Villedieu à <i>Micraster brevis</i> .	M ¹	Calcaire noduleux: Lavallette, Périgueux; <i>Isorhyngus Nancasi</i> ; — calcaire jaune arénacé, pierre de taille; <i>B. Toucasianus</i> : Miremont, Moulin-Lescot, etc.				inf. }	
						M ²	Calcaire marneux, gris; <i>Rhynchonella Eudesi</i> : Saint-Martin-de-Cognac, Périgueux, Miremont; — calcaire rouge compacte: La Trape, Saint-Cernin, Freycinet-le-Gelat, etc.					
Turonien, d'Orb.; Craie marneuse.	supérieur (Calcaire à Hippurites).		Manque.	Manque.	Manque.	L ¹	Calcaire arénacé, glauconieux: pierre de taille de Périgueux; <i>Micraster brevis</i> , <i>Rhynchonella Baugasi</i> ; — calcaire rouge compacte; Villefranche (gare), etc.				sup. } moyen }	
						L ²	Calcaire noduleux, glauconieux: Bussac, Cognac, Pons, Périgueux; — calcaire jaune, pierre de taille du Sarladais: Aubas, Miremont, Sariat, etc.					
	inférieur (Craie de Touraine).	supérieure.	Craie à <i>Holaster planus</i> : Dieppe (ouest).	Angleterre (Chalk-Rock); Hanovre, Saxe, Silésie, etc. (zone à <i>Scaphites Geinitzi</i>).	Tufau à silice, avec <i>Ostrea columba gigas</i> , <i>Ammonites Requienianus</i> .	Tufau à <i>Ammonites papalis</i> .	I	Calcaires marneux, bleus ou verdâtres; <i>Sphaerulites sinuatus</i> : Mouthiers, Saint-Cirg, Sauveterre.				sup. } moyen }
		moyenne.	Manque.	Manque.	Manque.		H ¹	Calcaire blanc, dur: <i>S. radiatus</i> : Pons, Angoulême, Gourd-de-l'Arche; — calcaire blanc-jaunâtre, pierre de taille: Campagne, carrières de la rive droite du Lot.				
inférieur.		Manque.	Craie marneuse: <i>Inoceramus labiatus</i> , etc.	Chalk without flints: Angleterre; Allemagne du Nord.	Craie marneuse à <i>I. labiatus</i> .	H ²	Calcaire tendre, pierre de taille: <i>S. Ponsianus</i> : Jonzac, Pons, Châteauneuf; — grès siliceux ou argileux: sables: Aubas, Carlux, Gourdon, rives du Lot.				inf. } sup. }	
						G	Calcaire blanc, tendre ou solide, pierre de taille: <i>Radiolites lumbricalis</i> : Châteauneuf, Angoulême, Chance-lade, Les Pyles.					
Cénomannien, d'Orb.; Craie glauconieuse.	supérieur (Grès du Maine).	supérieure.	Manque.	Manque.	Manque.	F ¹	Calcaire blanc, gélif; <i>Periaster oblongus</i> , <i>Ostrea Arnaudi</i> : Taillebourg, Angoulême, Carlux, Gourdon, Fumel (castine).				sup. } moyen }	
		moyenne.				Manque.	Manque.	Manque.	E	Calcaire noduleux, gélif, avec bancs glauconieux; <i>Ammonites Rochebrunei</i> , <i>A. Requienianus</i> , <i>A. peramplus</i> , <i>Ostrea columba gigas</i> : Soubise, Martrou, Taillebourg, Châteauneuf, Angoulême, Campagne, La Mairie (Veyrines), Fumel, etc.		
	inférieure.					D ¹	Marnes vertes ou bleues; <i>Ostrea columba gigas</i> : Soubise, Châteauneuf, Angoulême; — calcaire blanc, accidentellement taillé: Veyrines, Fumel (Condal), Carlux, etc.				sup. } moyen }	
	inférieur.		Craie de Rouen.			D ²	Calcaire gris, gélif: <i>Terebratella Carentonensis</i> : Port des Barques, Angoulême; — calcaire arénacé, glauconieux: La Mairie, Duravel; — calcaire rougeâtre: Fumel.					
inférieur.						C ¹	Calcaire blanc-jaunâtre, noduleux ou compacte: <i>Caprina adersa</i> , <i>Holcetypus excisus</i> , etc.: Ile-Madame, Saint-Savinien, Angoulême.				sup. } moyen }	
						C ²	Grès, sables et argiles légalines: <i>Ostrea flabellata</i> , <i>O. biauriculata</i> , <i>O. columba</i> : Ile-Madame, Saint-Savinien, Châteauneuf, Angoulême, Marcuil.					
inférieur.						A	Calcaire inférieur à <i>Caprina adersa</i> : Ile-Madame; — calcaire pierre de taille: Saint-Savinien, Saint-Sulpice, Nersac; — calcaire marneux: Angoulême, Marcuil.				sup. } moyen }	
						A	Grès glauconieux ou ferrugineux, alternant avec des argiles à lignite et succin; <i>Anorthopygus orbicularis</i> , <i>Orbitolina concava</i> , <i>Caprina adersa</i> , <i>Sphaerulites foliaceus</i> , etc.: Ile d'Aix, Fouras, Piédémont, Rochefort, Tonny-Charente, Châteauneuf, Sireuil, Angoulême, Marcuil.					

16-2

3- Synchronisme entre les assises de la Craie supérieure dans le pourtour méditerranéen et les assises correspondantes du Nord, par Toucas (1882)

Tableau indiquant le synchronisme établi entre les assises de la Craie supérieure du Midi et les assises correspondantes du Nord.

Bul. Soc. Géol. de France, 3^e Série, t. X, p. 209.

ÉTAGES	SOUS-ÉTAGES	CORRÈRES	HAUTE-GARONNE	LANDES ET BASSES-PYRÉNÉES	NORD DE L'ESPAGNE	PROVENÇES	ALGÉRIE	ALPES	LES DEUX CHARENTES ET DORDOGNE	TOURAINNE	NORD DE LA FRANCE ET BASIN DE PARIS	NORD DE L'EUROPE SUÈDE, DANEMARCK, HANOVER ET WESTPHALIE
DANIEN, Desor.	Garambien, Leym.	1 ^o Argiles rutilantes, calcaires et conglomérats. 2 ^o Argiles rutilantes, gypseuses, avec fossiles lacustres et saumâtres.	1 ^o Calc. à <i>Micraster terrensis</i> , d'Ausselg. 2 ^o Calc. et marnes d'Ausselg et d'Ausselg, avec faune saumâtre.	1 ^o Calc. à <i>Micraster terrensis</i> , de Bédat et d'Angoumè. 2 ^o Couches non déterminées à Tercit.	1 ^o Conglomérats et argiles rutilantes. 2 ^o Calcaire marneux à lignites et faune saumâtre.	1 ^o Argiles rutilantes, brèches et conglomérats, (montagne du Gengle). 2 ^o Calcaire de Rognac, de Favos, du plan d'Aups et du Beausset, à lignites et faune lacustre.	Calcaire à <i>Ostrea Overcepi</i> .				Calcaire pisolithique.	Calcaire de Faxö et de Salholm.
	Craie de Maëstricht, Duronien, Coq.	Grès d'Alet.	Calc. et argiles d'Ausselg et de Gensac à <i>Hemipneustes</i> et <i>Hippurites radiatus</i> .	Calcaire marneux d'Andignon à <i>Hemipneustes</i> .	Calcaire argileux de Vallobre à <i>Hemipneustes</i> .	1 ^o Calcaire à faune saumâtre. 2 ^o Calcaire marneux à <i>Hemipneustes</i> , <i>Ostrea acutirostris</i> et <i>Hippurites</i> .	1 ^o Marnes et calcaires à <i>Nerita rugosa</i> , <i>Ostrea larva</i> . 2 ^o Calcaire à <i>Inocer. Cripai</i> .	Calcaire à <i>Nerita rugosa</i> , <i>Ostrea larva</i> et <i>Oribolites media</i> de l'Idro.	1 ^o Grès à <i>Nerita rugosa</i> , <i>Radiolites Bournoisi</i> . 2 ^o Calcaire à <i>Hemipneustes</i> , <i>Hippurites radiatus</i> , et <i>Ostrea acutirostris</i> .		Calcaire à <i>Baculites</i> de Valogne.	Craie tuffue de Maëstricht, Cipli, Aix-la-Chapelle et de la Scanie orientale à <i>Hemipneustes</i> , <i>Nerita rugosa</i> , <i>Ostrea acutirostris</i> et <i>Hippurites radiatus</i> .
SÉRONIEN 4 ^{orb} .	Campanien, Coq.	1 ^o Marnes bleues et grès avec nombreux Foraminifères. 2 ^o Grès et marnes de Sougraigne à <i>Ostrea vesicularis major</i> , <i>Bidammitella</i> et bancs d' <i>Hippurites bioculatus</i> , intercalés.	Calcaire marneux d'Ausselg et de Saint-Martyr à <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Rhynch. Eudesi</i> , et banc de <i>Radiolites intercalé</i> .	Calcaire à silex de Tercit à <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Amn. Neuberghicus</i> , <i>Heteroceras polyplacum</i> , <i>Cyclonitella centralis</i> .	Grès et marnes à <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Inocerames</i> , <i>Alvéolines</i> , avec banc de calcaire à <i>Hipp. conicalatus</i> .	1 ^o Calc. marneux à <i>Nerites bioculata</i> , <i>Lima ovata</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Cyph. subnodum</i> , <i>Rhynch. Eudesi</i> . 2 ^o Marnes, grès et calcaires à <i>Ostrea Mercyi</i> , <i>Ost. Coderensis</i> , <i>Cyphosoma corollare</i> , <i>Cyph. microtuberculatum</i> , <i>Hippurites dilatatus</i> , <i>canaliculatus</i> et <i>Bidammitella</i> .	1 ^o Marnes et calc. à <i>Ostrea vesicularis</i> . 2 ^o Calc. marneux à <i>Ostrea implanata</i> . — <i>Peroni</i> . — <i>Coderensis</i> .	Calcaire à <i>Belem. mucronata</i> , <i>Inocer. Cripai</i> , <i>Cyphos. subnodum</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> de la Savoie, du Dauphiné et de la Provence Alpine.	1 ^o Calc. à <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Bidammitella</i> , <i>Amn. Neuberghicus</i> , <i>Nerites bioculata</i> , <i>Rhynch. Eudesi</i> . 2 ^o Calc. à <i>Cyphosoma microtuberculatum</i> , <i>Ostrea coderensis</i> , <i>Hipp. dilatatus</i> , <i>bioculatus</i> .		1 ^o Craie de Meudon et d'Épernay à <i>Belem. mucronata</i> , <i>Dentalium planicostatum</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> . 2 ^o Craie à <i>Belem. quadrata</i> , <i>Ostrea Mercyi</i> de Reims et de Targuay.	1 ^o Craie de Haldem, Cipli, Rügen, Scanie occidentale, Hanovre et Westphalie à <i>Bidammitella</i> , <i>Amn. Neuberghicus</i> , <i>Ostrea vesicularis</i> , <i>Lima ovata</i> .
	Santonien, Coq.	1 ^o Marnes bleues à <i>Inocer. digitatus</i> , <i>Amn. texanus</i> , <i>Ostrea Deshayesi</i> . 2 ^o Calc. mar. et grès à <i>Amn. subtricaratus</i> , <i>Amn. texanus</i> , <i>Am. palliatum</i> , <i>Micraster brevis</i> et <i>Cidaris Jouanetti</i> . 3 ^o Calc. à <i>Cératites</i> , <i>Cyphosoma Archiaci</i> et <i>Rhynch. petrocorienis</i> .	Argiles d'Ausselg et de Saint-Martyr avec dalles de calcaires gris et bleus.	1 ^o Calc. mar. de Tercit à <i>Micraster corcolumbatum</i> , <i>Inocer. Cripai</i> . 2 ^o Calc. marneux de Bidart et Gas à <i>Amn. palliatum</i> , <i>Holaster Bouilleti</i> . 3 ^o Marnes et grès à fucoides et calcaire de Bidache et de Gas.	1 ^o Marnes bleues à <i>Mic. corcolumbatum</i> , <i>Mic. corvaginum</i> , <i>Inocer. Cripai</i> . 2 ^o Marnes à <i>Micraster brevis</i> et <i>Mic. turonensis</i> . 3 ^o Calc. et grès à <i>Rhynch. petrocorienis</i> .	1 ^o Marnes bleues à <i>Inocer. digitatus</i> et <i>Spongiaires</i> . 2 ^o Calc. et grès à <i>Amn. texanus</i> , <i>Mic. brevis</i> et <i>Mic. turonensis</i> . 3 ^o Calc. et grès à <i>Rhynch. petrocorienis</i> .	1 ^o Calc. mar. à <i>Amn. texanus</i> , <i>Ostrea Deshayesi</i> . 2 ^o Calc. à <i>Mic. brevis</i> . 3 ^o Calc. et marnes à <i>Cyphosoma Archiaci</i> et <i>Cerat. Fournelli</i> .	1 ^o Calc. à <i>Mic. corvaginum</i> , <i>Inocer. digitatus</i> , <i>Amn. texanus</i> , <i>Amn. palliatum</i> , <i>Inocer. Cripai</i> de Nico et Allons. 2 ^o Grès à <i>Mic. correst.</i> et <i>Ceratites Robini</i> de Dieulouf. 3 ^o Cal. à <i>Cératites</i> , <i>Rhynch. petrocorienis</i> .	1 ^o Craie à <i>Mic. corvaginum</i> de Blois et Chartres. 2 ^o Craie à <i>Micraster correst.</i> de Chartesudun. 3 ^o Craie de Villefieu à <i>Amn. texanus</i> , <i>Amn. subtricaratus</i> , <i>Mic. turonensis</i> , <i>Cid. Jouanetti</i> .	1 ^o Craie à <i>Mic. corvaginum</i> , <i>Inocer. digitatus</i> . 2 ^o Craie à <i>Mic. correstudinarium</i> , <i>Am. texanus</i> , <i>subtricaratus</i> . 3 ^o Craie à <i>Micraster brevis</i> de Vervins.	1 ^o Marnes d'Éms à <i>Inocer. digitatus</i> , <i>Amn. texanus</i> , <i>subtricaratus</i> , <i>Mic. correstudinarium</i> . 2 ^o Marnes à <i>Mic. brevis</i> et <i>Spondylus spinosus</i> . 3 ^o Craie à <i>Micraster brevis</i> de Vervins.	Zone de l' <i>Holaster planus</i> et des <i>Schaphites Geinitzi</i> .
TURONIEN 5 ^{orb} .	Angoumien, Coq.	Grès et calcaires à <i>Hipp. cornuacium</i> , — <i>Requieni</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Radiolites hembraicis</i> d'Andignon.	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Hipp. organiana</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Hipp. organiana</i> , <i>Hipp. Requieni</i> , <i>Radiolites cornuacioris</i> et <i>Am. Requieni</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Hipp. organiana</i> , <i>Hipp. Requieni</i> , <i>Radiolites cornuacioris</i> et <i>Am. Requieni</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Rad. cornuacioris</i> , <i>Am. Requieni</i> .	Calc. à <i>Hipp. cornuacium</i> , <i>Hipp. organiana</i> , <i>Hipp. Requieni</i> , <i>Rad. cornuacioris</i> , <i>Rad. lumbricoides</i> .	Calc. à <i>Amn. Requieni</i> , <i>Rad. cornuacioris</i> .	Calc. à <i>Amn. Requieni</i> , <i>Rad. cornuacioris</i> .	Craie à <i>Holaster planus</i> , <i>Ammonites peramplius</i> , <i>Schaphites Geinitzi</i> .	Zone de l' <i>Holaster planus</i> et des <i>Schaphites Geinitzi</i> .
	Ligrien, Coq.	1 ^o Grès à <i>Nerites Requieni</i> . 2 ^o Calc. à <i>Térébratelles</i> , <i>Ditrogo deformis</i> et <i>Polypteri</i> .		Calc. à <i>Ostrea columba</i> , <i>Amn. Rochelensis</i> , <i>Amn. Deverti</i> , <i>Inoc. labiatus</i> , <i>Lithia Versuilli</i> .	1 ^o Calc. marneux à <i>Amn. papalis</i> , <i>Amn. Rochelensis</i> , <i>Amn. Deverti</i> . 2 ^o Calc. marneux à <i>Inoc. labiatus</i> , <i>Lithia Versuilli</i> , <i>Amn. nodosoides</i> .	1 ^o Calc. marneux à <i>Amn. papalis</i> , <i>Amn. Rochelensis</i> , <i>Amn. Deverti</i> . 2 ^o Calc. marneux à <i>Inoc. labiatus</i> , <i>Lithia Versuilli</i> , <i>Amn. nodosoides</i> .	Calc. à <i>Inocer. labiatus</i> , <i>Lithia Versuilli</i> .	Calc. à <i>Amn. papalis</i> , <i>Amn. Deverti</i> . 2 ^o Calc. à <i>Inocer. labiatus</i> , <i>Amn. nodosoides</i> et <i>Térébratelles</i> .	1 ^o Calc. à <i>Amn. papalis</i> , <i>Amn. Deverti</i> . 2 ^o Calc. à <i>Inocer. labiatus</i> , <i>Amn. nodosoides</i> et <i>Térébratelles</i> .	1 ^o Craie à <i>Amn. Deverti</i> , <i>Inoc. Bronghiaris</i> , <i>Tereb. gracilis</i> . 2 ^o Craie à <i>Inocer. labiatus</i> , <i>Amn. nodosoides</i> et <i>Belem. plenus</i> .	1 ^o Zone de l' <i>Inocer. Bronghiaris</i> et <i>Amn. Woolgart</i> . 2 ^o Zone de l' <i>Inocer. labiatus</i> , <i>Amn. nodosoides</i> et <i>Belem. plenus</i> .	

16-3

Annexe 17 : Tableau des divisions du groupe secondaire ou mésozoïque
par Munier-Chalmas et A. de Lapparent (1893)

TABLEAU N° 2

Tableau des divisions du groupe secondaire ou mésozoïque

SYSTÈMES	SÉRIES	ÉTAGES		SOUS-ÉTAGES	
		Fac. pél.	Fac. lag.		
Crétacé ou Crétacique	Supérieure	Danien	Garumnien	Montien	
		Sénonien {	Aturien		Danien pr. dit.
			Emschérien		Dordonnien
					Campanien
					Santonien
					Coniacien
			Turonien		
			Cénomannien		
	Inférieure	Albien			
		Aptien			
		Barrémien			
		Néocomien		Hauterivien	
				Valanginien	
Jurassique	Supérieure	Portlandien		Aquilonien-Purbeckien	
		Kimeridgien		Bononien	
		Séquanien Rauracien			
		Oxfordien			
		Callovien			
	Moyenne	Bathonien			
		Bajocien			
	Inférieure ou liasique	Lias	Toarcien		
			Charmouthien		
			Sinémurien		
		Infralias	Hettangien		
			Rhétien		
	Triasique	Juvavien			
Tyrolien		Carnien			
Virglorien		Norien			
Werfénien					
Vosgien					

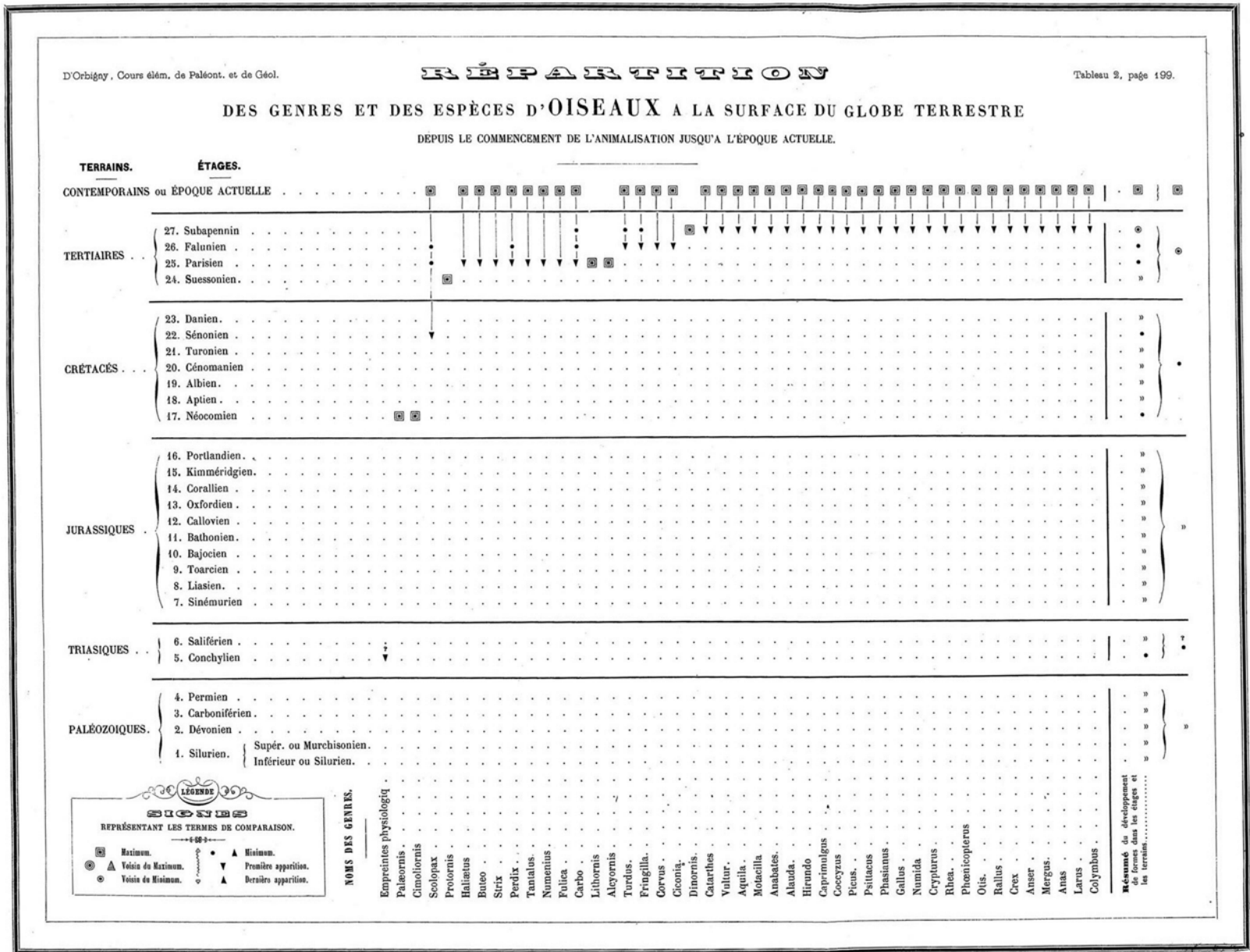
Annexe 18 : Répartition des genres et des espèces à la surface du globe terrestre depuis le commencement de l'animalisation jusqu'à l'époque actuelle par Alcide d'Orbigny (1852c)

- 1 - Genres et espèces de Mammifères
- 2 - Genres et espèces d'Oiseaux
- 3 - Genres et espèces de Reptiles
- 4 - Genres et espèces de Poissons
- 5 - Genres et espèces de Céphalopodes tentaculifères
- 6 - Genres et espèces de Céphalopodes acétabulifères, Gastéropodes terrestres et fluviatiles, Lamellibranches fluviatiles
- 7 - Genres et espèces de Gastéropodes marins
- 8 - Genres et espèces de Mollusques lamellibranches ou Acéphalés marins
- 9 - Genres et espèces de Mollusques Brachiopodes
- 10 - Genres et espèces de Mollusques Bryozoaires
- 11 - Genres et espèces d'Échinodermes, Échinoïdes, Astéroïdes et Ophiuroïdes
- 12 - Genres et espèces d'Échinodermes Crinoïdes
- 13 - Genres et espèces de Zoophytes
- 14 - Genres et espèces de Foraminifères
- 15 - Genres et espèces d'Amorphozoaires
- 16 - Ordres et genres d'Animaux
- 17 - Classes et ordres d'Animaux

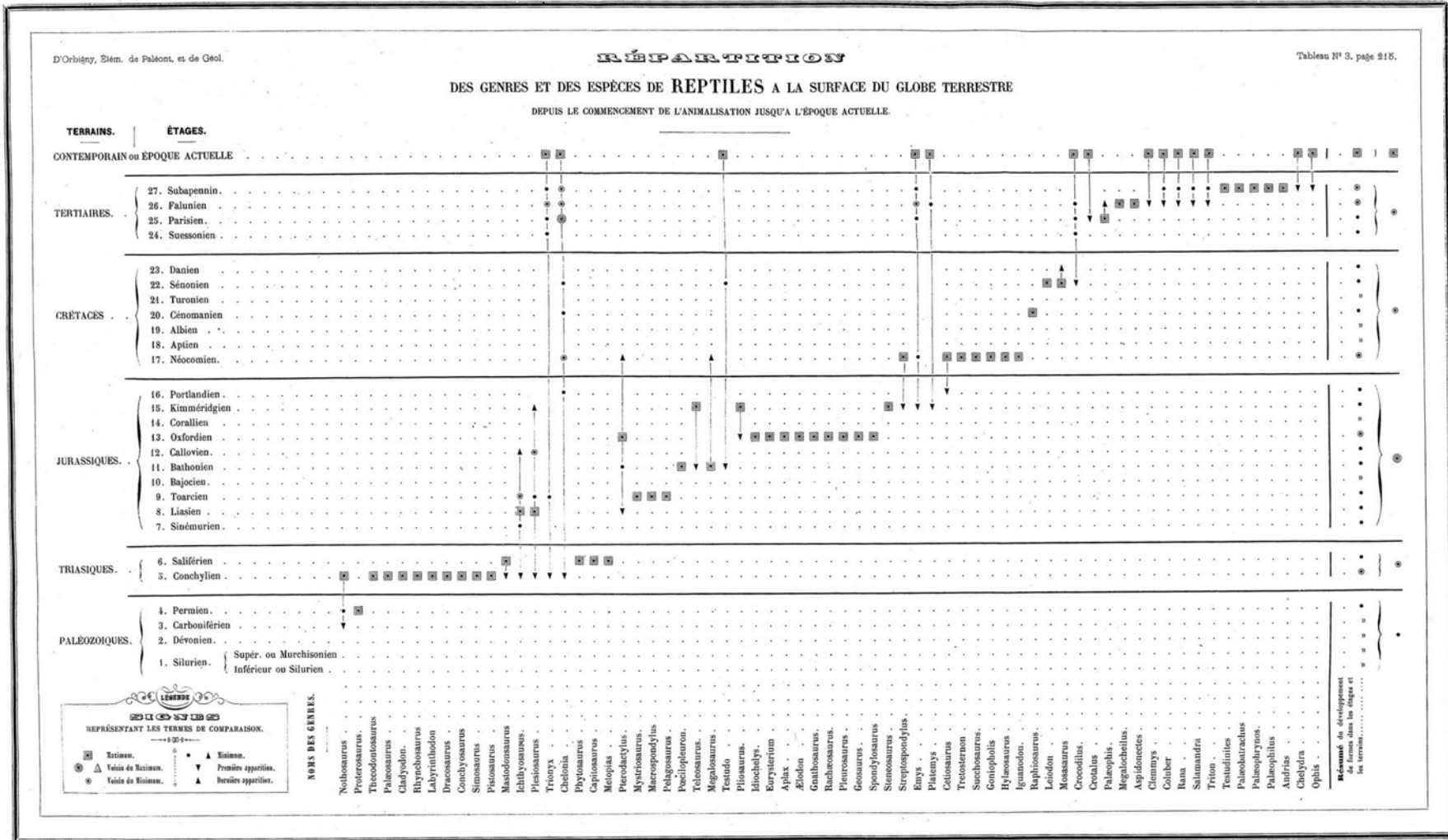
Légende pour tous les tableaux :



2- Genres et espèces d'Oiseaux



3- Genres et espèces de Reptiles



4- Genres et espèces de Poissons

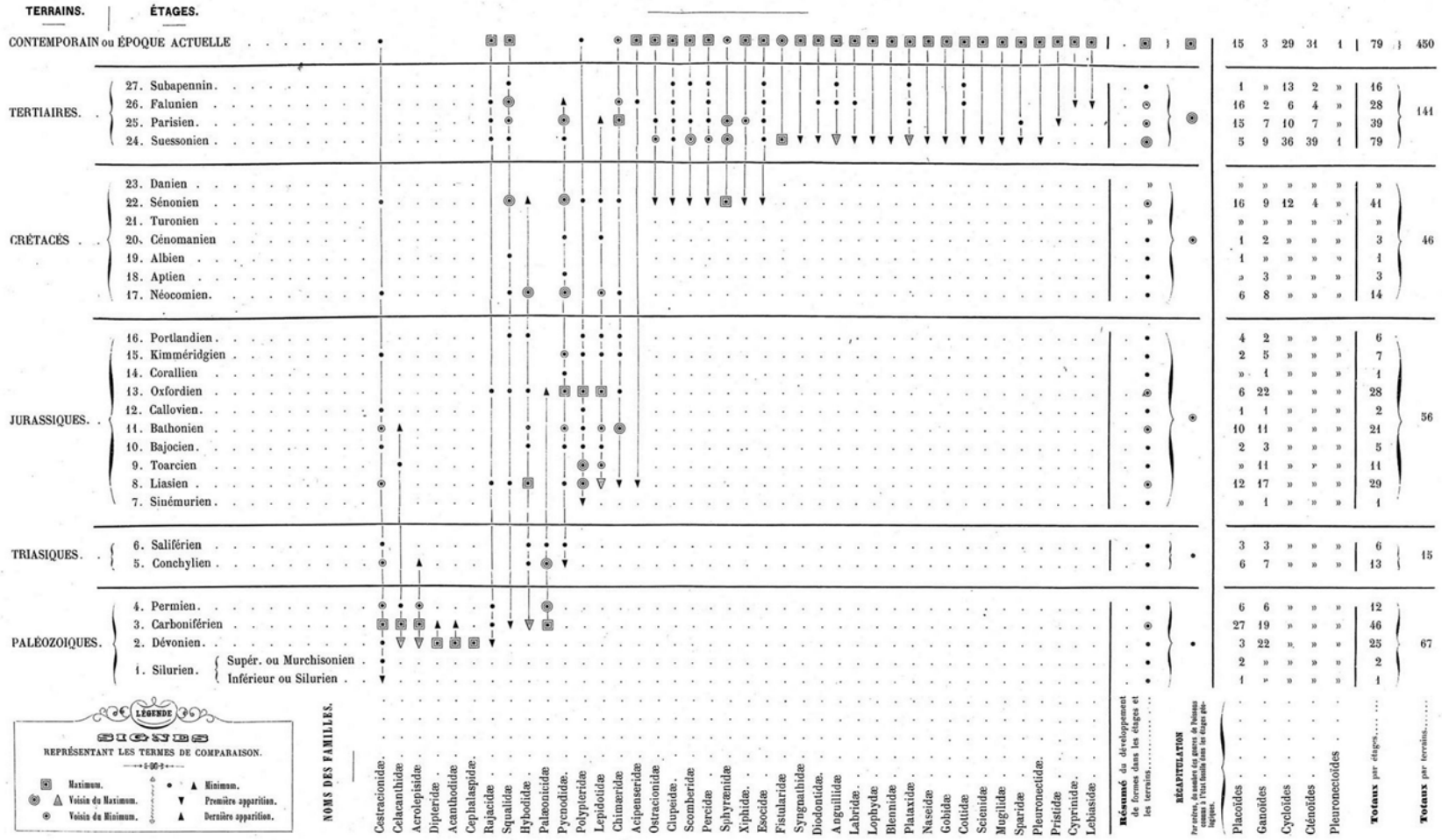
D'Orbigny, Cours élém. de Paléont. et de Géol.

RÉPARTITION

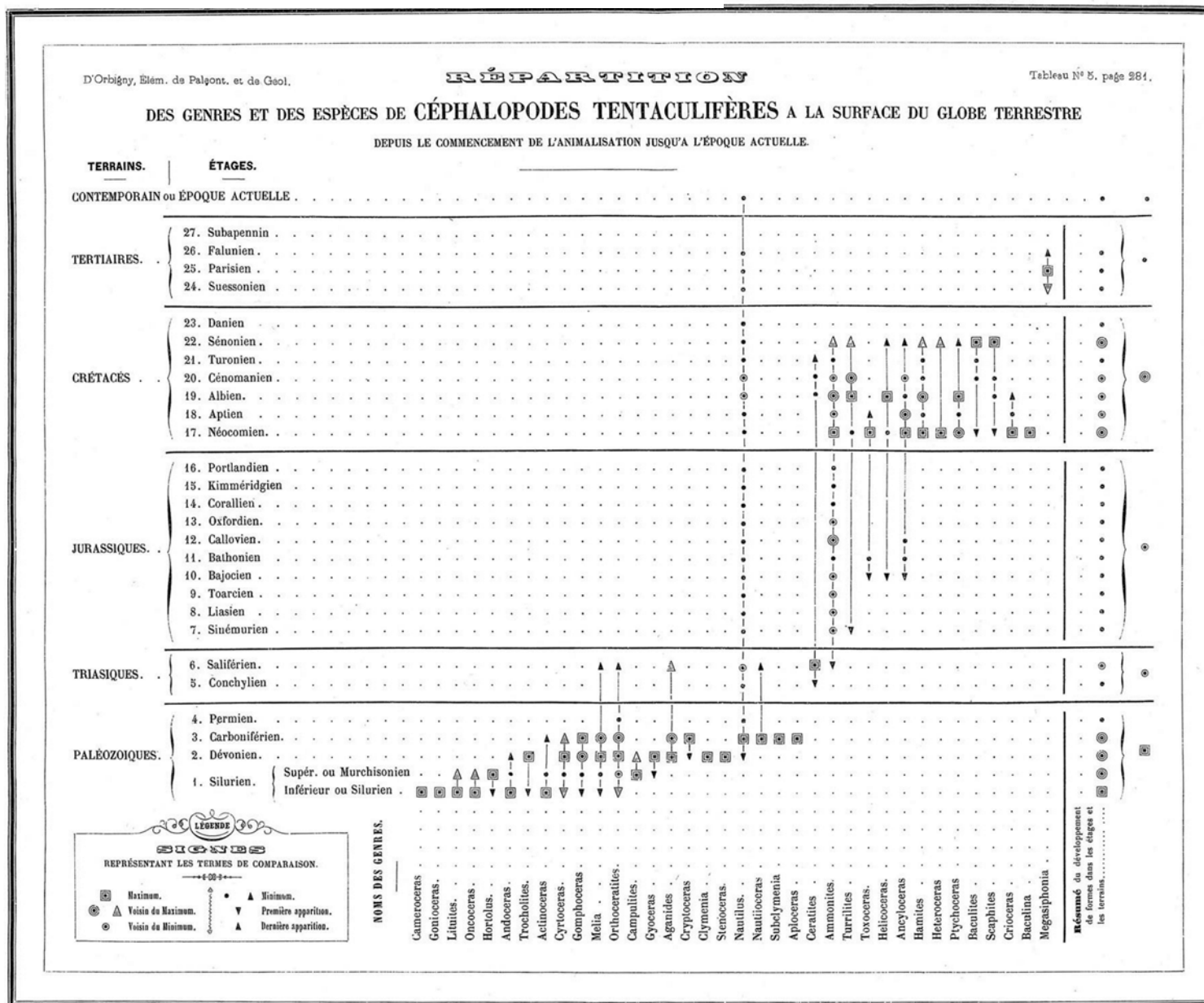
Tableau N° 4, page 234.

DES FAMILLES ET DES GENRES DE POISSONS A LA SURFACE DU GLOBE TERRESTRE

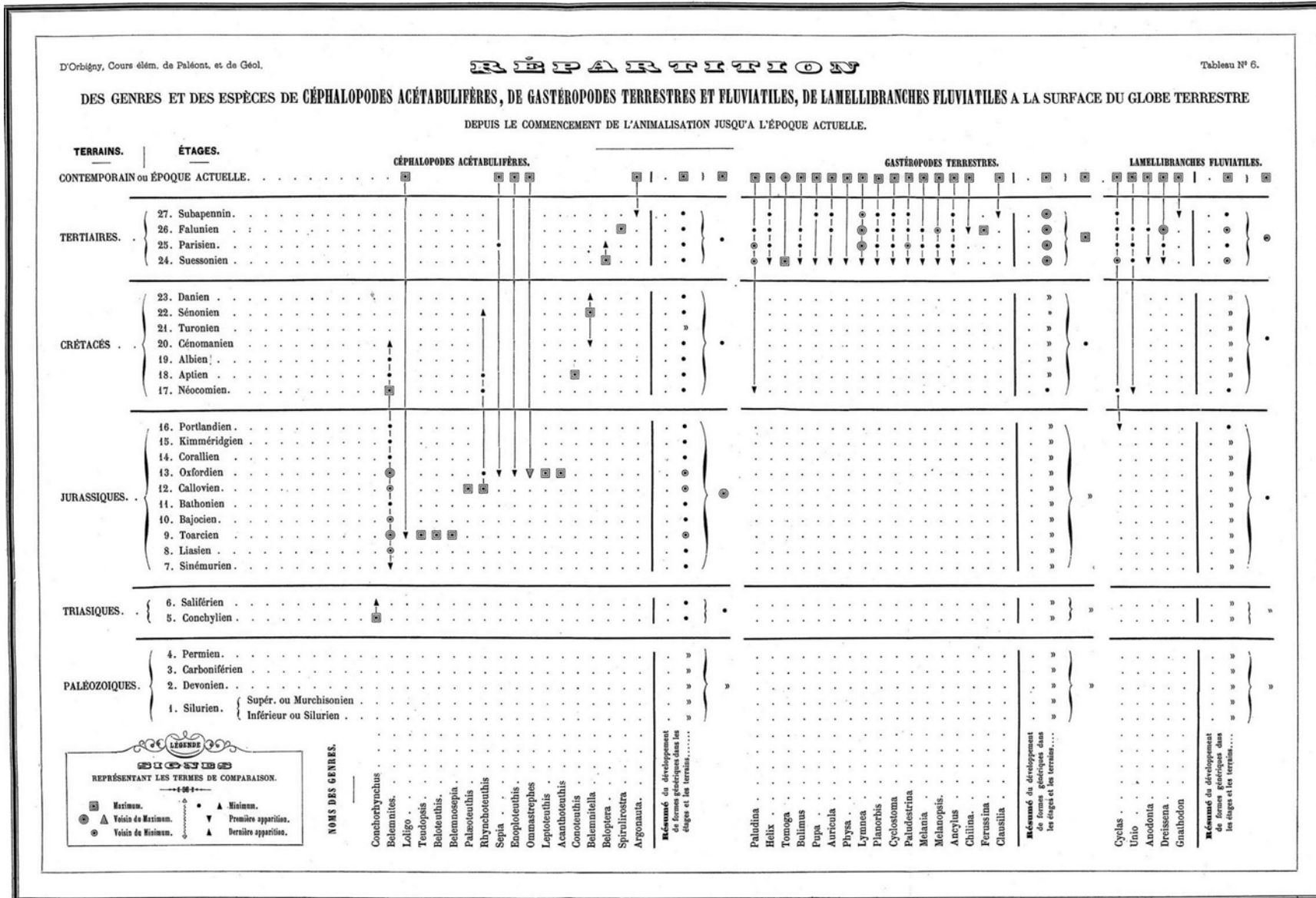
DEPUIS LE COMMENCEMENT DE L'ANIMALISATION JUSQU'A L'ÉPOQUE ACTUELLE.



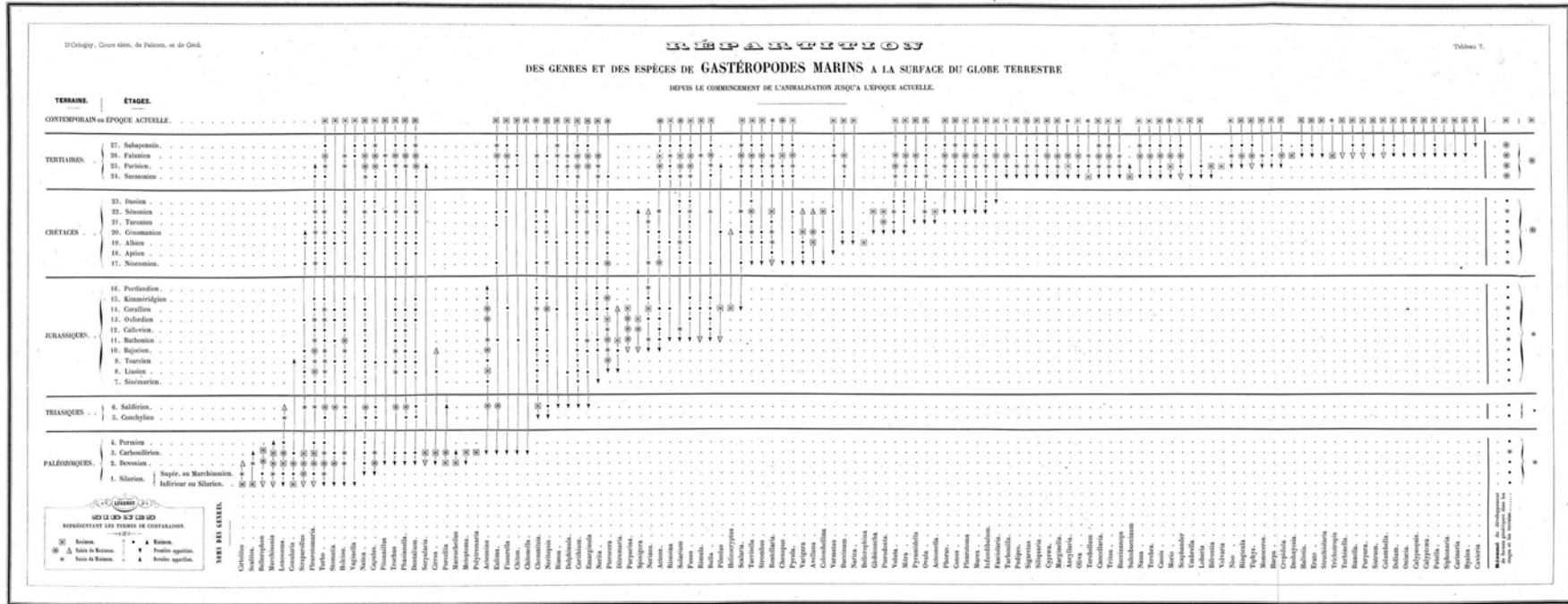
5- Genres et espèces de Céphalopodes tentaculifères



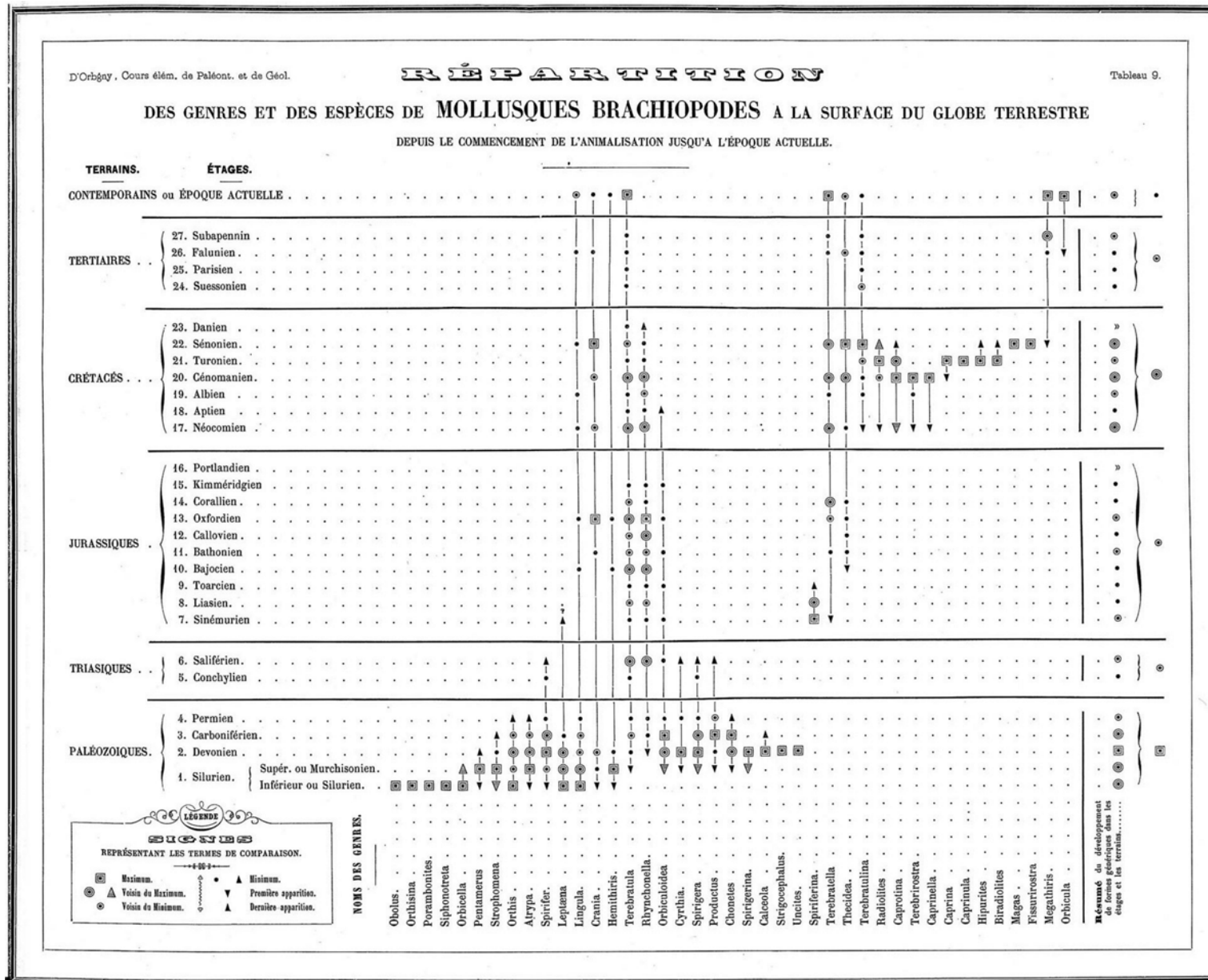
6- Genres et espèces de Céphalopodes acétabulifères, Gastéropodes terrestres et fluviatiles, Lamellibranches fluviatiles



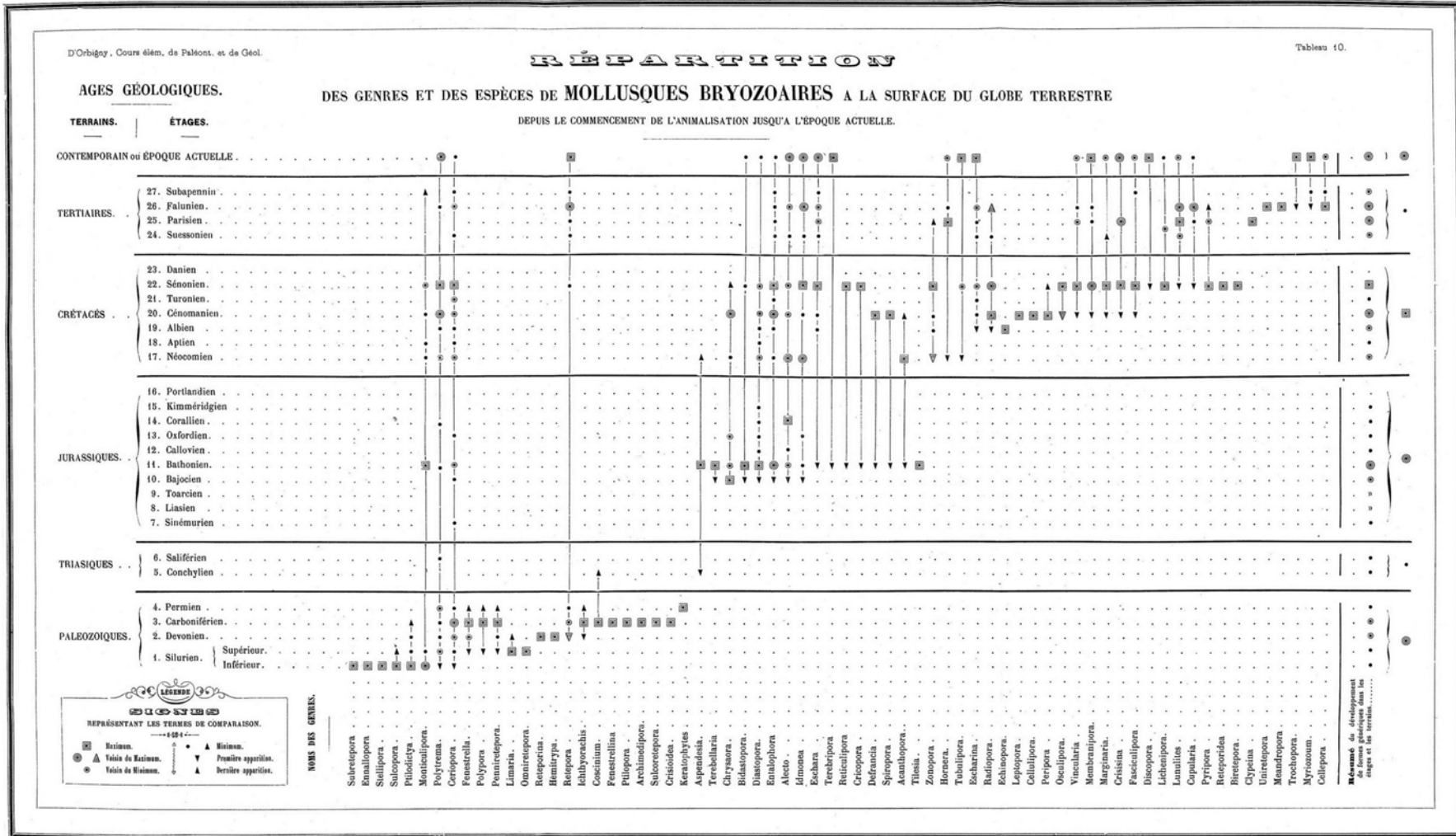
7- Genres et espèces de Gastéropodes marins



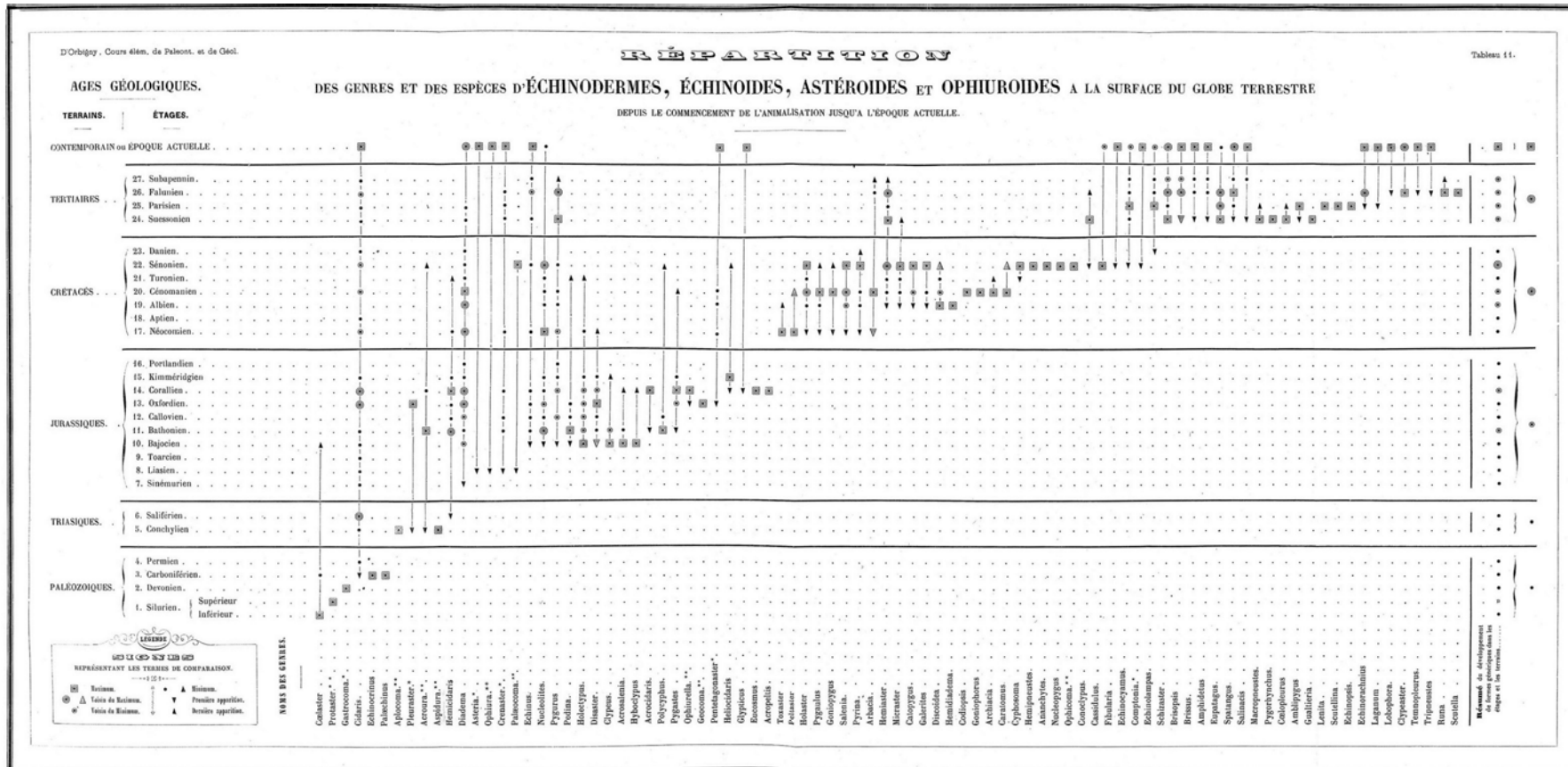
9- Genres et espèces de Mollusques Brachiopodes



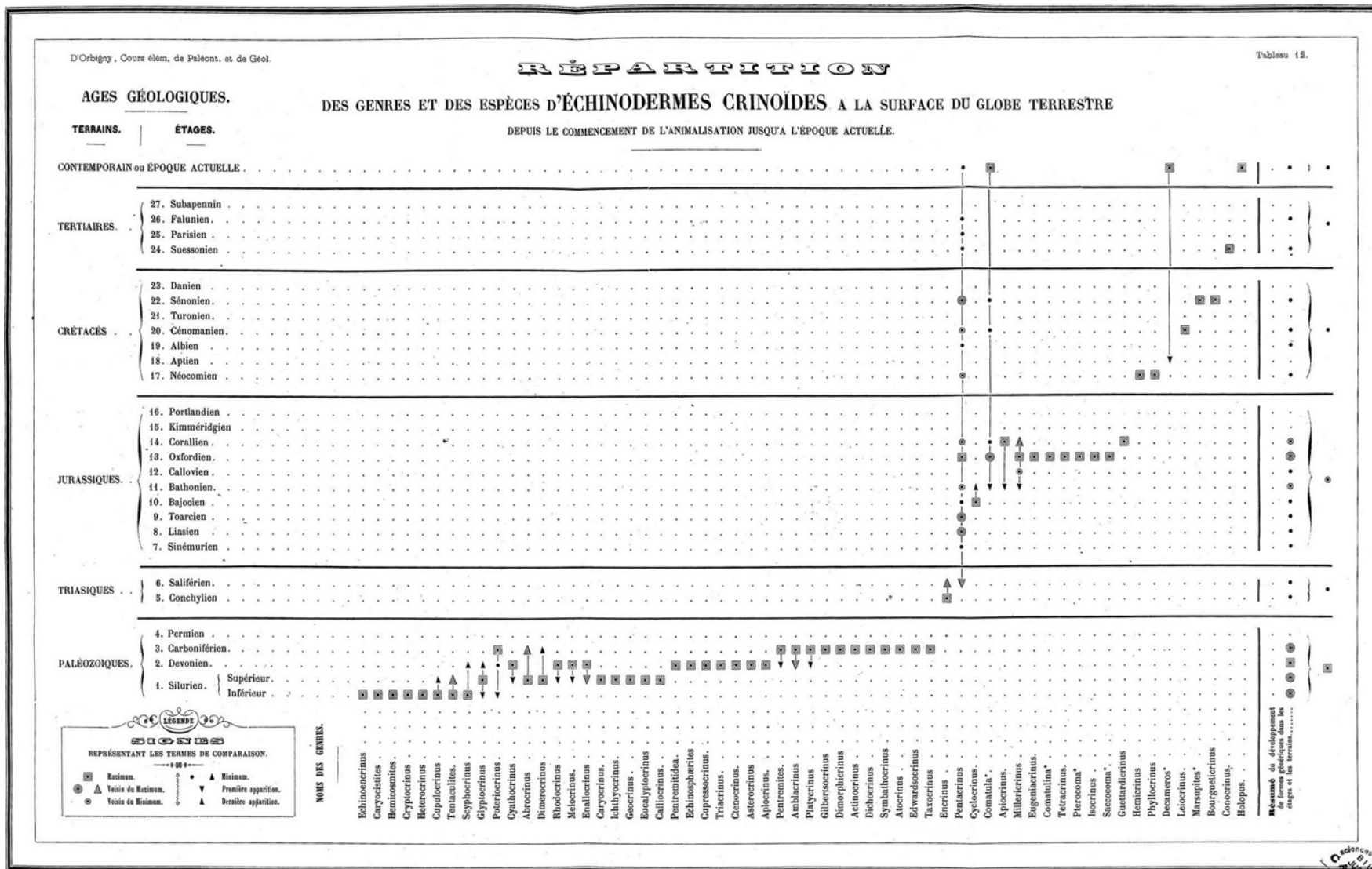
10- Genres et espèces de Mollusques Bryozoaires



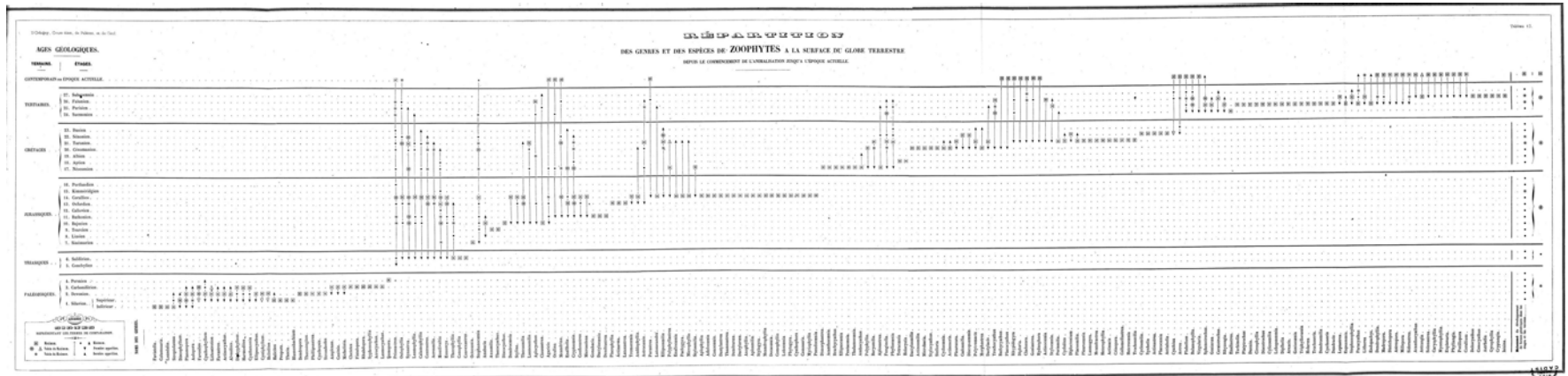
11- Genres et espèces d'Échinodermes, Échinoïdes, Astéroïdes et Ophiuroïdes



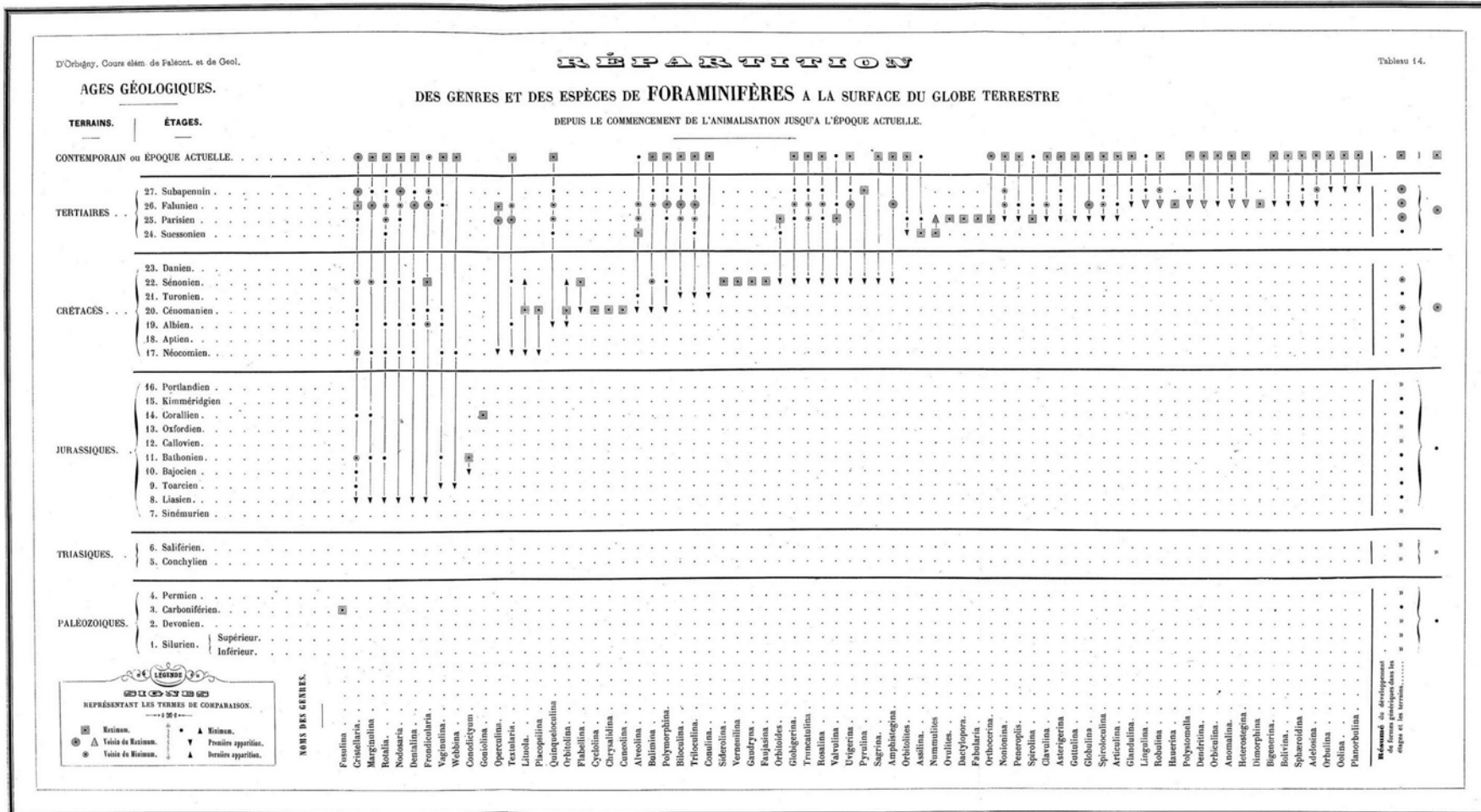
12- Genres et espèces d'Échinodermes Crinoïdes



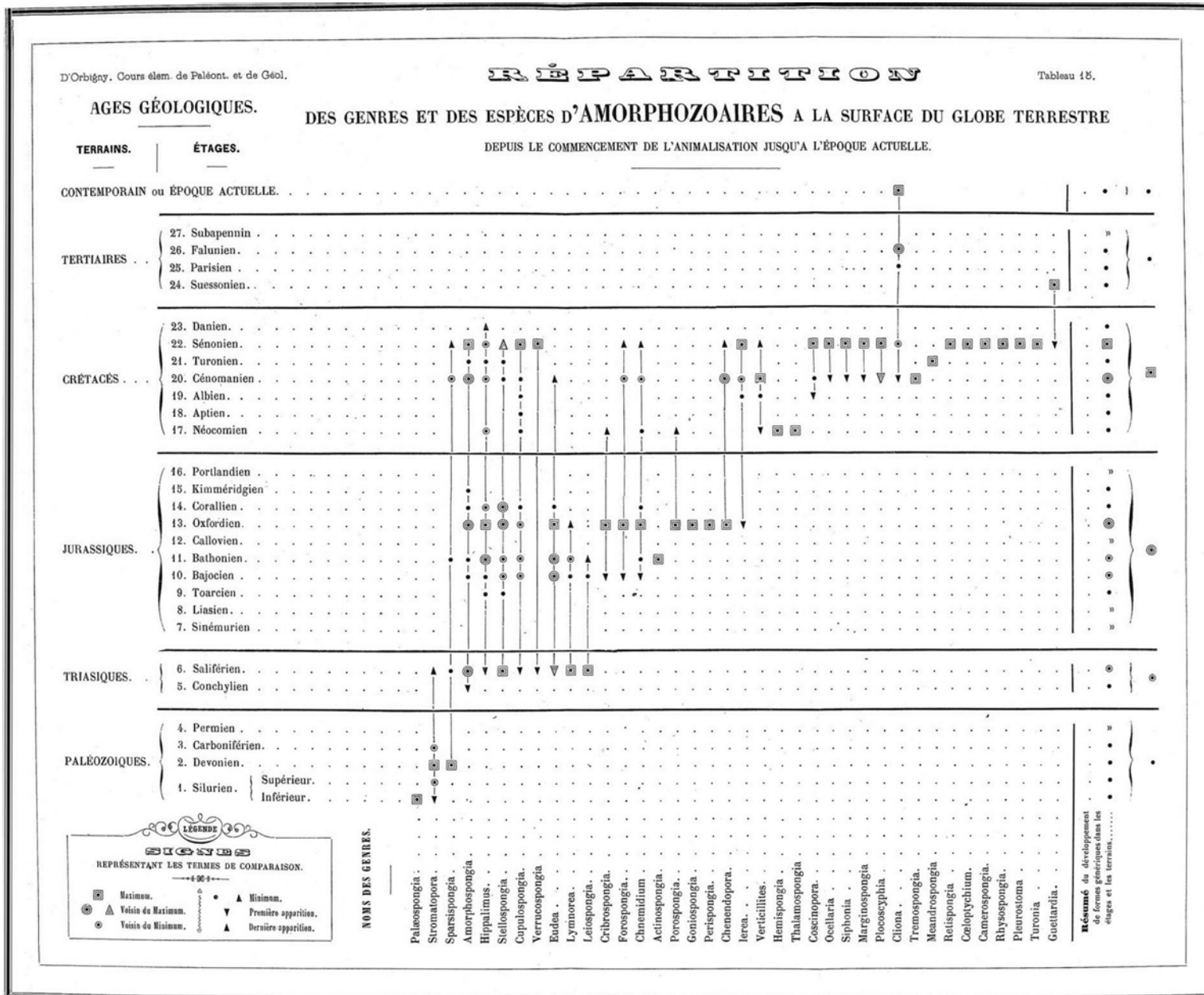
13- Genres et espèces de Zoophytes



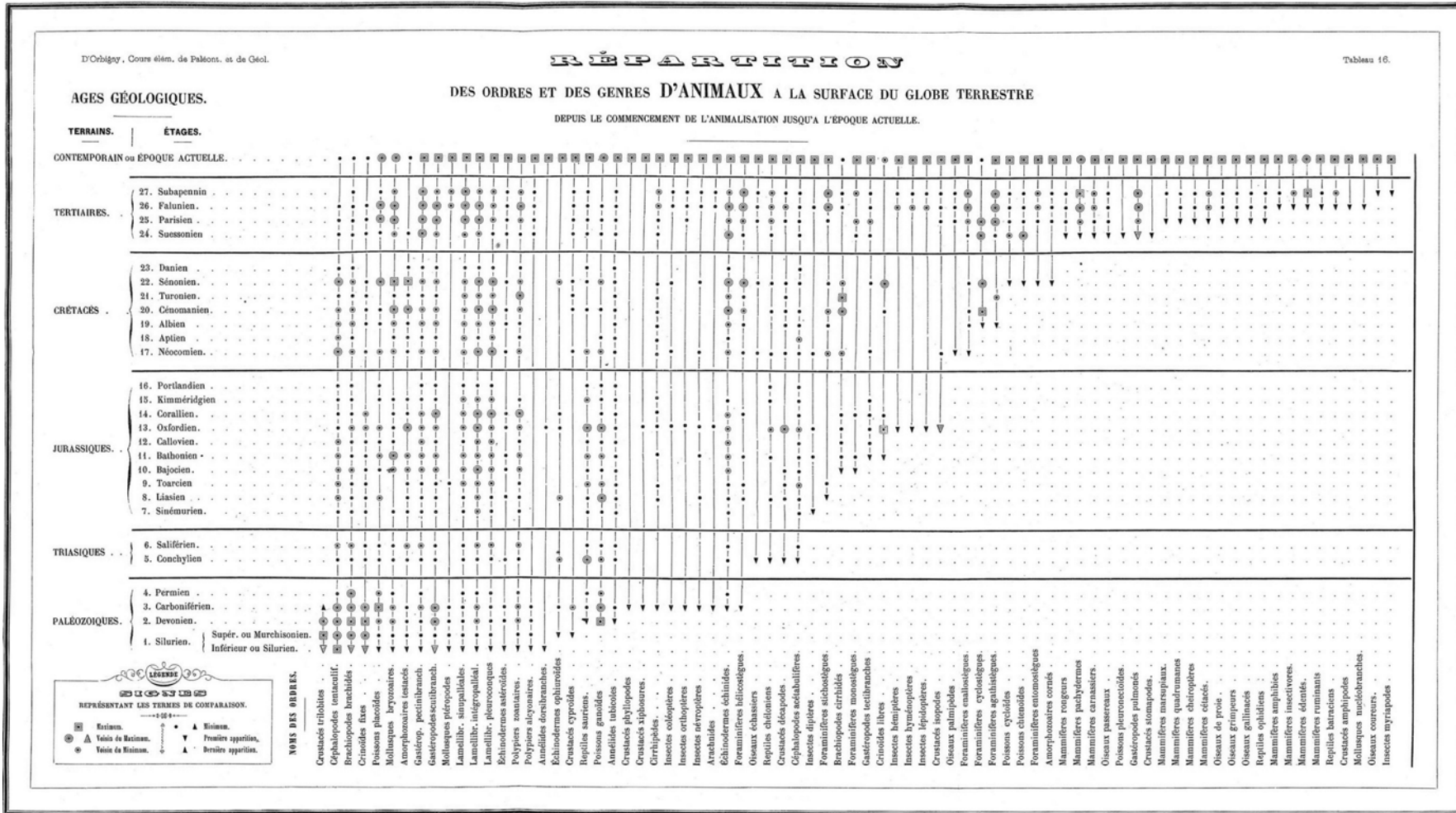
14- Genres et espèces de Foraminifères



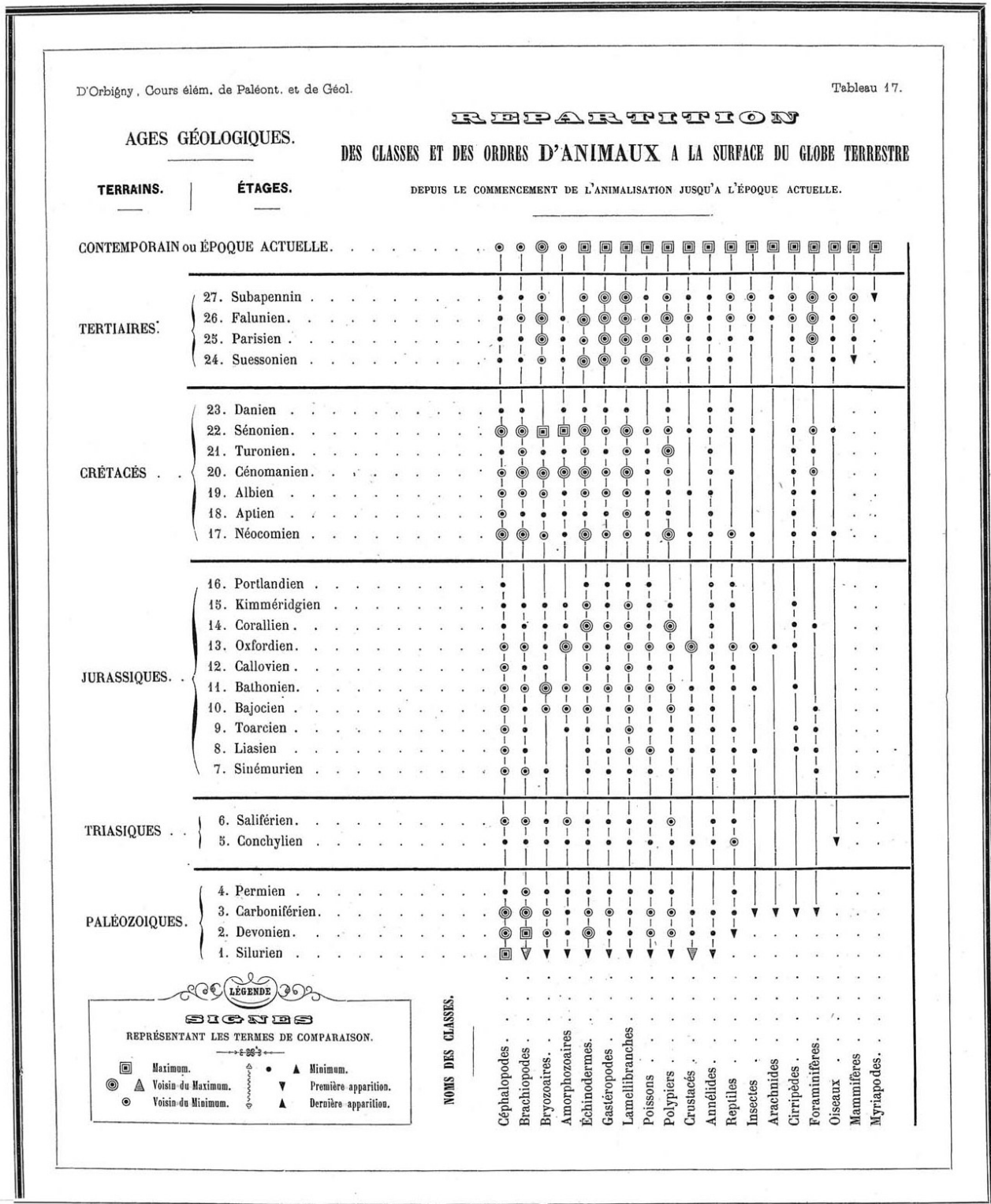
15- Genres et espèces d'Amorphozoaires



16- Ordres et genres d'Animaux



17- Classes et ordres d'Animaux



4-Correspondance de Forchhammer

Correspondance
de
Forchhammer

Fonds Forchhammer

Archives du *Statens Naturhistoriske Museum*

(ASNM)

Transcription par Mme Inger Marie Refskou Poulsen :

Kritiske Bemærkninger i Anledning af Forchhammers Anskuelse om Lagene i Stevns Klint

(fremsatte i : De geogn. Forhold paa Sjælland og Naboeøerne

Göttingen den 5. Juli 1826

Verehrtester Geor!

Ihre eben so gütige als lehrreiche Zuschrift vom 4. Septbr. v. J. nebst Ihrer Abhandlung über die geognostischen Verhältnisse von Sieland u.s.w. langte hier an, als ich mich auf einer Reise durch das südliche Frankreich und einen Theil von Oberitalien bestand, von welcher ich erst am Ende des vorigen Jahres zurück gekehrt bin. Nach meiner Rückkehr fand ich ein solches Übermaß von Arbeiten vor, daß ich eine lange Zeit an meine Correspondenz nicht habe denken dürfen. Daß ist auch der Hauptgrund, daß die Beantwortung Ihrer Zuschrift und mein verbindlichster Dank für Ihre Güte, so sehr verspätet worden, weshalb ich um gewogentliche Entschuldigung bitte.

Ihre Abhandlung hat für mich ein hohes Interesse. Sie haben dadurch nicht allein die geognostische Kunde ihres Vaterlandes um ein Bedeutendes weiter gefördert, sondern auch für die übrigen Baltischen Länder ein neues Licht angezündet und für die Kenntniß der jüngeren Flötz - und tertiären Gebilde neue Beiträge geliefert.

Die Gründe welche es Ihnen wahrscheinlich machen, daß gewisse Lager über der älteren Kreide Seelands, Aequivalente vom Argile plastique und Calcaire grossier seyen, daß mithin des darüber gelagerte Corallenkalk und das Kalksteinkonglomerat als tertiäre Gebilde angesehen werden müssen; daß die Kreide von Moen eine tertiäre sey und daß diese als ein untergeordnetes Glied den großen, baltischen Sand - und Geröllformation betrachtet werden müßte - sind gewiß sehr gewichtig und ganz unbedingt würde

Transcription de la phrase sur le côté de la page :

Meine besten Empfehlungen an Hr. Archiater Brandis, an Oerstedt, Bredsdorf, Schouw

würde ich Ihnen beißfallen, wenn ich nicht gedenke, daß wenn bei jedem
 neuen Haarschnitt in der Gegend ein Haarschnitt gemacht sein könnte
 und mir diese wollen sollte, Ihnen einige badmännische und
 bewandlungen mit der besten möglichkeit, wie Ihre Gesundheit
 können zu helfen, ^{zu helfen zu helfen} die vordere in der Richtung sein würde,
 meine Urangewißheit soviel niedriger lassen.

Es freut mich, daß der Nachkommende von Ewigen bei jeder seiner
 Haarschnitte bei jeder Gabe ist, indem in weit kleineren Abständen
 z. B. in einer Abtheilung unserer Gegend, wo die
 Ewigen vorkommen; daß diese zu seiner Zeit kommen, daß
 mich nicht bei jeder Zeit, nicht die dem Gegendeswechsel, die
 Veränderung der geistlichen Zeit der Halbschneide mit der
 nach bei jeder Gabe, besonders zu sein. Ihre Aufmerksam-
 keit der Halbschneide freut mich über den kleinen Feuerschein der
 Haarschnitt zu geben. Ein neuer Haarschnitt z. B. Oelen-
 nites mucronatus - die so sehr beschränkt geblieben sind
 die beiden sind und die diese mit der zufälligen Veränderung
 ausgehen würden nicht sein; dagegen kann die nicht bei jeder
 gewisse Haarschnitte z. B. Pectunculid pulvinatus, welche für
 bei jeder dieser verschiedenen sind. Es freut mich sehr
 wohlwollend zu sein, daß die Haarschnitt der Halbschneide
 mit einem neuen Haarschnitt, die der Gegend der Gegend

würde ich Ihnen beipflichten, wenn ich nicht glaubte, daß man bei jedem neuen Vorschritt in der Geognosie nicht skeptisch genug seyn könne und mir daher erlauben wollte, Ihnen einige Bedenklichkeiten und Bemerkungen mit der Bitte mitzutheilen, mir Ihre Gegenbemerkungen gefälligst zukommen zu laßen, die vielleicht im Stande seyn werden, meine Ungewißheit sogleich niederzuschlagen.

Es scheint mir, daß das Vorkommen von Cerithien kein ganz sicheres Kennzeichen tertiärer Gebilde ist, indem in weit älteren Lagern z.B. in einer Abtheilung unserer Gryphitenkalkformation, ebenfalls Cerithien vorkommen; daß daher zur Führung des Beweises, daß eine Masse tertiär sey, außer dem Lagerungsverhältniß, die Uebereinstimmung des größeren Theils der Petrefacten mit denen tertiärer Gebilde, erforderlich seyn dürfte. Ihre Aufzählung der Petrefacten scheint mir nun darüber keinen hinreichenden Aufschluß zu geben. Sie nennen mehrere Petrefacten z.B. *Belemnites mucronatus* – die so ganz besonders charakteristisch für die Kreide sind und die daher nur als zufällige Fremdlinge angesehen werden müßten; dagegen nennen Sie nicht bestimmt gewisse Versteinerungen z.B. *Pectunculus pulvinatus*, welche für tertiäre Lager vorzüglich bezeichnend sind. Es scheint mir also nothwendig zu seyn darzuthun, daß die Mehrzahl der Petrefacten mit denen übereinkommen, die als Bürger des Grobkalkes

vdaa mudraa lanttiwaas Gabtita muawhuunt woodaa.
 Ja nufawa Gayandaa, unfaantliif in du Pafz von Goblen, komman
 gawidde daryes von, die jüngeer ut die ullaon Kwaida find, nbar uild
 du Puffen diefer faamulien fo waokindigt find, dieß if für ut jüngeer
 findes du Kwaidzformulien balonfulan uigla. Sawindaa findet für
 ein Kulkflain von von Soufffland von Ewellan, fepidau, fepidau, fepidau,
 zoonifpudigen Eouffflain, und uildes uild woff isfrellanaa Ewaberl
 lidaa, du nuf große Aaulifheit uild ffram Ewellankulkflain
 zu jrbau find. fu wüßet nuf uiaaun Mawgal, du in Effe uild ffroneod,
 nbarwafal, in walyaun für falonfulan du Kwaidz, zünuel die
 nufyagauifpudigen Aligouiaa finden; und dieß Muffe wüßet uildes
 nuf uiaaun Puffentek (Kwaidzflain) du in nufawa Gayandaa Pa,
 yonfulant du uiaaun Kwaidz if, indaa uildes ffram Kwaidzawogel
 lüft, du unmittelbar nuf Auendroffmuffflain (Greenland und Fron-
 land du fageluden) folgt. Jannu Ewellankulk find in du oberen
 daryes von uiaaun Puffentek ffroneod, uild woff Auendroffflain
 uild wüßet für uildes in ein nufyagauifpudigen Kulkflain kompt,
 uildes nbar, walyaun nuf Aaulifheit uild ffram Kulkflain kom
 ylonuort zu jrbau find. Alal dieß if in ylonuort
 daryes von. Sagau jrbau uild in nuf yon große ffroneod
 (bei hildflain) unffindene Grobtek uild du yonze Puffe
 du für dieß Gebide ywuklawifpudigen falonfulan.
 Ich mögla mit dießem Gwüde ffroneod: ob ut uild dieß uildes yon
 du

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

oder anderer tertiärer Gebilde anerkannt worden.

In unseren Gegenden , namentlich in der Nähe von Goslar, kommen gewisse Lagen vor, die jünger als die ältere Kreide sind, aber mit den Massen dieser Formation so verknüpft sind, dass ich sie als jüngere Glieder der Kreideformation betrachten mögte. Darunter findet sich ein Kalkstein voll von Bruchstücken von Corallen, Echiniten, Echinitenstacheln, zweishaaligen Conchülien, mit unter mit wohl erhaltenen Terebratuliten, der mir große Aehnlichkeit mit Ihrem Corallenkalkstein zu haben scheint. Es rührt auf einem Mergel, der in Thon mit Grünerde übergeht, in welchem sich Petrefacten der Kreide, zumal die ausgezeichnetsten Alcyonien finden; und diese Masse rührt wieder auf einem Kieselkalk (Kreidestein) der in unseren Gegenden Repräsentant der reineren Kreide ist, indem unter ihm Kreidemergel liegt, der unmittelbar auf Quadersandstein (Green Sand und Iron Sand der Engländer) folgt. Jener Corallenkalk hat in den oberen Lagern gerundete Stückchen Eisenstein, auch wohl Quarzgeschieben und gehet hin und wieder in ein ausgezeichnetes Kalksteinkonglomerat über, welches mir Aenlichkeit mit Ihrem Kalksteinkonglomerat zu haben scheint. Alles dieses ist in gleichförmiger Lagerung. Dagegen haben wir in nicht gar großer Entfernung (bei Hildesheim) entschiedenen Grobkalk mit der ganzen Reihe der für dieß Gebilde charakteristischen Petrefacten.

Ich mögte aus diesen Gründen fragen: ob es nicht doch vielleicht passender

sey, Ihre Lager als jüngere Glieder des Kreidegebildes anzusehen, die den Uebergang in die tertiären Gebilde vermitteln? Dass Ihr Corallenkalk ellipsoidische Struktur zeigt, scheint mir kein Hinderniss, da solche Strukturen wirklich auch mitten im Flötzgebirge gefunden werden.

Eine andere Frage ist: wohin der Gyps von Lüneburg und Segeberg gehören möge? Sehr interessant ist mir, was Sie darüber in Ihren Briefe mir mitzutheilen die Güte hatten. Ich darf mir kein bestimmtes Urtheil darüber erlauben, da ich nur Segeberg, nicht Lüneburg aus eigener Anschauung kenne und dort die Lagerung keine sichere Aufschlüsse zu geben vermag. Unser Oeconomierath Meyer hat Beobachtungen über Lüneburg im Hannoverschen Magazine bekannt gemacht, nach denen es ihm wahrscheinlich war, dass der dortige Gyps zum älteren Flötzzüge gehöre und dass die bunte Sandsteinformation ihn decke. Ihre Beobachtungen scheinen allerdings viel für sich zu haben. Gegen die Hostmannschen Ansichten bin ich im höchsten Grade. Warum sollen wir zu Hebungen unsere Zuflucht bei Erklärungen nehmen, die ganz ungezwungen aus bekannten chemischen und mechanischen Anziehungen abgeleitet werden können? Aber man lässt ja jetzt mit Hr. von Buch fast Alles heben, so dass bald Nichts übrig bleibt, was nicht aus Spalten empor gekommen. Der schwarze Porphür den man nirgends sieht, ist dabei der allgemeine, unerwiesene Hebel. Bei solchem Verfahren muss am Ende bei allen Hebungen, die wissenschaftliche Geognostie sinken.

Mit grösster Hochachtung habe ich die Ehre zu seyn

Ihr ergebendster

Hausmann

Transcription de la phrase sur le côté de la page :

Sollte es Ihnen möglich seyn, mir gelegentlich durch Fracht Probestücke von Ihren Gebirgslagen mit den Petrefacten mitzutheilen, so würde ich Ihnen sehr dankbar seyn und gern dagegen mit Ihnen beliebigen Gebirgsarten unserer Gegenden aufwarten

Lettre 2 : Lettre de Hausmann à Forchhammer, 6 octobre 1827

Föllingau der G. - Oberbau
1827.

Ich bewillige die Galegraszeit, welche mir die Kaiserin von fürstlichen Briefen
Lorenzen und Logunowen' vordrückt, um Ihnen die Anfertigung zu thun,
jedoch nicht zugleich mir einen verbindlichen Druck für Ihre mir
Ihre wachen und launigen, letzten Wünsche zu begünstigen. Die Gefahr
mich als einen Angehörigen kennen zu lassen und die Gefahr selbst mir
Menschen von großer Lage, so werden Sie mit mir einen gewissen
Vertrauensverhältnis, das nur bei der so sehr erwünschten, großen, tiefen
Vorfürsorge nicht leicht genau sein kann. Auf die Anfertigung
werden Sie mir nicht sein, das ist mir nicht schwer wird Anfertigung,
bei Ihnen sei mir sonst gewissal nicht vorzugehen, nachzusuchen,
jedoch diese Zweifel nicht wieder fortzuführen geschehen wollen.
Ihre Dankenspflichten und Würde zu zeigen, das ist Ihnen selbst
für mich die beste Belohnung. Und Sie sind mir selbst mit
galtig, wenn ich für beständig verantwortlich und verantwortlich.
Nunmehr bin ich ganz auf Ihre Güte und Güte, die Ihre
Geltendungen für die Kaiserin von vielen anderen wissen
werden.

Ihre Dankenspflichten über die Dankenspflichten von Dankenspflichten,
die für die Dankenspflichten dankenspflichtig sind, in jüngeren Jahren
ist für mich ein neues Glück. Abzugeben, in höchsten
Stufen der Dankenspflichten. Ich danke Sie herzlich in dieser Sache
die Gefahr die Gefahr in der Gefahr von Gefahr, wo ich sonst
nicht wäre und die Gefahr Mangal ist sonst nicht für ein Glück der
Dankenspflichten dankenspflichtig, weil mir mit der Gefahr dankenspflichtig,
ya

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Transcription par Mme Inger Marie Refskou Poulsen

Göttingen den 6. October
1827

Ich benutze die Gelegenheit, welche mir die Reise von Fräulein Bertha Jordan nach Copenhagen darbietet, um Ihnen die Anlagen zu übersenden und zugleich meinen verbindlichsten Dank für Ihre mir sehr werthe und lehrreiche, letzte Zuschrift zu bezeugen. Sie haben mich als einen Skeptiker kennen gelernt und da Ihnen selbst nur Wahrheit am Herzen liegt, so werden Sie mit mir darein gewiß übereinstimmen, daß man bei den so sehr schwierigen, geognostischen Forschungen nicht skeptisch genug sein kann. Aus den Anlagen werden Sie nun ersehen, daß es mir nicht schwer wird Ansichten, bei denen sich mir vorher Zweifel aufdrängten, angenehmen, sobald diese Zweifel durch weitere Forschungen gehoben werden. Ihre Beobachtungen und daraus gezogenen Resultate hatten für mich das höchste Interesse. Seitdem Sie mir dieselben mitgetheilt, habe ich sie beständig berücksichtigt und verarbeitet. Nunmehr bin ich ganz auf Ihre Seite und glaube, dass Ihre Entdeckungen eine Nachenfolge von vielen Anderen eröffnen werden.

Ihre Beobachtung über das Vorkommen von Versteinerungen, die für die Kreideformation charakteristisch sind, in jüngeren Gebilden, hat sich mir nun auch bei einer Grobkalk-Ablagerung im nördlichen Deutschland dargeboten. Ich besuchte nämlich in diesen Ferien den Doberg bei Bünde in der Gegend von Herford, wo ich früher nicht war und dessen Mergel ich früher irrig für ein Glied der Kreideformation ansprach, weil mir nur der Kreide angehörige

gefärbten Mineralbestand vorwiegend. Diese kommen in besagten
 großen Massen und wohl erhellten Stücken vor, insbesondere im
 sinuatus Schloth. Aber nachstehend finden sich auch in großen Massen
 Pectinites fragilis Schth. Pectinulus pulvinatus und mehrere für
 den Quarzkalk charakteristische Mineralien. Besonders
 sind in Betracht zu ziehen als hier im Special hervorgehoben von Terebra-
 talites grandis Blument. besteht mit Berücksichtigung in jenen Abthei-
 lung zu finden, wodurch es wahrscheinlich wird, dass mehrere
 dieser Gattungen der Schwaidprocurtion zugehörig sind, welche
 Mineralien im Odenwald vorkommen, worin diese Mineralien
 in Massen sich finden, ebenfalls der Quarzkalkprocurtion
 zugehörig. Man muss sich aber bei Vorlesung dieser Gattung
 wichtige Unterscheidungen zu machen, speciell nicht ohne
 nachzufragen und speciell zu sein. In Ansehung, dass sie
 sich in einem bestimmten Lagerorte befinden und in einzelnen
 Stücken mit der Schwaidprocurtion abzurufen, fast allen
 Umständen, wie Sie bereits bemerkt haben, die vollkommenen
 durch viele Individuen abzugeben; wie oft in noch jüngeren
 Gebirgen, insbesondere in der Angeltal Gattungen Unterscheidungen
 zu erkennen, die zugleich mit mehreren anderen fossilen
 Mineralien in derselben Lagerung. Man muss dagegen
 annehmen, dass die Gattungen, sowie diese als charakteristisch
 in jüngeren Gebirgen sich finden, in der Zeit und an dem Orte
 ihrer Ablagerung wirklich lebten, so speciell nicht diesen die

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Echiniten daraus bekannt waren. Diese kommen in besonders großer Menge und wohl erhalten darein vor, namentlich *Echinsinuatus* Schloth. Aber außerdem finden sich auch in großer Menge *Pectinites fragilis* Schl. *Pectunculus pulvinatus* und andere für den Grobkalk besonders charakteristische Petrefacten. Besonders interessant war es mir ein schönes Exemplar von *Terebratulites grandis* Blumenb. besetzt mit Balaniten in seine Ablagerung zu finden, wodurch es wahrscheinlich wird, daß andere bisher für Glieder der Kreideformation angesprochen, isolierte Mergelmassen im Osnabrückischen, worin diese Petrefacten in Menge sich finden, ebenfalls der Grobkalkformation angehören. Wie man sich aber der Vorkommen dessen fremdartigen Versteinerungen denken solle, scheint mir doch immernoch zweifelhaft und schwierig zu sein. Die Annahme, daß sie sich in einer sekundären Lagerstätte befinden und im eigensten Verstande aus der Kreideformation abstammen, steht allerdings, wie Sie bereits bemerkt haben, die vollkommene Erhaltung vieler Individuen entgegen, wiewohl in noch jüngeren Gebilden, namentlich in der Nagelflue offenbar Versteinerungen vorkommen, die zugleich mit anderen Trümmere früherer Formationen in dieselbe gelangten. Will man dagegen annehmen, daß die Gehäuse, deren Reste als fremdartige in jüngeren Gebilden sich finden, in der Zeit und dem Orte ihrer Ablagerung wirklich lebten, so scheint auch diesem die

abwärts der Höhe der nördlichen Gasse in Höhe zu stehen,
 obgleich auf bei der oben genannten die Probirung, daß
 die ganze Form von Eisen die man sich vorfinden
 findet, wie man sieht, ist ganz anders,
 die man die gewöhnliche ist besprochen.

Nach den Untersuchungen haben mich die Untersuchungen gezeigt,
 daß die in der oben genannten, nördlichen Gasse, die so viel
 in der nördlichen Gasse ist, ist die in der oben genannten
 die in der oben genannten Gasse, wie man sieht, ist die in der
 oben genannten Gasse. In der oben genannten Gasse wird die in der
 oben genannten Gasse, wie man sieht, ist die in der oben genannten
 Gasse. In der oben genannten Gasse wird die in der oben genannten
 Gasse, wie man sieht, ist die in der oben genannten Gasse. In der
 oben genannten Gasse wird die in der oben genannten Gasse, wie man
 sieht, ist die in der oben genannten Gasse. In der oben genannten
 Gasse wird die in der oben genannten Gasse, wie man sieht, ist die
 in der oben genannten Gasse. In der oben genannten Gasse wird die
 in der oben genannten Gasse, wie man sieht, ist die in der oben
 genannten Gasse. In der oben genannten Gasse wird die in der oben
 genannten Gasse, wie man sieht, ist die in der oben genannten Gasse.

Die in der oben genannten Gasse wird die in der oben genannten
 Gasse, wie man sieht, ist die in der oben genannten Gasse. In der
 oben genannten Gasse wird die in der oben genannten Gasse, wie man
 sieht, ist die in der oben genannten Gasse. In der oben genannten
 Gasse wird die in der oben genannten Gasse, wie man sieht, ist die
 in der oben genannten Gasse. In der oben genannten Gasse wird die
 in der oben genannten Gasse, wie man sieht, ist die in der oben
 genannten Gasse. In der oben genannten Gasse wird die in der oben
 genannten Gasse, wie man sieht, ist die in der oben genannten Gasse.

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

abweichende Natur der übrigen Gehäuse im Wege zu stehen, obgleich auch bei älteren Formationen die Beobachtung lehrt, daß gewisse Formen von Thieren durch mehrere sehr verschiedene hindurchgehen, während andere auch einzelne, oft genug unbedeutenden Lagermassen sich beschränken.

Weitere Untersuchungen haben auch mir die Ueberzeugung gegeben, daß unsere große, norddeutsche Sandformation, die so reich an Nordischen Geschieben ist, als ein Aequivalent der Formation des Sog. Plastischen Thras, wenigstens ihrer Hauptmasse nach, betrachtet werden dürfe. Zu ihren südlichen Verzweigungen wird daß Gebilde von weit jüngeren, von Massen hoher Alluvionen gedeckt, die der Hauptmasse nach sich leicht von jenem unterscheiden lassen, die aber im Contacte damit oft eine solche Verknüpfung und eine solche Vermengung der vom Norden und vom Süden gekommenen Geschiebe zeigen, daß keine Gränze zu finden. Auffallend ist es ein gewesen, auch in einigen Massen die des Grobkalkformation angehören, zumal in den oberen Lagen, nordische Geschiebe zu finden. Sind diese aus tieferen Lagen auch zufällig mit jenen Massen vermengt worden, oder fiel die Erdtührung jenes Trümmer zum Theil noch mit in die Bildungszeit des Grobkalkes?

Die Resultate meiner Untersuchungen über die Ablaufs der Geschiebe der norddeutschen Sandformation finden Sie in der einen der bei Commenden Anzeigen. Die zweite von der Brongniardtschen

N.B.: « der Formation des Sog. Plastischen Thras », il s'agit très probablement de « der Formation des Sogeannte Plastischen Thras », c'est-à-dire « la formation de la dite argile plastique »

Ich will nicht einige Mißverständnisse, zu denen besonders meines
 letzten jüdischen Briefs Veranlassung gab, wodurch gänzlich fälschlich
 in meinem Bedenken des Waisenspiegels bewußt wird, mit
 wahren Gründen in die Welt setzen, die Ihnen zu
 Nutzen sein.

Wenn Sie meinen letzten Brief, so haben Sie die
 Güte ihn sorgfältig zu lesen und für die gütige Bedenken
 zu danken. Auf Sie ist wohl zu rechnen, in die Angelegenheiten
 mitzuthun. Ich weiß, was Sie wohl in die Angelegenheiten
 des jüdischen Waisenspiegels zu thun, mit Rücksicht
 darauf.

Mit freundlichen und ergebeneren Grüßen
 Ihr
 wackerer
 Hausmann

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Schrift enthält einige Mittheilungen, zu denen besonders meine letzte südliche Reise Veranlassung gab, wodurch zugleich einiges in meiner Uebersicht der Weserflötze berichtigt wird, aus welchem Grunde ich mir die Erlaubniss nehmen, sie Ihnen zu übersenden.

Sehen Sie meinen lieben Bredsdorf, so haben Sie die Güte ihn herzlich zu grüssen und für des gütigst Uebersandte zu danken. Auch seid Sie wohl so gefällig, ihm die Anlagen mitzutheilen. Nicht weniger darf ich wohl nun die angelegentlichsten Grüßen und Empfehlungen an Schouw und Oerstedts bitten.

Mit aufrichtiger und ausgezeichnete Hochachtung

Ihr

ergebenster

Hausmann

Lettre 3 : Lettre de Lyell à Forchhammer, 21 octobre 1829

En première page, la lettre d'introduction de Robert Allan, datée du 15 octobre 1829 :

Edinburgh 15 October 1829

My Dear Sir

A friend of mine Mr Lyell of London intends visiting Iceland during the course of next summer - and as you have not only been in that country yourself - but are situated at the source of information respecting it, perhaps you will be kind enough to let him know the most practicable way of reaching it. Mr Trevelyan whom you know intends being of the party - and if circumstances permit, I may also be included.

There being no communication from this - it is proposed to meet in Copenhagen some time in May - and go by one of the regular vessels. But we of course depend entirely on you for proper directions. Please answer Mr Lyell's queries which you will find on the next page and oblige

Yours Most Sincerely
Robert Allan

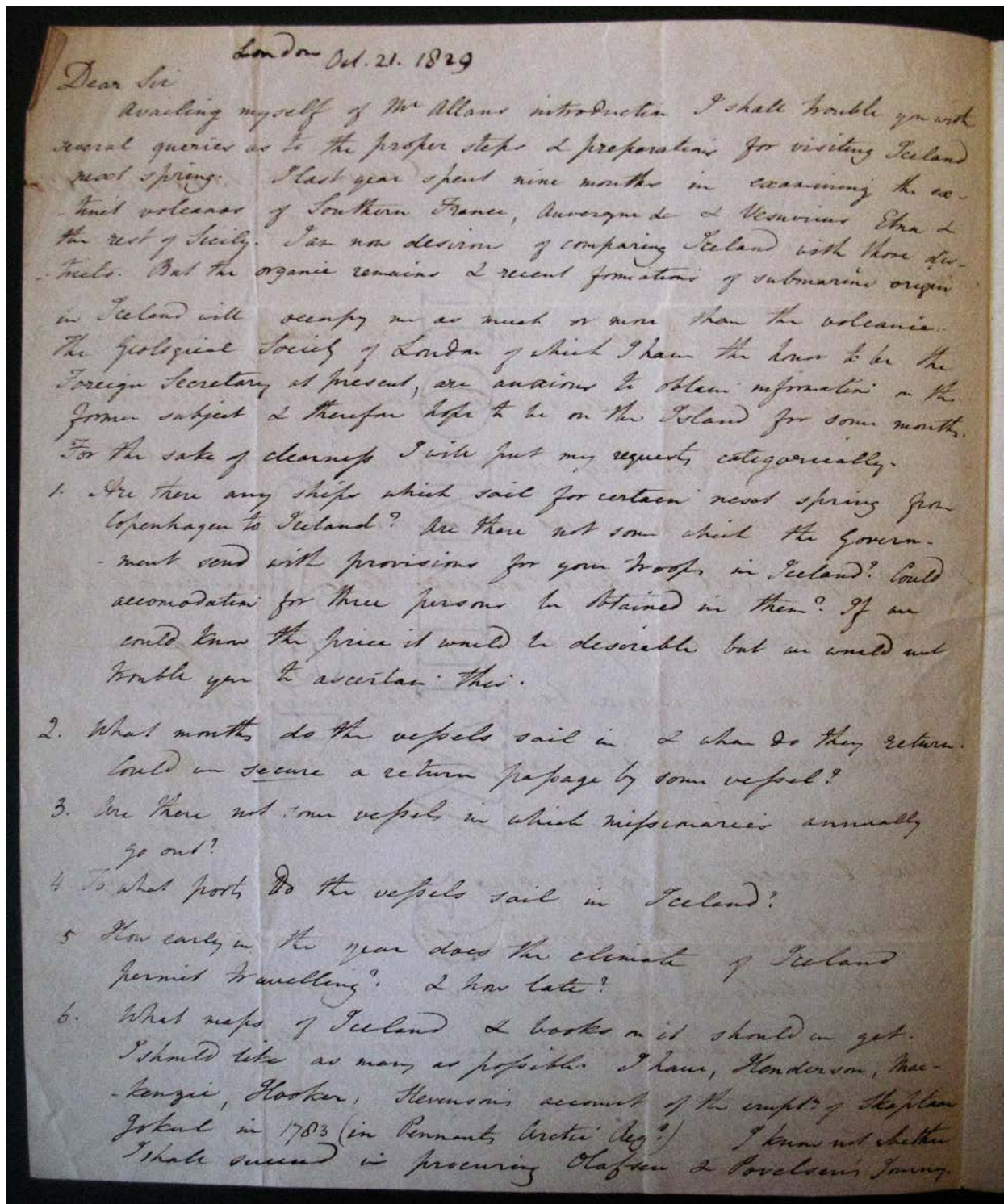
My father desires to be remembered

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Sur les trois pages suivantes, la lettre de Lyell à Forchhammer :

Page 1

Lettre de Lyell à Forchhammer, 21 octobre 1829



London Oct. 21. 1829

Dear Sir

Revolving myself of Mr Allan's introduction I shall trouble you with several queries as to the proper steps & preparations for visiting Iceland next spring. Last year spent nine months in examining the ancient volcanoes of Southern France, Auvergne & Neuvius & the rest of Sicily. I am now desirous of comparing Iceland with those districts. But the organic remains & recent formations of submarine origin in Iceland will occupy me as much or more than the volcanoes. The geological Society of London of which I have the honor to be the Foreign Secretary at present, are anxious to obtain information on the former subject & therefore hope to be on the Island for some months. For the sake of clearness I will put my requests categorically.

1. Are there any ships which sail for certain next spring from Copenhagen to Iceland? Are there not some which the Government send with provisions for your troops in Iceland? Could accomodation for three persons be obtained in them? If we could know the price it would be desirable but we would not trouble you to ascertain this.
2. What months do the vessels sail in & when do they return. Could we secure a return passage by some vessel?
3. Are there not some vessels in which missemaries annually go out?
4. To what ports do the vessels sail in Iceland?
5. How early in the year does the climate of Iceland permit travelling? & how late?
6. What maps of Iceland & books on it should we get. I should like as many as possible. I have, Henderson, MacKenzie, Hooker, Hevonson's account of the erupt. of Skaplaug Jokul in 1783 (in Pennant's Arctic Reg?) I know not whether I shall succeed in procuring Clafsen & Povelsen's Journey.

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

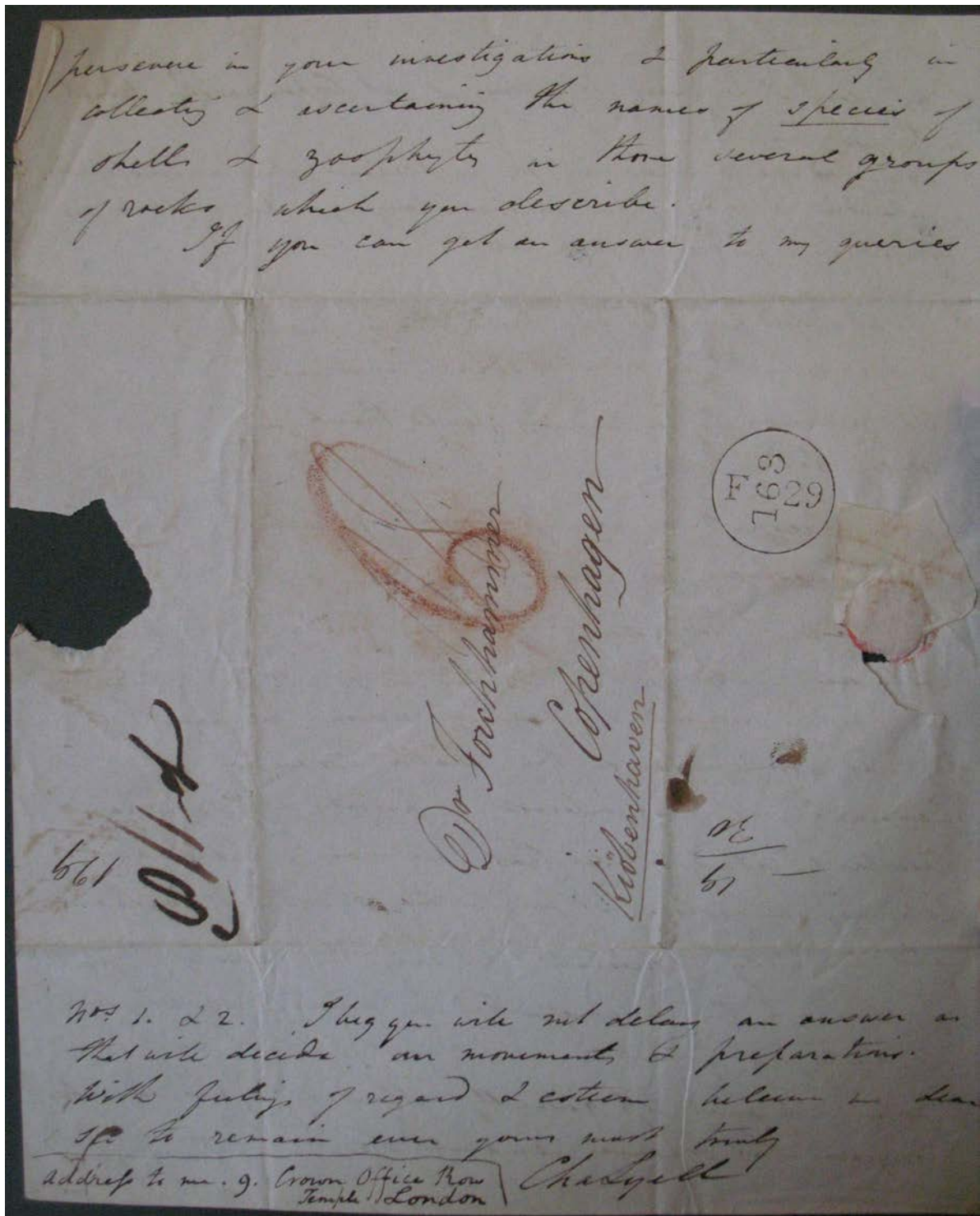
if not can I be sure of getting it at Copenhagen? Which is the best map?

7. Do you happen to know any one in Iceland who understands Icelandic & some other European language who might be procured as a guide & interpreter?

8. If you could give us any hints as to providing ourselves with any kind of eatable or drinkable provision in England we should thank you or any clothes.

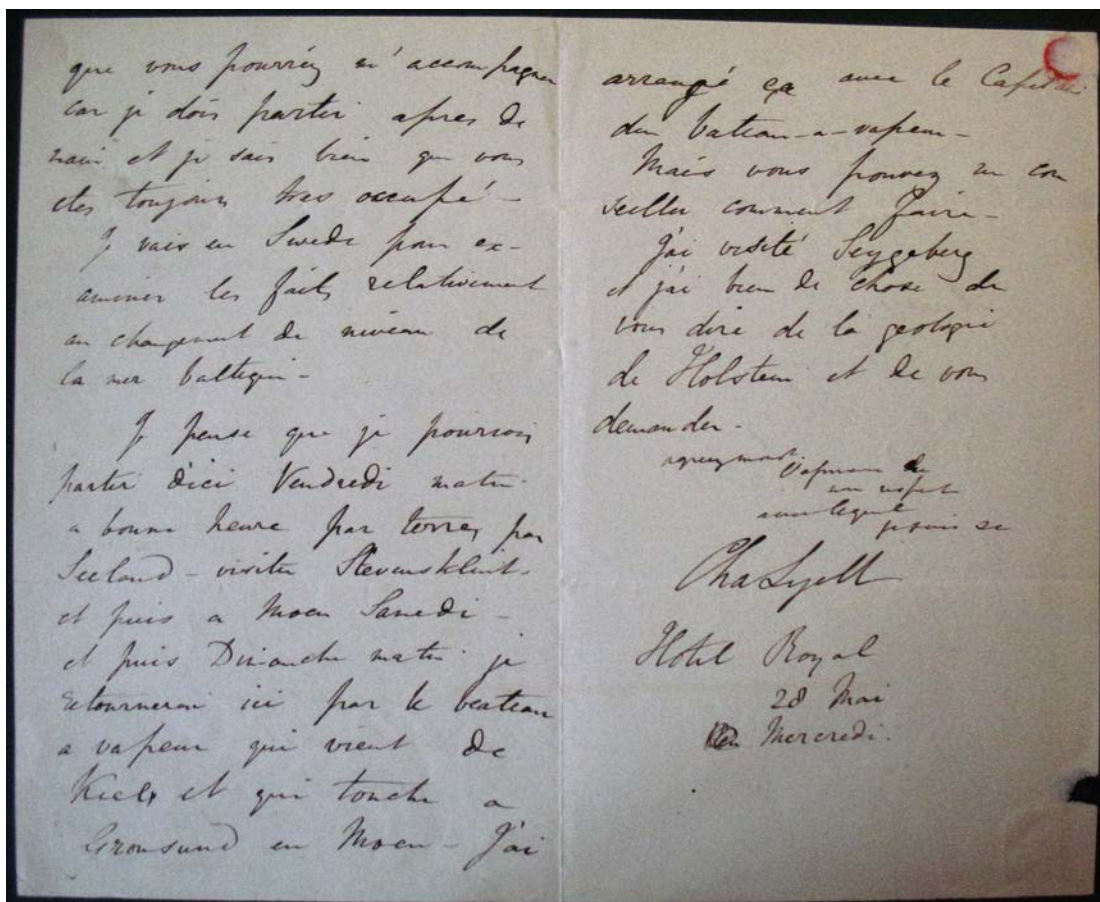
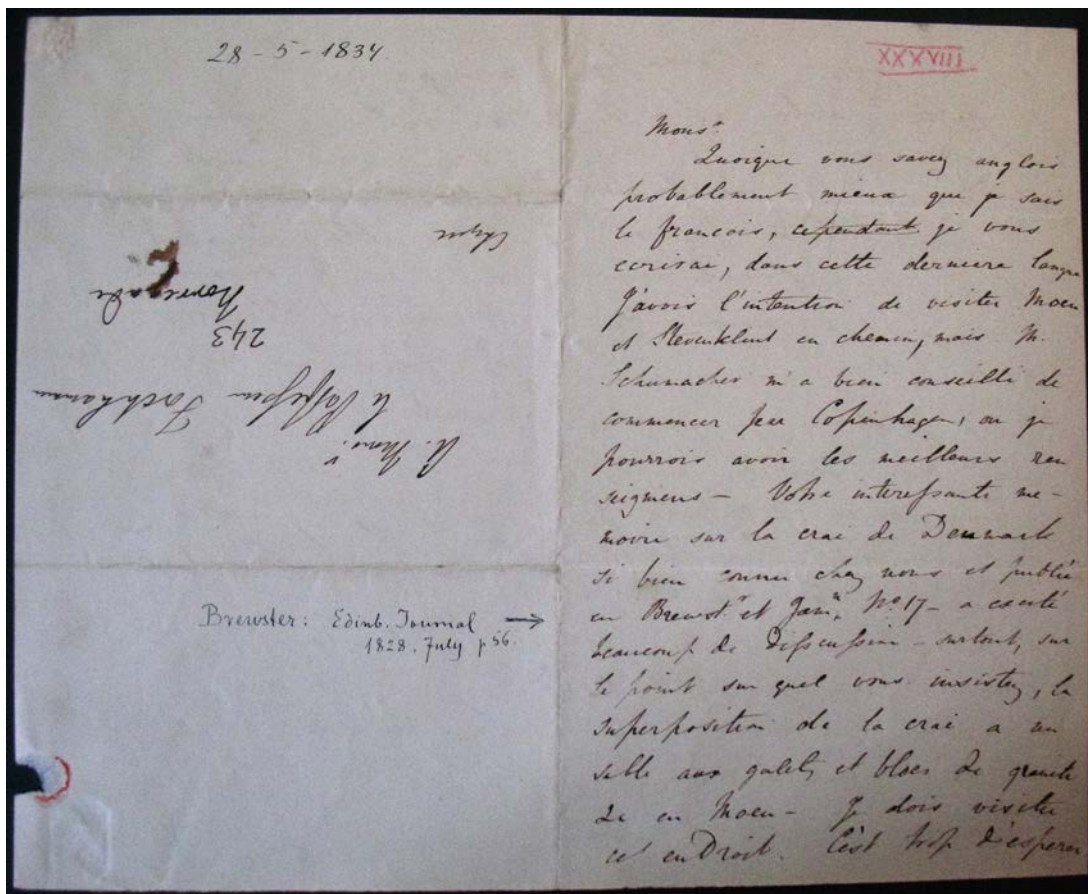
I will not trespass on your patience by putting any more questions, nor should I venture so much & did I not know from my friend Trevethian that you are willing to do all in your power to forward the cause of science. We have all read your paper on the Chalk Formation of Denmark with great interest & profit, & I was particularly glad to see that we have a fellow-labourer in geology so far to the North of Europe who can duly appreciate not only the laws of superposition, & the means afforded by mineral composition of identifying formations, but (what is much more important & must be generally attended to) who can also compare the organic remains. We trust you will

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

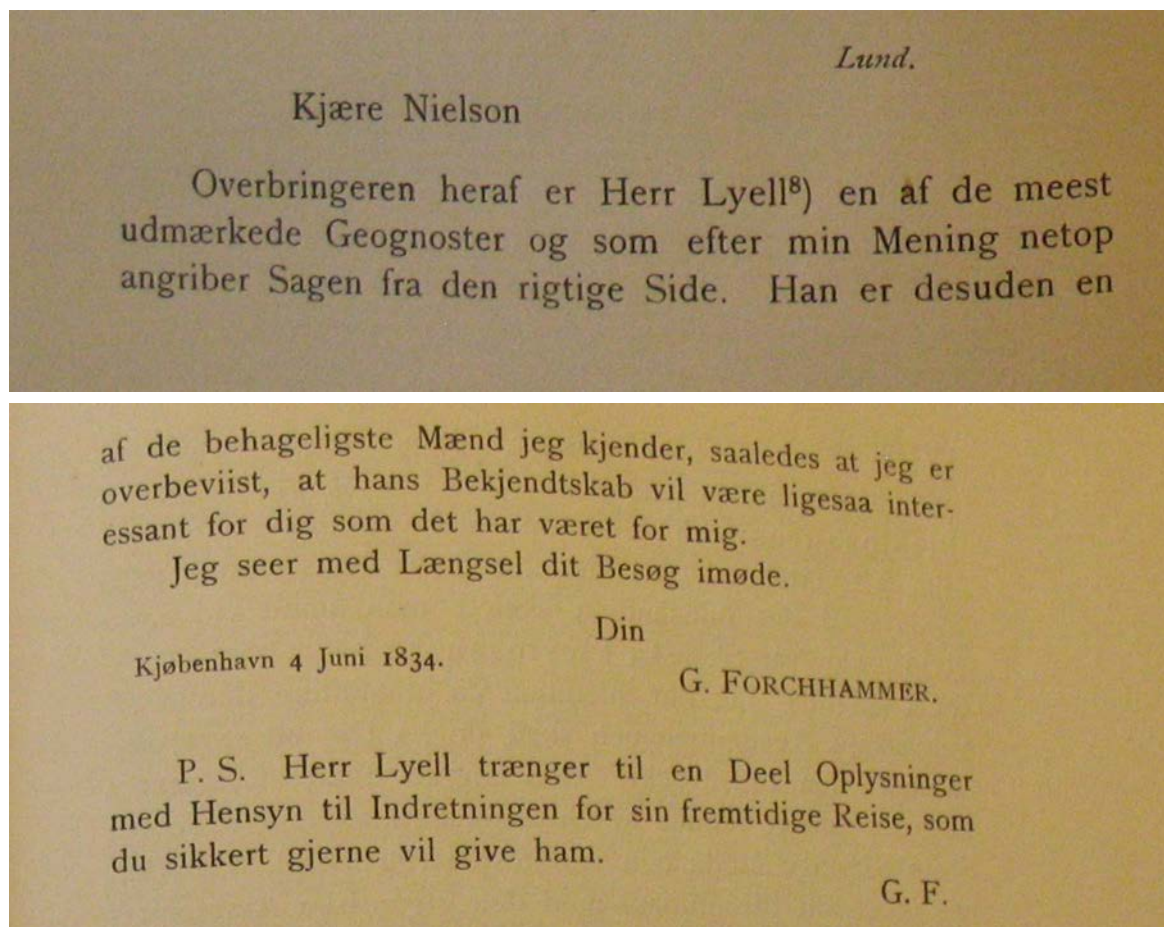


Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Lettre 4 : Lettre de Lyell à Forchhammer, 28 mai 1834



Lettre 5 : Lettre de Forchhammer à Nilsson, 4 juin 1834



Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Lettre donnée à Lyell par Forchhammer en guise d'introduction à Nilsson.

« Le porteur de cette lettre est Mr. Lyell, l'un des plus remarquables géognostes et qui à mon avis attaque précisément la question du bon côté. Il est aussi l'un des hommes les plus agréables que je connaisse, de sorte que je suis convaincu que faire sa connaissance sera pour vous aussi intéressant que cela a été pour moi. J'attends avec impatience votre visite. Votre G. Forchhammer. P.S. Mr. Lyell a besoin d'informations en ce qui concerne les dispositions pour son futur voyage, que vous lui donnerez certainement volontiers. G. F. » In CLÉMENT A., 1922, Breve til og fra J.G. Forchhammer, II J.G. Forchhammer og Sv. Nilsson, 1822-1845, Copenhague, H.H. Thieles, p. 4-5.

La note 8 indique « LYELL, Ch. 1797-1875. Geolog. » p. 33.

Lettre 6 : Lettre de Lyell à Forchhammer, 18 octobre 1835

Lyell
16. East Street Bloomsbury London
16. th Oct^r 1835 -

My dear Forchhammer,

I have had the pleasure of seeing your friend Mr Scharding & receiving your note. I should have answered your long & instructive letter of the 23^d of June last, if it had not arrived just when I was stepping into the coach to set out on a tour to Switzerland. I paid a visit of three weeks to Paris on my way, where I found von Buch, de Beaumont, Alexandre Brongniart, Charles Constant Prevost & Bergelius & passed away the time delightfully with them & with Deshayes in determining fossil shells. I afterwards hammered away for seven weeks upon the Alps of the Bernese Oberland & had ample confirmations of the doctrine of the metamorphosis of oolite & lias sandstone & other secondary rocks into marble, talcose slate & gneiss. I was very glad to see that you are so well disposed to embrace the doctrine that gneiss & mica schist are really true strata which have been altered into their present crystalline state. I have not yet had time fully to digest the valuable facts & theoretical views which you have sent me about the sublimation & epigenesis of the alkalis into slates &c., but I will write to you

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

again about that by another opportunity —

I beg you will thank Dr Piazzi for his communication which I think so important that I intend to read it to the Geological Society in the form of a letter addressed by Dr Piazzi to me & this will give me an opportunity of alluding to it in the Anniversary Address which I shall have to deliver in February next as President of the Geol. Soc. It was very kind of you to take the trouble of translating Dr P.'s memoranda. —

I took the Fosse fossils which you sent me to Bonn where we had a large meeting, & I showed them to Goldfuss & spent a morning with him comparing them to those of Maestricht with which they corresponded well as I had anticipated. There is the *Cellipora crustulenta* Goldf. Tab. 9. Fig. 6. of Maestricht & several *Seriopora* figured in Tab. 9 & 10 of Goldfuss from Maestricht — also a *Retepora disticha*. As to the few shells which I took to Paris of Fosse species they were quite new to Deshayes & are not among those yet known from the Maestricht beds, but it is too bad that we should be kept any longer in ignorance of the results that might be obtained by a comparison of

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Primer Christian's Fossil shells & those which Grant & Sully
had from Haastrikt & Sully —
As to your being inclined to push up the Alps a
little faster than I was willing to concede in my
"Principles" I will not quarrel with one who has accept-
ed so large a share of the theory. I find however that
von de Beaumont & others assume that the Alps &
many other chains were not elevated at once by a single
great upthrow ^{but} by two, three or four mighty paroxysms
between each of which there were long intervals of rest.
Now if they divide ^{the} convulsion into four it seems to me
as easy to conceive each of the four to be subdivided into
three a succession of such violent shocks as now rend &
shatter from time to time the Andes & the Himalaya
between Saubul & the Oxus. Give me but a few yards
at a time & I will raise you a mountain chain while
London remains stationary & while Greenland is sub-
merged to an unfathomable depth & Stockholm raised
up to the summit of a high platform. The Geol. Soc.
will be much gratified by receiving the present of a collection
of Danish rocks. Pray thank Captain Blom for his present
of the map. I am sorry that some views of your beautiful

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

city & some of Hamburg which I bought were not sent in the
box - I suppose they were lost at the Inn, & not forwarded to
you as I had intended - If ever you can send me duplicates
of those corals I beg you will or any fossils for I begin
to despair of our getting any published information from
Dr Beck on the subject. I was sorry that you could not
come to Bonn where I could have introduced you to my wife
who writes this for me, as my eyes are never strong enough
to write by candlelight - I enclose two copies of the abstract
of a short notice which I read on Nov. to the G. S. -
With my kind remembrances to her & Forchhammer, believe me
my dear Forchhammer, yours very sincerely Charles Lyell
P.S. I send also a copy of the G. S. Report for Dr. Beck & 2 copies
of one of Mr. Marchison's new terminology for part of the Transverse
formation. - I long to see you paper on Denmark, and how shall I
undertake it!

Source : Fonds Forchhammer, ASNM. Cliché F. Dreyer.

Lettre de Lyell à Forchhammer du 18 octobre 1835

Page 4

LISTE DES RÉFÉRENCES

Sources primaires

ABILDGAARD S., 1759, *Beskrivelse over Stevns Klint og dens naturlige Maerkvaerdigheder*. Copenhague, p. 1-50.

ABILDGAARD S., 1764, *Sören Abildgaards Beschreibung von Stevns Klint und dessen natürlichen Merkwürdigkeiten, mit mineralogischen und chymischen Betrachtungen erläutert, und mit küpferstichen versehen*. Aus dem Dänischen übersetzt, Kopenhague und Leipzig, F.-C. Mummens Witwe, 88 p., 3 pl.

AGASSIZ L., 1838a, « Observations à la suite de la lecture du mémoire d'A. d'Archiac sur les étages inférieurs de la formation crétacée dans le nord de la France et en Angleterre », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 262-264.

AGASSIZ L., 1838b, « Présentation de moules en plâtre de coquille vivantes », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 412.

ANONYME, 1826, « Observations géognostiques sur l'île de Sélande et les îles voisines », par le Dr. G. Forchhammer. (*Ærsted, Oversigt over det K. Danske Videnskab. selsk. Forhandli., 1825.*), *Bulletin des Sciences naturelles et de Géologie*, tome 7, Article n°233, p. 291-293.

ANONYME, 1827, « De l'état géognostique d'une partie de la Sélande et des îles voisines » ; par G. Forchhammer, avec 4 pl. enluminées. (*Det Kong. Danske Videnskab. Selskabs naturvidenskab. ogmathemat. Afhandl. ; vol. 2, 1826, p. 247.*) *Bulletin des Sciences naturelles et de Géologie*, tome 10, Article n°142, p. 207-210.

ANONYME, 1827, « Paris », *Göttingische gelehrte Anzeigen*, II. Band, 103. Stück, p. 1017-1024, et 104. Stück, p. 1025-1039.

ANONYME, 1827, « Kopenhague », *Göttingische gelehrte Anzeigen*, II. Band, 114. Stück, p. 1129-1136, avec erreur de pagination (1029 au lieu de 1129).

ANONYME, 1828, « Miscellen », *Taschenbuch für die gesammte Mineralogie von Leonhard*. Zwei und zwanzigster Jahrgang. I. Band, p. 54-57.

ANONYME, 1831-1832, « Procès-verbal des séances extraordinaires tenues à Beauvais du 6 au 11 septembre 1831 », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 5-23.

ANONYME, 1837, *Rapport annuel*, Copenhague, Université de Copenhague.

ANONYME, 1838, *Rapport annuel*, Copenhague, Université de Copenhague.

ANONYME, 1839, *Rapport annuel*, Copenhague, Université de Copenhague.

ANONYME, 1880, *Congrès International de Géologie : Comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, 1878, Paris, Imprimerie nationale, 313 p.

ARCHIAC A. d', 1836, « Présence d'un banc de calcaire grossier, placé entre l'étage de l'argile plastique et la formation crayeuse dans la colline de Meudon, contre la montée des Moulineaux », *Bull. Soc. géol. France*, 7, p. 272-276.

ARCHIAC A. d', 1838, « Mémoire sur les étages inférieurs de la formation crétacée dans le nord de la France et en Angleterre », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 245 ; 259-261.

ARCHIAC A. d', 1839a, « Essais sur la coordination des terrains tertiaires du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre », *Bull. Soc. géol. France*, 10, p. 168-225.

ARCHIAC A. d', 1839b, « Observations sur le groupe moyen de la formation crétacée », *Mémoires Soc. Géol. France*, (1), 3, n°8, p. 261-311.

ARCHIAC A. d', 1843, « Réponse à M. Dufrenoy concernant la position des couches nummulitiques », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 535-537.

ARCHIAC A. d', 1845, « Observations sur le développement de l'organisme dans le sens horizontal, géographiquement ou dans l'espace et présentation des résultats de M. Forbes », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 2, p. 482-485.

ARCHIAC A. d', 1850, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1849*, Paris, Au lieu des séances de la Société, tome 3, Formation nummulitique, Roches ignées ou pyrogènes des époques quaternaire et tertiaire, 624 p.

ARCHIAC A. d', 1851, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1850*, Paris, Au lieu des séances de la Société, tome 4, Formation crétacée, 1^{ère} partie 600 p.

ARCHIAC A. d', 1853a, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1852*, Paris, Au lieu des séances de la Société, tome 5, Formation crétacée, 2^{ème} partie, 619 p.

ARCHIAC A. d', 1853b, « Remarques sur les recherches sur la craie par M. Hébert », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 10, p. 180-183.

ARCHIAC A. d', 1862, *Cours de Paléontologie stratigraphique, 1^{ère} partie, Précis de l'histoire de la Paléontologie stratigraphique*, Paris, Savy, 491 p.

ARCHIAC A. d', 1864a, *Cours de Paléontologie stratigraphique, 2^{ème} partie, Connaissances générales qui doivent précéder l'étude de la paléontologie*, Paris, Savy, 616 p., 3 cartes.

ARCHIAC A. d', 1864b, *Paléontologie de la France*, Paris, Imprimerie Impériale, 726 p.

ARCHIAC A. d', 1866, *Géologie et Paléontologie*, Paris, Savy, 491 p.

ARCHIAC A. d', 1868, *Recueil de rapports sur les progrès des lettres et des sciences en France. Paléontologie de la France*, Paris, Imprimerie Impériale, 703 p.

- ARCHIAC A. d' et VERNEUIL É. de, 1842, « Résumé d'un Mémoire sur les fossiles des terrains anciens des bords du Rhin, précédé d'un coup d'œil général sur la faune des roches paléozoïques, et suivi du Tableau des corps organisés du système dévonien en Europe », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 257-262.
- ARNAUD H., 1878, « Parallélisme de la Craie supérieure dans le Nord et dans le Sud-Ouest de la France », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 6, p. 205-211, 1 pl.
- ARNAUD H., 1879, « Danien, Garumnien et Dordonien », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 7, p. 78-87.
- BABBAGE Ch., 1830, *Reflections on the Decline of Science in England*, London, R. Clay Bread, 228 p.
- BARRANDE J., 1880, « Du maintien de la nomenclature établie par M. Murchison » in *Congrès International de Géologie : Comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, 1878, Paris, Imprimerie nationale, p. 101-106.
- BECK H.H., 1828a, *Taschenbuch für die gesammte Mineralogie mit Hinsicht auf die neuesten Entdeckungen*, 22ème année, vol. 2. *Zeitschrift für Mineralogie von Karl Caesar Ritter von Leonhard*, vol. 2, p. 580-582.
- BECK H.H., 1828b, « Forsteninger i Möens Klint », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 5, 15, p. 373-375.
- BECK H.H., 1835-1836, « Notes on the Geology of Denmark », *Proceed. of geol. Soc. of London*, vol. II, p. 217-219.
- BIRKELUND T., 1993, « Ammonites from the Maastrichtian White Chalk of Danemark », *Med. Dansk Geol. Foren.*, 40, p. 33-81.
- BIRKELUND T. & BROMLEY, R.G. (eds), 1979, *Cretaceous–Tertiary Boundary Events, symposium. I. The Maastrichtian and Danian of Denmark*, Copenhagen, University of Copenhagen, 210 p.
- BONNARD A. H. de, 1822, « Sur la présence de Cérites dans un terrain inférieur à la craie ; par M. de La Jonkaire », *Bulletin des Sciences par la Société Philomatique de Paris*, p. 10.
- BORY DE SAINT-VINCENT (Colonel), 1821, *Voyage souterrain, ou description du plateau de Saint-Pierre de Maestricht et de ses vastes cryptes*, Paris, Ponthieu, 381 p., 1 carte, 3pl.
- BOUBÉE N., 1831, « Considérations sur de nouveaux moyens propres à faciliter la détermination des fossiles », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 230-233.
- BOUBÉE N., 1838a, « Objection à M. Deshayes sur le passage des terrains tertiaires à la craie », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p.14.
- BOUBÉE N., 1838b, « Considérations sur les moyens de déterminer la position relative des strates », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p.157.

- BOUBÉE N., 1842, « Réclamations à la suite de la communication « sur l'application de l'Hélicomètre à la mesure des coquilles turbinées » de M. Alcide d'Orbigny », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p.376, 382, 386-388.
- BOUÉ A., 1825, présentation d'un mémoire de M. Keferstein, *Bull. Sc. Nat. et Géol.*, vol. 4, p. 14.
- BOUÉ A., 1830a, « Remarques sur un mémoire concernant les Alpes autrichiennes, de MM. Sedgwick et Murchison, inséré dans le cahier de septembre des Annales de philosophie de Taylor et Philipps », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 40-43.
- BOUÉ A., 1830b, « Compte-rendu des progrès de la géologie », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 71-75 ; 94-97 ; 105-124.
- BOUÉ A., 1831, « Remarques sur le Tableau comparatif des espèces de coquilles... », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 188-189.
- BOUÉ A., 1832a, « Essai pour apprécier les avantages de la paléontologie, appliquée à la géologie et à la géogénie », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 87-88.
- BOUÉ A., 1832b, « Résumé des progrès de la géologie en 1830 et 1831 », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 133-218.
- BOUÉ A., 1832c, *Mémoires géologiques et paléontologiques*, tome premier, Paris, F.G. Levrault, 362 p., 4 pl.
- BOUÉ A., 1834, « Résumé des progrès des sciences géologiques pendant l'année 1833 », *Bull. Soc. géol. France*, 5, 518 p.
- BOUÉ A., 1842a, « Lettre adressée à M. Michelin », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 81-93.
- BOUÉ A., 1842b, « Note additionnelle à mes remarques sur la paléontologie », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 131-140.
- BREDSORFF, J.H., 1822, « Geognostiske Bemærkninger paa en Rejse i Jylland i Juli og August 1820 », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 1, 1, p. 103-107.
- BREDSORFF, J.H., 1824a, « Om Kalksteenbrudet ved Herfølge », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 3, 8, p. 168-172.
- BREDSORFF, J.H., 1824b, « Geognostiske og mineralogiske Iagttagelser paa en Rejse i Nørre-Jylland i Juli og August 1823 », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 3, 9, p. 243-270.
- BREDSORFF, J.H., 1826, « Blaaleret ved Odden », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 4, 12, p. 378-381.
- BRONGNIART Ad., 1823, « Résumé des travaux de la Société d'Histoire naturelle de Paris, pendant l'année 1821 », *Mémoires de la Société d'Histoire naturelle de Paris*, p. 15-27.

BRONGNIART Alex., 1810, *Mémoire sur des terrains qui paroissent avoir été formés sous l'eau douce*, Paris, F.G. Levrault ?, 49 p., 2 pl.

BRONGNIART Alex., 1821, « Sur les caractères zoologiques des formations, avec l'application de ces caractères à la détermination de quelques terrains de la craie », *Annales des Mines*, 6, p.537-572, 1 pl.

BRONGNIART Alex., 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*, Paris, F.G. Levrault, 86 p., 6 pl.

BRONGNIART Alex., 1829, *Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe ou essai sur la structure de la partie connue de la terre*, Paris, F.G. Levrault, 86 p., 6 pl.

BRÜNNICH NIELSEN K., 1919. « En Hydrocoralfauna fra Faxe og Bemærkninger om Danien'ets geologiske Stilling », Résumé en français. : Une faune d'hydrocoraux de Faxe, et Remarques sur la condition géologique du Danien *Medd. fra Dansk geol. Forening. Bd. 5. N°16. (Trykkes tillige som Danmarks geologiske Undersøgelse, Række IV, Bd. 1 n°10)*. 66 p., 2 pl.

CECCA F. et ROUGET J., 2010, « Diversité, évolution et extinction des ammonoïdés », *Géochronique*, 116, p. 35 à 39.

CHRISTENSEN W. K., 1997, « The Late Cretaceous belemnite family Belemnitellidae : Taxonomy and evolutionary history », *Danmarks Geol. Unders.*, 44, p. 59-88

CHRISTENSEN W. K. & BIRKELUND, T., (eds), 1979, Cretaceous–Tertiary Boundary Events, symposium. II. Proceedings, Copenhagen, University of Copenhagen, 262 p.

CITA M.-B, 1955, « The Cretaceous-Eocene boundary in Italy », *Proc. 4th World Petroleum Congress*, Roma, I/D, p. 413-427.

CLÉMENT A., 1922, Breve til og fra J.G. Forchhammer, II J.G. Forchhammer og Sv. Nilsson, 1822-1845, Copenhagen, H.H. Thieles, 35 p.

COPE E, 1880, « Sur les relations des niveaux de vertébrés éteints dans l'Amérique du Nord et en Europe », in *Congrès International de Géologie : Comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, 1878, Paris, Imprimerie nationale, p. 144-163.

CUVILLIER J., DALBIEZ F., GLINTZBOECKEL C., LYS M., MAGNÉ J., PEREBASKINE V. & REY M., 1955, « Études micropaléontologiques de la limite Crétacé-Tertiaire dans les mers mesogéennes », *Proc. 4th World Petroleum Congress*, Roma, I/D, p. 517-544.

CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1808, « Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris », *Annales du Mus. Hist. Nat.*, XI, p. 293-326 ; tiré à part, 33 p. et *Journal des Mines*, t.23, p. 421-458.

CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 1811, *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, avec une carte géognostique, et des coupes de terrain*, Paris, Baudouin, 278 p., carte et pl.

CUVIER G. et BRONGNIART Alex., 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, Paris, G. Dufour et E. d'Ocagne, 428 p., 2cartes, 16 pl.

DAMHOLT T., 2005, *Møns geologi - en præsentation af den geologiske litteratur om Møn*, Rapport til Natur- og Geologigruppen, Pilotprojekt Nationalpark Møn, Østsjællands Museum, 17p.

DARWIN Ch., 1992, *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie*, texte établi par D. Becquemont à partir de la traduction de l'anglais d'Edmond Barbier, Paris, Flammarion, 604 p.

DAUBRÉE A., 1866, « Annonce de la mort très-regrettable de M. Forchhammer », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 23, p. 307-308.

DE LA BECHE H.T., 1827, « Collections in Foreign Geology.-[No. II.] 4. *Geological Observations on Sieland and the Neighbouring Islands (Denmark)* ; by Dr. G. Forchhammer », *The Philosophical Magazine*, New series, vol. 2, N°8, p. 98-100.

DE LA BECHE H.T., 1832, *A geological Manual*, 2^e éd., London, Treuttel and Würtz, 564 p.

DE LA BECHE H.T., 1837, *Manuel géologique*, trad.franç. de la 2^e éd. par A.-J.-M. BROCHANT DE VILLIERS, Bruxelles, Méline, Cans et Cie, 506 p.

DESHAYES G.-P., 1831a, *Description de coquilles caractéristiques des terrains*, Paris, F.G. Levrault, 264 p., 14 pl.

DESHAYES G.-P., 1831b, « Tableau comparatif des espèces de coquilles vivantes avec les espèces de coquilles fossiles des terrains tertiaires de l'Europe, et des espèces de fossiles de ces terrains entr'eux », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 185-187.

DESHAYES G.-P., 1832, « Observations sur un mémoire pour apprécier les avantages de la paléontologie appliquée à la géologie et à la géogénie de M. Boué », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 88-91.

DESHAYES G.-P., 1836, « Réponse aux observations de M. Élie de Beaumont à la communication de M. Ch. d'ORBIGNY : Note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon », *Bull. Soc. géol. France*, 7, p. 292-293.

DESHAYES G.-P., 1837, « Considérations sur ce que l'on doit entendre par *genre* et par *espèce* en zoologie », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 215-218.

DESHAYES G.-P., 1838a, « Considérations sur les lois générales dans la distribution des coquilles », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 153-155.

DESHAYES G.-P., 1838b, « Discussion à la suite de la présentation par M. de Verneuil d'un échantillon jurassique contenant des Ammonites et une Orthocère », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 185 ; 188-190.

DESHAYES G.-P., 1838c, *Notes sur des publications faites par M. G.-P. Deshayes, (4août 1838)*, Paris, Bourgogne et Martinet, 8 p.

DESHAYES G.-P., 1839, *Traité élémentaire de Conchyliologie, avec les applications de cette science à la géologie*, tome 1, Paris, Crochard et C^{ie}, 368 p.

DESHAYES G.-P., 1844a, « Réponse à une note de M. Rivière », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 1, p. 253-255.

DESHAYES G.-P., 1844b, « Sur des fossiles des Pyrénées », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 1, p. 576-579.

DESHAYES G.-P., 1860, *Description des animaux sans vertèbres découverts dans le bassin de Paris*, Paris, Baillière, 912 p.

DESNOYERS J., 1832, « Rapport sur les travaux de la Société géologique pendant l'année 1831 », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 226-327.

DESOR E., 1847, « Sur le terrain danien, nouvel étage de la craie », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p. 179-182.

DOLLFUS G., 1874, *Principes de géologie transformiste, application de la théorie de l'évolution à la géologie*, Paris, F. Savy, VII-178 p.

DOUVILLÉ H., 1897, « Observations sur les conclusions de M. de Grossouvre », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 80-81.

DUFRENOY A., 1830, « Des caractères particuliers que présente le terrain de la craie dans le sud de la France, et principalement sur les pentes des Pyrénées », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 9-13.

DUFRENOY A., 1832, « Observations à la réponse de M. Deshayes au mémoire de M. Boué sur les avantages de la paléontologie... », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 92.

DUFRENOY A., 1843a, « Observations sur les terrains du Midi qui contiennent les mélanges de coquilles tertiaires et crétacées », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 490-492.

DUFRENOY A., 1843b, « Observations sur communication de M. Lyell à propos des terrains de Biarritz », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 534-535.

DUFRENOY A. et ÉLIE DE BEAUMONT L., 1842, « Carte géologique de France », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 100-113.

DUMONT A. H., 1832, *Mémoire sur la constitution géologique de la province de Liège*, Bruxelles, Hayez, 374 p., 2pl., 1 carte.

EICHHOFF F.G. et SUCKAU W. de, 1840, *Dictionnaire étymologique des racines allemandes, avec leur signification française, et leurs dérivés classés par familles, suivi d'un vocabulaire étymologique des mots étrangers germanisés*, Paris, Thiérot, 612 p.

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1829, « Recherches sur quelques-unes des Révolutions de la surface du globe, présentant différens exemples de coïncidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes, et les changemens soudains qui ont produit les lignes de démarcation qu'on observe entre certains étages consécutifs des terrains de sédiment », *Ann. Sc. Nat.*, 18, p.5-25 ; 284-416.

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1832a, « Observations sur l'étendue du terrain tertiaire inférieur dans le nord de la France et sur les dépôts de lignite qui s'y trouvent », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 434-435.

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1832b, « Nouveaux développemens à la note relative aux lignites », *Bull. Soc. géol. France*, 2, p. 445-446.

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1834, « Coupe des assises supérieures de la craie à Bougival et au port de Marly », *Bull. Soc. géol. France*, 4, p. 391-393.

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1835, « Sur une carrière ouverte en ce moment au Bas-Meudon », *Bull. Soc. géol. France*, 6, p. 285-286.

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1836, « Observations à la communication de M. Ch. d'ORBIGNY : Note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon », *Bull. Soc. géol. France*, 7, p. 291-292.

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1837a, « Observations sur les gites anomaux de fossiles », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 75.

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1837b, « Réponse à une observation de M. C. PREVOST concernant les lignites », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 76-77.

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1847, « Note sur la manière de classer la partie de la série des terrains stratifiés qui s'étend du grès vert au calcaire grossier », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p. 562-569

ÉLIE DE BEAUMONT L., 1869, *Rapport sur les progrès de la stratigraphie*, Paris, Imprimerie Impériale, 572 p., 1 carte.

FAUJAS DE SAINT-FOND B., an 7^{ème}, 1798/1799, *Histoire naturelle de la montagne Saint-Pierre de Maestricht*, Paris, H. J. Jansen, 263 p., 54 pl.

FÉRUSAC A. de, Introduction au « Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes » d'A. d'ORBIGNY, 1826, *Annales des Sciences Naturelles*, tome 7, p. 97.

FISCHER-BENZON R. v., 1866, *Ueber das relative Alter des Faxekalkes und über die in demselben vorkommenden Anomuren und Brachyuren*, Kiel, Schwers'che Buchhandlung, 30 p., 5 pl.

FLORIS S., 1980, « The coral banks of the Danian of Denmark », *Acta Palaeontologica Polonica*, vol. 25, n°3-4, p. 531-540.

FORCHHAMMER G., 1822, « Om Danmarks geognostiske Forhold », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 1, 3, p. 370-389.

FORCHHAMMER G., 1823, « Om Færøernes geognostiske Beskaffenhed », *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Naturvidenskabelig og Matematisk Afdeling, Skrifter. Række 4 ; 2,5*, p. 159-206, 4 pl.

FORCHHAMMER G., 1826, « Om de geognostiske Forhold i en Deel af Sjælland og Naboeøerne », *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Naturvidenskabelige og Mathematiske Afhandlinger*, II. Deel, p. 245-280, 4 pl. (et aussi tiré-à-part, *Det kongelige danske Videnskabers Selskabs Skrifter*, 36 p, 4 pl. colorées, 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*, Kjöbenhavn, Kongelig og Universitets-Bogtrykker J.H. Schultz, 112 p., 1 kort.

FOURTAU R., 1903, « Sur la limite du Danien et du Sénonien », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 3, p. 250-251.

GAUDRY A., 1883, *Les enchaînements du monde animal dans les temps géologiques. Fossiles primaires*, Paris, F. Savy, 317 p.

GAUDRY A., 1890, *Les enchaînements du monde animal dans les temps géologiques. Fossiles secondaires*, Paris, F. Savy, 322 p.

GLASSNER M.F., 1937, « Planktonforaminiferen aus der Kreide und dem Eozen und ihre stratigraphische Bedeutung », *Stud. Micropal., Moskow Univ. Lab. Paleont.*, 1 (1), p. 27-46.

GRAVES L., 1847, *Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise*, Beauvais, A. Desjardins, 804 p.

GROSSOUVRE A. de, 1891, « La craie à baculites du Cotentin, la craie blanche de Meudon et le tuffeau de Maestricht », *C. R. Acad. Sc.*, 112, p. 545-546.

GROSSOUVRE A. de, 1897a, « Sur la limite du Crétacé et du Tertiaire », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 57-80.

GROSSOUVRE A. de, 1897b, « Réponse aux observations de MM. Douvillé et Munier-Chalmas », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 110.

GROSSOUVRE A. de, 1903a, « Observation à la note de M. A. Toucas “Sur un nouveau genre d’Hippurites” », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 3, p. 144-145.

GROSSOUVRE A. de, 1903b, « Observations sur la limite du Danien et du Sénonien », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 3, p. 187-188.

GROSSOUVRE A. de, 1903c, « Nouvelles observations sur l’étage danien », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 3, p. 634.

GROSSOUVRE A. de, 1904a, « Sur la distribution verticale des Orbitoïdes », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 4, p. 513-514.

GROSSOUVRE A. de, 1904b, « Réponse aux observations de M. Pervinquière », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 4, p. 650.

HAUG É., 1903, « Observation à la note de M. A. Toucas “Sur un nouveau genre d’Hippurites” », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 3, p. 138.

HAUSMANN, J.F.L., 1824, « Uebersicht der jüngere Flößgebilde im Flußgebiete der Weser, mit vergleichender Berücksichtigung ihrer Aequivalent in einigen anderen Gegenden von Deutschland und in der Schweiz », *Studien des Göttingischen Vereins Bergmännischer Freunde*, vol. 1, p. 381- 567.

HÉBERT E., 1847, « Note sur le calcaire pisolitique », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p. 517-522.

HÉBERT E., 1848, « Note sur les dépôts situés, dans le bassin de Paris, entre la craie blanche et le calcaire grossier », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 5, p. 388-408.

HÉBERT E., 1849, « Compte-rendu de la séance de clôture de la session extraordinaire à Epernay », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 6, p.719-733.

HÉBERT E., 1850, « Note sur la présence du calcaire pisolitique à Ambleville », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 7, p. 135-136.

HÉBERT E., 1852, « Note sur la limite qui sépare le terrain crétacé du terrain tertiaire », *C. R. Acad. Sc.*, 35, p. 862-865.

HÉBERT E., 1853, « Recherches sur la craie supérieure de l’Europe », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 10, p. 178-180.

HÉBERT E., 1854, « Observations sur l’argile plastique et les assises qui l’accompagnent dans la partie méridionale du bassin de Paris, et sur leur relation avec les couches tertiaires du Nord », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 11, p. 418-439.

HÉBERT E., 1857, « Cours de géologie, Leçon d'ouverture (25 mars 1857) », *Revue des Cours publics*, 5 et 12 avril 1857, 16 p.

HÉBERT E., 1859, « Observations sur les phénomènes qui se sont passés à la séparation des périodes géologiques », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 16, p. 596-605.

HÉBERT E., 1867, « Le terrain crétacé des Pyrénées – 1^{ère} partie », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 24, p. 323-380, pl. V.

HÉBERT E., 1874, « Comparaison de l'Éocène inférieur du Bassin de Paris, de Belgique et d'Angleterre », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 3, p. 27-31.

HÉBERT E., 1875a, « Ondulations de la Craie dans le bassin de Paris », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 3, p. 512-546, 1 pl.

HÉBERT E., 1875b, « Classification du terrain crétacé supérieur », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 3, p. 595-599, 1 pl.

HÉBERT E., 1880, « Remerciements à M. le professeur Lesley » in *Congrès International de Géologie : Comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, 1878, Paris, Imprimerie nationale, p. 135-136.

HÉBERT E., 1882, « Un mot sur le Congrès géologique international de Bologne », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 10, p. 21-26.

HENNIG A., 1903-1904, « Finnes en lucka emallan senon och danien i Danmark ? » (Géol. Fören. Förhandl. N° 225. Bd. XXVI, H. I, p. 29-66.

HENNIG A., 1904, « Présentation d'un travail sur les rapports entre le Sénonien et le Danien du Danemark », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 4, p. 282.

HUMBOLDT A. de, 1823, *Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*, Paris, F.G. Levrault, 379 p.

HUOT J.-J.-N., 1837, *Nouveau cours élémentaire de Géologie*, Tome 1, Paris, Libraire encyclopédique de Roret, 771 p.

JOHNSTRUP F., 1876, « Om Grønsandet i Sjælland » Vid. Medd. Fra den Naturhist. For i Kjøbenhavn, 1876, p. 1-32.

LAJOYE F., 1838, « Considérations sur la distribution des espèces », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 264.

LAJOYE F. et DESHAYES G.-P., 1838, « Considérations de MM. Lajoie et Deshayes sur la circonscription de l'espèce », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 156-157.

LAMARCK J.-B. MONET DE, 1822, *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, tome 7, Paris, Verdière, 711 p.

LANDMAN N.H. et al., 2007, « Cephalopods from the Cretaceous/Tertiary boundary interval on the Atlantic Coastal Plain, with a description of the highest ammonite zones in North America ». Part III. Manasquan River Basin Monmouth, County, New Jersey, *Bulletin of the American Museum of Natural*, 303, 122p.

LAPPARENT A. de, 1907, *Abrégé de géologie*, 6ème édition, Paris, Masson, 438 p., 103 fig., 1 carte.

LAVOISIER A.L., 1792, « Sur les couches modernes horizontales, qui ont été déposées par la mer, et sur les conséquences qu'on peut tirer de leur disposition, relativement à l'ancienneté du globe terrestre », *Mém. Académie des Sciences*, année 1789, p. 351-371, pl. I-VII.

LEYMERIE A., 1840, « Considérations sur l'importance de la zoologie en géologie et synonymie de l'*Exogyra sinuata* », *Bull. Soc. géol. France*, 11, p. 121-126.

LEYMERIE A., 1843, « Lettre à M. Élie de Beaumont concernant les terrains supérieurs des Corbières », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 527-531

LEYMERIE A., 1845a, « Mémoire sur le terrain à Nummulites (épicrotacé) des Corbières et de la Montagne Noire (Aude) », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 2, p. 11-26.

LEYMERIE A., 1845b, « Lettre sur le terrain à Nummulites des Corbières », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 2, p. 270-273.

LEYMERIE A., 1853c, « Note sur le massif d'Ausseing et du Saboth (Haute-Garonne), où l'on démontre l'existence stratigraphique des types épicrotacé et crétacé supérieur (craie) », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 10, p. 518-528.

LEYMERIE A., 1862, « Aperçu géognostique des petites Pyrénées et particulièrement de la montagne d'Ausseing », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 19, p. 1091-1096.

LEYMERIE A., 1865, « Note sur l'étage garumnien », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 22, p. 360-369.

LEYMERIE A., 1868, « Note sur l'origine et les progrès de la question relative au type garumnien », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 25, p. 896-909.

LUNDGREN B., 1882, « Note sur le système crétacé de Suède », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 10, p. 456-461.

LUNDGREN B., 1888, *List of the fossil faunas of Sweden*, vol. 3, Mesozoic, *Palæontological department of the Sweden State Museum (Natural History)*, Stockholm, Naturhistoriska Riksmuseet, 20 p.

LYELL Ch., 1830, *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, Londres, J. Murray, vol.1, 511 p.

LYELL Ch., 1832a, *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, Londres, J. Murray, vol.2, 331 p.

LYELL Ch., 1832b, *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, 2ème édition, Londres, J. Murray, vol.1.

LYELL Ch., 1833a, *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, 2ème édition, Londres, J. Murray, vol.2.

LYELL Ch., 1833b, *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, 1ère et 2ème édition, Londres, J. Murray, vol.3, 398 p., appendices et glossaire de 109 p.

LYELL Ch., 1834, *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, 3ème édition, 4 volumes, Londres, J. Murray.

LYELL Ch., 1835a, *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, 4ème édition, 4 volumes, Londres, J. Murray.

LYELL Ch., 1835b, « On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Möen », *Proceed. of geol. Soc. of London*, vol. II, p. 191-192.

LYELL Ch., 1835-1836, « Address to the Geological Society, delivered at the Anniversary, on the 19th of February, 1836 », *Proceed. of geol. Soc. of London*, vol. II, p. 357-390.

LYELL Ch., 1837-1840, « On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Möen », *Trans. Geol. Soc. London 2° series*, V, p.243-257.

LYELL Ch., 1837-1838, « Sur les terrains crétacés et tertiaires du Danemark », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 292-293.

LYELL Ch., 1838, *Elements of Geology*, Londres, J. Murray, 543 p., 1pl.

LYELL Ch., 1839, *Eléments de Géologie*, Paris, trad. Pitois-Levrault, 648p., 1pl.

LYELL Ch., 1843, « Communication sur la présentation à la Société géologique de Londres d'échantillons de coquilles et de coraux des terrains de Biarritz par M. Pratt », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 533-534.

LYELL Ch., 1852, « On the Tertiary Strata of Belgium and French Flanders. Part II. The Lower Tertiaries of Belgium », *Proceed. of geol. Soc. of London*, vol.VIII, p. 277-370.

LYELL Ch., edited by LYELL K. M., 2010a, *Life, letters and journals of Sir Charles Lyell, Bart*, vol.1, Cambridge, Cambridge University Press, 475 p.

LYELL Ch., edited by LYELL K. M., 2010b, *Life, letters and journals of Sir Charles Lyell, Bart*, vol.2, Cambridge, Cambridge University Press, 489 p .

- MACHALSKI M. et HEINBERG C., 2005, « Evidence for ammonite survival into the Danian (Paleogene) from the Cerithium Limestone at Stevns Klint, Denmark », *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 52, p. 97-111.
- MADSEN V. (sous dir.), 1928, « Livret guide des excursions en Danemark de la Réunion géologique internationale à Copenhague 1928. Excursion B, La Sjælland méridionale et l'île de Möen », *Danmarks geologiske Undersøgelse*, Række V, n°5, 43 p.
- MARCOU J., 1897, « Sur les équations personnelles et nationales dans les classification stratigraphiques », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 803-830.
- MARIE P., 1937, « Sur la faune de Foraminifères du Calcaire pisolithique du Bassin de Paris », *Bull. Soc. géol. France*, (5), 7, p. 289-294.
- MATHERON P., 1842, « Compte-rendu de la Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Aix », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 411-532.
- MATHERON P., 1876, « Note sur les dépôts crétacés lacustres et d'eau saumâtre du Midi de la France », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 4, p. 415-428.
- MAYER-EYMAR, 1882, « Note sur les terrains tertiaires de l'Ariège », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 10, p. 637-643.
- MERCEY N. de, 1879, « Remarques sur la classification du terrain crétacé supérieur », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 7, p. 355-386.
- MICHELIN H., 1847, *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p. 540.
- MOROZOVA V.G., 1946, « The boundary between the Cretaceous and Tertiary in the light of the study of Foraminifera », *Doklady Akad. Nauk. USSR*, 54 (2), p. 153-155.
- MUNIER-CHALMAS E. et LAPPARENT A. de, 1893, « Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 21, p. 438-488.
- MUNIER-CHALMAS E., 1897a, « Observations », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 81.
- MUNIER-CHALMAS E., 1897b, « Note préliminaire sur les assises montiennes du bassin de Paris », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 25, p. 82-91.
- NICKLES R., 1889, « Notes sur quelques gisements du Sud-Est de l'Espagne », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 17, p. 824-840.
- NORDMANN V. et MADSEN V. (sous dir.), 1930, *Compte-rendu de la Réunion géologique internationale à Copenhague 1928*, Copenhague, C. A. Reitzels Forlag, 270 p., 6 pl.
- ØDUM H., 1928, « Système crétacé », in NORDMANN V. et MADSEN V. (sous dir.), 1928, « Aperçu de la géologie du Danemark », *Danmarks geologiske Undersøgelse*, Række V, n°4, p. 47-71.

ØDUM H., 1930, « Aperçu des problèmes actuels du Danien », in NORDMANN V. et MADSEN V. (sous dir.), 1930. *Compte-rendu de la Réunion géologique internationale à Copenhague 1928*, Copenhague, C. A. Reitzels Forlag, p. 177-182.

OMALIUS D'HALLOY J.-B. d', 1846, « Note sur la succession des êtres vivants », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 3, p. 490-497.

OMALIUS D'HALLOY J.-B. d', 1853, *Abrégé de géologie*, Bruxelles, Alex. Jamar et Paris, V^e L. Mathias, 612 p.

ORBIGNY A. d', 1826, « Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes », *Annales des Sciences Naturelles*, tome 7, p. 121-169 et 245-313.

ORBIGNY A. d', 1837, « Remarques sur les crinoïdes », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 218.

ORBIGNY A. d', 1840, « Mémoire sur les Foraminifères de la craie blanche des environs de Paris », *Bull. Soc. géol. France*, 11, p. 38-39 et *Mémoires Soc. géol. France*, (1), 4, n°1, 51 p., 4 pl.

ORBIGNY A. d', 1842a, « Sur l'application de l'Hélicomètre à la mesure des coquilles turbinées », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 130 et 200-205.

ORBIGNY A. d', 1842b, *Paléontologie française*, tome 2, Paris, chez l'auteur et Arhus-Bertrand, 456 p.

ORBIGNY A. d', 1842c, « Quelques considérations géologiques sur les Rudistes », *Bull. Soc. géol. France*, 13, p. 148-161.

ORBIGNY A. d', 1843a, « Considérations générales sur la paléontologie de l'Amérique méridionale, comparée à la paléontologie de l'Europe », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 342-351.

ORBIGNY A. d', 1843b, « Considérations géologiques et géologico-géographiques sur l'ensemble des mollusques Gastéropodes des terrains crétacés », *Bull. Soc. géol. France*, 14, p. 460-485

ORBIGNY A. d', 1849, *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques*, vol. 1, Paris, Victor Masson, 299 p.

ORBIGNY A. d', 1850a, *Prodrome de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés* vol. 1, Paris, Victor Masson, LX-394 p

ORBIGNY A. d', 1850b, « Extrait du *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle* », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 7, p. 99-111.

ORBIGNY A. d', 1850c, « Note sur les fossiles de l'étage danien », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 7, p. 126-135.

ORBIGNY A. d', 1851, *Prodrome de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés* vol. 2, Paris, Victor Masson, 427 p.

ORBIGNY A. d', 1852a, *Prodrome de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés* vol. 3, Paris, Victor Masson, 196-189 p.

ORBIGNY A. d', 1852b, *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques*, vol. 2, Paris, Victor Masson, 847 p.

ORBIGNY A. d', 1852c, *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques*, Tableaux, Paris, Victor Masson, 17 p.

ORBIGNY Ch. d', 1836, « Note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon », *Bull. Soc. géol. France*, 7, p. 280-293.

ORBIGNY Ch. d', 1837a, *Mémoire sur diverses couches de terrains nouvellement découvertes aux environs de Paris entre la craie et l'argile plastique*, Paris, Bourgogne et Martinet, 18 p., 1 pl.

ORBIGNY Ch. d', 1837b, « Présentation des fragments de *Cerithium giganteum*, provenant de son terrain de calcaire pisolitique », *Bull. Soc. géol. France*, 8, p. 240-241.

ORBIGNY Ch. d', 1838a, « Communication sur l'existence, près de Montereau, de quinze grandes carrières de calcaire pisolitique », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 12-13.

ORBIGNY Ch. d', 1838b, « Note sur l'âge des lignites du Soissonnais et du Laonnais », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 318-324.

ORBIGNY Ch. d', 1838c, *Notice géologique sur les environs de Paris*, Extrait du Dictionnaire pittoresque d'Histoire Naturelle, Paris, 58 p., 1 pl.

ORBIGNY Ch. d', 1848, Article « Terrains », *In Dictionnaire universel d'Histoire Naturelle*, 12, Paris, Renard et Martinet, p. 505-506.

ORBIGNY Ch. d', 1855, « Tableau synoptique des terrains et principales couches minérales qui constituent le sol du bassin parisien avec indication des fossiles caractéristiques et des roches utiles aux arts et à l'agriculture »

ØRSTED H.C. et ESMARCH L., 1820, *Beretning om en Undersøgelse over Bornholms Mineralrige, udført 1819 efter Kongeling Befaling gennem Rentekammeret*, Copenhagen, Schniziske Officin, 84 p.

ØRSTED H.C., 1825, « Oversigt over Selskabets Forhandlinger og dets Medlemmers Arbejder fra 31 Maj 1824 til 31 Maj 1825 », *Kongl. Danske Vidensk. Selskabs Naturvidenskabelige og Mathematiske Afhandlinger*, 1828, III, p. XXVI-XXIX.

ØRSTED H.C., 1828, « Oversigt over Selskabets Forhandlinger og dets Medlemmers Arbejder fra 31 Maj 1824 til 31 Maj 1827 », *Kongl. Danske Vidensk. Selskabs Naturvidenskabelige og Mathematiske Afhandlinger*, III Deel, p. XXVI-XXIX.

PERVINQUIÈRE L., 1900, « Sur l'Éocène de Tunisie et d'Algérie », *C. R. Acad. Sc.*, t. 131, p. 563-565.

PERVINQUIÈRE L., 1903, « Observation à la note de M. A. Toucas “Sur un nouveau genre d'Hippurites” », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 3, p. 145.

PERVINQUIÈRE L., 1904a, « Observation à la note de A. de Grossouvre “sur la distribution verticale des Orbitoïdes” », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 4, p. 515.

PERVINQUIÈRE L., 1904b, « Observation à la note de A. de Grossouvre », *Bull. Soc. géol. France*, (4), 4, p. 650.

PINGEL C. 1826, « Om Jernsandet og det grønne Sand paa Bornholm », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 4, 12, p. 273-281.

PINGEL C. 1828, « Om Diluviet og Alluviet i det nordlige Jylland », *Tidsskrift for Naturvidenskaberne*, vol. 5, 14, p. 121-144.

PONTOPPIDAN E., 1763, *Den danske Atlas, tomus I*, København, Kongelig Universitets, 723 p., 31 planches.

PRÉVOST C., 1830, « Considérations sur la valeur que les géologues modernes donnent à diverses expressions fréquemment employées par eux », *Bull. Soc. géol. France*, 1, p. 19-26.

PRÉVOST C., 1833, « Réponse aux observations critiques faites par M. F. Hoffmann sur la coupe générale du sol de Sicile », *Bull. Soc. géol. France*, 3, p. 181-184.

PRÉVOST C., 1845a, « Note sur le terrain nummulitique de la Sicile, et considérations générales à ce sujet », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 2 p. 27-33.

PRÉVOST C., 1845b, « De la chronologie des terrains et du synchronisme des formations » (extrait), *C. R. Acad. Sc.*, p.1062-1071.

PRÉVOST C., 1847, « Remarques sur le terrain à Nummulites », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p. 539-540.

PUGGAARD C., 1853, *Deux vues géologiques, pour servir à la description géologique du Danemark dédiées à Mr. G. Forchhammer*, Copenhague, C.A. Reitzel, 8 p., 2 pl.

RASMUSSEN H.W., 1964, « Les affinités du Tuffeau de Ciplly en Belgique et du post-Maestrichtien. “Me” des Pays-Bas avec le Danien. *Mém. BRGM*, 28 (Coll. Paléogène 1962), p. 865-872.

RAVN J.P.J., 1903, « Molluskerne i Danmarks Kridtaflejringer. III. Stratigrafiske Undersøgelser », *Kgl. Dan. Vidensk. Selsk.*, 6 R., nat.-math. Afd., 11, 6, 335-446.

RAVN J.P.J., 1925, « Sur le placement géologique du Danien », *D. G. U.*, 2, 43, 48 p.

RIGSARKIVET, 1902, *Fonden ad usus publicos. Aktmæssige Bidrag til Belysning af dens Virkshomed*, 2 Bind, 1801-1826, Kjøbenhavn, C.A. Reitzel, 533 p.

ROSENKRANTZ A., 1924, « Nye Iagttagelser over Cerithiumkalken i Stevns Klint med Bemærkninger om Grænsen mellem Kridt og Tertiær » Meddr. Dansk geol. Foren. 6, Møder og Ekskursioner, p. 28-31.

ROUSSEL J., 1887a, « Etude sur le Crétacé des Petites Pyrénées et des Corbières », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 15, p. 601-639, 2 pl.

ROUSSEL J., 1887b, « Sur la composition du Danien supérieur et de l'Eocène des Petites-Pyrénées, des Corbières et de la Montagne-Noire », *Ass. Fr. pour l'avancement des Sciences*, session de Toulouse, p. 459.

ROYS marquis DE, 1846, « Note sur la comparaison des bassins tertiaires du Midi avec celui de Paris », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 3, p. 645-652.

ROYS marquis DE, 1852, « Lettre sur le calcaire pisolitique de la Fondoire, commune de Villecerf (Seine et Marne) », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 9, p. 645-652.

ROZET Capitaine, 1838, « Discussion à la suite de la présentation par M. de Verneuil d'un échantillon jurassique contenant des Ammonites et une Orthocère », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 185 ; 188-190.

ROZET Capitaine, 1847, « Remarques à la note sur le calcaire pisolitique de M. Hébert », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 4, p. 521-522.

RØRDAM H. Fr., 1895, *Lettres de Jacob Langebek publiées par l'Académie royale danoise pour l'histoire de la patrie et la langue en mémoire de la fondation de l'Académie le 8 janvier 1745 [Breve fra Jacob Langebek udgivne af det kongelige danske selskab for Fædrelandets historie og sprog til erindring om selskabets stiftelse den 8. Januar 1745]*, Copenhague, Græbes Bogtrykkeri, 540 p.

SAPORTA G. et MARION A., (1885) *L'évolution du règne végétal : les phanérogames*. Tome 1 / 1885 F. Alcan. Paris, X-249-IV p, et Tome 2, 247-32 p.

SCHLOTHEIM, E. F. von, 1820, *Die Petrefactenkunde*, Gotha, Becker'sche Buchhandlung.

SEUNES, J., 1890, « Contributions à l'étude des Céphalopodes du crétacé supérieur de France », *Mémoires Soc. Géol. France*, Paléontologie, 2, 22 p., 6 pl.

SEUNES, J., 1891 a, « Recherches géologiques sur les terrains secondaires et l'Eocène inférieur de la région sous-pyrénéenne du Sud-Ouest (Basses-Pyrénées et Landes) », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 19, p. 125-135.

SEUNES, J., 1891 b, « Observations sur le parallélisme des assises du crétacé supérieur des Pyrénées occidentales (Basses-Pyrénées et Landes) », *C. R. Acad. Sc.*, 112, p. 1325-1327.

TOUCAS, 1882, « Synchronisme des étages turonien, sénonien et danien dans le nord et dans le midi de l'Europe », *Bull. Soc. géol. France*, (3), 10, p. 154-217, 2 pl.

VARGAS BEDEMAR E., Graf von, 1820, « Ueber die Kalk- und Kreide- Formazion von Faxöe, Stevns- und Möens- Klint », *Taschenbuch für die gesammte Mineralogie mit Hinsicht auf die neuesten Entdeckungen*, 14^{ème} année, *Mineralogisches Taschenbuch für das Jahr 1820 von Karl Caesar Ritter von Leonhard*, Erste Abteilung, p. 40-64.

VERNEUIL É. de, 1838, « Citation d'auteurs d'opinions divergentes de celle de M. Deshayes », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p.185.

VERNEUIL É. de, 1849, « Remarques », *Bull. Soc. géol. France*, (2), 6, p. 522.

VIRLET T., 1838, « Remarques », *Bull. Soc. géol. France*, 9, p. 157.

Sources secondaires

ARCHIAC A. d', 1850, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1849*, Paris, Au lieu des séances de la Société, tome 3, Formation nummulitique, Roches ignées ou pyrogènes des époques quaternaire et tertiaire, 624 p.

ARCHIAC A. d', 1851, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1850*, Paris, Au lieu des séances de la Société, tome 4, Formation crétacée, 1^{ère} partie 600 p.

ARCHIAC A. d', 1853a, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1852*, Paris, Au lieu des séances de la Société, tome 5, Formation crétacée, 2^{ème} partie, 619 p.

ARCHIAC A. d', 1868, *Recueil de rapports sur les progrès des lettres et des sciences en France. Paléontologie de la France*, Paris, Imprimerie Impériale, 703 p.

BARBIN E.- GODET J.-L.- STENGER G., 2009, *1867 L'année de tous les Rapports*, Pornic, Editions du Temps, 351 p.

BOURGUET M.-N., 1997, « La collecte du monde : voyages et histoire naturelle (fin XVII^e-début XIX^e siècle) », in BLANCKAERT C. (dir.), *Le Muséum au premier siècle de son histoire*, Paris, Muséum national d'histoire naturelle, p. 163-196.

BOURGUET M.-N. et LACOUR P.-Y., « Les mondes naturalistes : Europe (1530-1802) », in PESTRE D., (dir.), 2015, *Histoire des sciences et des savoirs, 1. De la Renaissance aux Lumières*, Paris, Seuil, p. 255-281.

BOWLER P.J. et PICKSTONE J.V., 2009, *The Cambridge History of Sciences, vol. 6, Modern Biology and Earth Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 633 p.

CHRISTENSEN, D.C., 2013, *Hans Christian Ørsted : reading nature's mind*, Oxford, Oxford University Press, 743 p.

CORSI P., 1978, « The Importance of French Transformist Ideas for the Second Volume of Lyell's Principles of Geology », *The British Journal for the History of Science*, 11, pp 221-244. doi:10.1017/S0007087400043788

CORSI P., 1983, *Oltre il mito, Lamarck e le scienze naturali del suo tempo*, Bologne, Il Mulino, Traduction française par Diane Ménard : *Lamarck, Genèse et enjeux du transformisme*, Paris, CNRS Éditions, 2001.

CORSI P., 2008, *Fossils and reputations. A scientific correspondence: Pisa, Paris, London, 1853-1857*, Pisa, Plus-Pisa University press, 411 p.

CORSI P. - GAYON J.- GOHAU G.- TIRARD S., 2006, *Lamarck, philosophe de la nature*, Paris, P.U.F., 167 p.

DAUBRÉE A., 1897, « Biographie de Léonce Élie de Beaumont », *Livre du Centenaire (Ecole Polytechnique)*, tome 3, Paris, Gauthier-villars et fils.

<http://www.anales.org/archives/x/elie.html>

DREYER, F., 2014, « La controverse sur la limite Crétacé-Tertiaire au Danemark (1825-1835) », *Travaux du COFRHIGÉO*, 3^{ème} série, t. XXVIII, p. 1-23.

DREYER F., 2017a, « Sténon, Stenonis Nicolas ou Steensen Niels - (1638-1686) », Encyclopædia Universalis [en ligne].

URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/stenon-stenonis-steensen/>

DREYER F., 2017b, « 1817, mort de Jean-André Deluc », *La Science au présent*, Encyclopædia Universalis, Paris, p. 238-240.

DREYER F., « L'émergence de la notion de limite dans la stratigraphie du XIX^e siècle », *Cahiers François Viète*, soumis.

DROUIN J.-M., 1989, « De Linné à Darwin. Les voyageurs naturalistes », in SERRES M., (dir.), *Éléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, p. 321-335.

DROUIN J.-M., 2002, « Raisons et jalons du voyage en Amérique méridionale », in TAQUET P. (dir.), *Alcide d'Orbigny. Du Nouveau Monde... au passé du monde*, Paris, Nathan et MNHN, p. 14-17.

ELLENBERGER F., 1982, « Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations », *Travaux du COFRHIGÉO*, 1^{ère} série, n° 45, 35 p, 4 pl.

ELLENBERGER F., 1988, *Histoire de la géologie, des anciens à la première moitié du XVII^e siècle*, tome 1, Paris, Technique et Documentation (Lavoisier), 352 p.

ELLENBERGER F., 1994, *Histoire de la géologie, la grande éclosion et ses prémices 1660-1810*, tome 2, Paris, Technique et Documentation (Lavoisier), 381 p.

ELLENBERGER F et GOHAU G., 1981, « À l'aube de la stratigraphie paléontologique : J.-A. Deluc – son influence sur Cuvier », *Revue Hist. des Sciences*, XXXIV, p. 217-257.

FISCHER J.-C., 2002, « Conception et suites de la Paléontologie française d'A. d'Orbigny », *C.R. Palevol*, 1, p. 599-613.

GARBOE A., 1959, *Geologiens Historie i Danmark, Fra Mythe til Videnskab*, Copenhagen, C. A. Reitzel, vol.1, 283 p.

GARBOE A., 1961, *Geologiens Historie i Danmark, Forskere og Resultater*, Copenhagen, C. A. Reitzel, vol.2, 522 p.

GAUDANT J., 1982, « Actualisme, antiprogressionnisme, catastrophisme et créationnisme dans l'œuvre d'Alcide d'Orbigny (1802-1857) ». *Travaux du COFRHIGEO*, 1^{ère} série, n° 46, 7 p.

GAYON J., « ESPÈCE, biologie », Encyclopædia Universalis [en ligne],
URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/espece-biologie/>

GODARD G. et VIAUD J.-M., 2007, *De la Vendée au Sahara. L'aventure tunisienne du géologue Léon Pervinquier (1873-1913)*, La Roche-sur-Yon, CVRH, 280 p.

GOHAU G., 1987, « À propos d'un bicentenaire : Constant Prévost (1787-1856) et la théorie du soulèvement ». *Travaux du COFRHIGEO*, 3^{ème} série, t. I, n° 5, p. 41-48.

GOHAU G., 1990, *Une histoire de la géologie*, Paris, Seuil, 277 p.

GOHAU G., 1998, « Léonce Élie de Beaumont (1798-1874). Pour le bicentenaire de sa naissance ». *Travaux du COFRHIGEO*, 3^{ème} série, t. XII, n° 6, p. 71-77.

GOHAU G., 2009, « Le Rapport d'Élie de Beaumont sur les progrès de la stratigraphie », in BARBIN E., GODET J.-L. et STENGER G. 2009, *1867, l'année de tous les Rapports. Les lettres et les sciences à la fin du Second Empire*, Paris, Du Temps Eds., 351 p.

GOHAU G., 2012, « Des espèces perdues aux espèces analogues (1563-1809) ». *Bull. SHESVIE*, vol.19, n° 1, p. 9-20.

GRANDCHAMP P., 1999, « Stratigraphie ». In LECOURT D. (dir), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. Paris, Presses universitaires de France, p. 881-883.

GRAVESEN P. 1979, « A Danish historical view of the boundary » in BIRKELUND, T. & BROMLEY, R.G. (eds): *Cretaceous–Tertiary Boundary Events, symposium. I. The Maastrichtian and Danian of Denmark*, Copenhagen, University of Copenhagen, p.8-15.

GRAVESEN P., 2001, « Den geologiske udforskning af Fakse Kalkbrud fra midten af 1700-tallet til nu », *Geologisk Tidsskrift*, hæfte 2, p. 1-40, København.

HOOPYKAAS R., 1970, *Continuité et discontinuité en géologie et biologie*, traduit de l'anglais par R. Pavans, d'après 2^{ème} éd., 1963, Paris, Seuil, 366 p.

HYLLEBERG J., 2009, « Cardiidae (Mollusca : Bivalvia) in the collection of Statens naturhistoriske Museum, previously the Zoological Museum, University of Copenhagen (ZMUC). Annotated and revised. Part 1 (of 2) » *Steenstrupia* 31 (1), p. 1-101.

KIMMEL A. J., 2009, *Ethical Issues in Behavioral Research : Basic and Applied Perspectives par Allan J. Kimmel*, Oxford, John Wiley & sons, 432 p.

- KRAGH H., 2003, « Volta's Apostle ; Christoph Heinrich Pfaff, Champion of the Contact Theory », Fabio Beviacqua et Lucio Fregonese (éds.), *Nuova Voltiana Studies on Volta and his Times*, volume 5, p. 69-82.
- KLAUSER E.-A., « Desor, Edouard », in *Historisches Lexikon der Schweiz*, Dictionnaire historique de la Suisse (DHS), url : <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F4468.php>, version du 17.01.06
- LAURENT G., 1993, « Ami Boué (1793-1881) : sa vie et son œuvre », *Travaux du COFRHIGEO*, 3^{ème} série, t. VII, n° 3, p.19-30.
- LECOURT D. (dir), 2006, *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, 4^{ème} éd. revue et augmentée, Paris, Presses universitaires de France, 1195 p.
- MONTENAT C., 2010a, « Les carrières du Bois des Roches à Vigny. Histoire géologique et histoire de la géologie, autour de la limite Crétacé-Tertiaire », *Géochronique*, 115, p.18-24.
- MONTENAT C., 2010b, « Les carrières du Bois des Roches à Vigny dans le Val d'Oise, Versailles, CRDP de l'académie de Versailles, 44 p.
- MONTENAT C. et MERLE D. (coord.), 2018, *Stratotype Danien*, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze ; XXXp. (Patrimoine géologique), à paraître.
- NORDMANN V. et MADSEN V. (sous dir.), 1928, « Aperçu de la géologie du Danemark », *Danmarks geologiske Undersøgelse*, Række V, n°4, 232 p., 2 pl.
- PESTRE D., (dir.), 2015, *Histoire des sciences et des savoirs, 1. De la Renaissance aux Lumières*, Paris, Seuil, 491 p.
- PETERSEN K.S, 1997, « Forchhammer og guldalderen i dansk geologi », *Geologisk Tidsskrift*, vol. 2, p. 1-7.
- POMEROL Ch. et BIGNOT G., 2000, « Deux (et bientôt peut-être trois) siècles de controverses sur la limite Crétacé-Tertiaire », *Travaux du COFRHIGEO*, 3^{ème} série, XIX, p. 29-47.
- RAINER R., 2009, « Paleontology », In BOWLER P.J. et PICKSTONE J.V., 2009, *The Cambridge History of Sciences, vol. 6, Modern Biology and Earth Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 185-204.
- RUDWICK M.J.S., 2014, *Earth's Deep History. How It Was Discovered and Why It Matters*, Chicago and London, University of Chicago Press, 360 p.
- TAQUET P. (dir.), 2002, *Alcide d'Orbigny. Du Nouveau Monde... au passé du monde*, Paris, Nathan et MNHN, 128 p.
- THOMASSET T., 2011, « Tout sur les Unités de mesures / Les Hommes / Hans Christian Oersted (1777-1851) », UTC, <http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/index.html>
- WOLFF T., 2007, « The history of the Zoological Museum, University of Copenhagen », <http://www.zmuc.dk/HeadWeb/old-museum.htm>

Archives

Fonds Forchhammer

Archives du *Statens Naturhistoriske Museum* (ASNM)

Université de Copenhague

Sites internet consultés

Archives ouvertes HAL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/>

Archives.org : <https://archive.org/index.php>

Archives des Annales des Mines: <http://www.annales.org/archives/index.html>

Arkivalier online: <https://www.sa.dk/>

Biodiversity Heritage Library : www.biodiversitylibrary.org

Cairn.info : <https://www.cairn.info/>

Darwin's Beagle library : <http://darwin-online.org.uk/>

Dictionnaire danois : http://www.lexilogos.com/danois_dictionnaire.htm

Gallica : <http://gallica.bnf.fr/>

Google Books : <https://books.google.fr/>

HathiTrust : www.hathitrust.org

Jubilothèque : <http://jubilotheque.upmc.fr/>

Musée de Paléontologie de Provence : <http://mdp.cerege.fr/matheron.php>

Musée des Mines de Norvège : <http://norsk-bergverksmuseum.no/det-kongelige-norske-bergseminarium/>

Statens Naturhistoriske Museum, Université de Copenhague : <http://snm.ku.dk/omsnm/> et le

Geologisk Museum : http://geologi.snm.ku.dk/om_geologisk_museum/

Worldcat : <http://www.worldcat.org/>

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Les « terrains de sédiments » des environs de Paris par Cuvier et Brongniart (1811).	17
Figure 2	Description géologique des environs de Paris. Cuvier et Brongniart (1822)	21
Figure 3	Planches de fossiles, Faujas de Saint-Fond (1798).	25
Figure 4	Coupe perpendiculaire d'un point du plateau de Saint-Pierre de Maastricht par Bory de Saint-Vincent (1821).	26
Figure 5	Image satellite du Danemark ; localisation des différents sites danois.	29
Figure 6	Søren Abildgaard (1718-1791).	33
Figure 7	Falaises de Stevns, Sjælland. Gravure de Søren Abildgaard (1764).	36
Figure 8	L'église de Højrup en 2011.	36
Figure 9	Manchette du journal <i>Morgen bladet København</i> , « Demain Copenhague » (1928).	36
Figure 10	Planche de dessins de fossiles ramassés dans la craie et le calcaire de Stevns Klint par Søren Abildgaard (1764).	37
Figure 11	Johan Georg Forchhammer (1794-1865), vers 1850.	39
Figure 12	Extrait de la carte de la région étudiée par Forchhammer montrant les bandes d'orientation nord-ouest – sud-ouest telles que Forchhammer les conçoit (1835).	45
Figure 13	La falaise de Stevns (2011).	56
Figure 14	La falaise de Stevns Klint (Fig. I) et les stratifications ellipsoïdes (Fig. II et III) représentées par Forchhammer (1825).	57
Figure 15	Les deux formes du calcaire de Faxe : calcaire massif, dense et fracturé, et calcaire friable.	62
Figure 16	<i>Brachiurites rugosus Schlotheim</i> ou <i>Dromiopsis rugosa</i>	63
Figure 17	<i>Nautilites danicus Schlotheim</i> , In Lyell (1837-1840).	63
Figure 18	Extrait de la lettre de Hausmann à Forchhammer, du 5 juillet 1826.	73
Figure 19	Fin de la lettre de Lyell à Forchhammer du 21 octobre 1829.	85
Figure 20	Message de Lyell à Forchhammer, à son arrivée à Copenhague le 28 mai 1834.	88

Figure 21	Coupe de la falaise de Stevns Klint par Forchhammer (1835).	91
Figure 22	La falaise de Stevns Klint par Lyell (1835).	91
Figure 23	Carte géognostique du Danemark et des pays voisins par G. Forchhammer (1835).	95
Figure 24	Fossiles d'un échantillon du calcaire de Faxe, collection du Prince Christian Frederik de Danemark, dessinés par Beck. <i>In</i> Lyell Ch., 1837-1840.	98
Figure 25	Coupe de Stevns Klint à Faxe. <i>In</i> Lyell Ch., 1837-1840.	104
Figure 26	Baculites trouvées dans le calcaire à Cérithes par Forchhammer à Stevns Klint.	121
Figure 27	« Petite coupe pour éclaircir la superposition » Forchhammer, lettre à Michelotti (1838).	125
Figure 28	Extrait de la lettre de Forchhammer à Michelotti (1838).	125
Figure 29	Falaise de Stevns Klint : dessin réalisé par l'étudiant V. Berg.	129
Figure 30	Carte des sites de calcaire pisolithique dans le bassin de Paris.	133
Figure 31	Les deux auteurs de la première carte géologique de France : Léonce Élie de Beaumont et Ours-Pierre-Armand Petit-Dufrénoy.	137
Figure 32	Adolphe Desmier de Saint-Simon, vicomte d'Archiac (1802-1868).	140
Figure 33	Gérard-Paul Deshayes (1795-1875).	142
Figure 34	Charles Henry Dessalines d'Orbigny (1806-1876).	144
Figure 35	Coupe des couches du bas de la colline de Meudon, par Charles d'Orbigny (1836).	145
Figure 36	Édouard Desor (1811-1882) vers 1845.	157
Figure 37	<i>Cidaris Forchhammeri</i> . Carrière de Faxe.	159
Figure 38	Edmond Hébert (1812-1890).	162
Figure 39	Coupe hypothétique montrant la position du calcaire pisolithique dans le Comté de Vigny, par Hébert (1847).	165
Figure 40	Relations de gisement entre les terrains crétacés et supra-crétacés, dans le nord de la France et dans le bassin de la Méditerranée, par Élie de Beaumont (1847).	167
Figure 41	Coupes du calcaire pisolithique : au Bois d'Esmans près Monterau, au Mont Aimé et au plateau de la Madeleine (Marne), par Hébert (1848).	170
Figure 42	Position du calcaire pisolithique dans le Bassin de Paris ; coupe Ouest-Est, par Hébert (1849).	174

Figure 43	Alcide Dessalines d'Orbigny (1802-1857).	175
Figure 44	Extrait du tableau synoptique des formations tertiaires de Belgique et des Flandres françaises. <i>In</i> Lyell Ch., 1852.	181
Figure 45	Schémas de Hébert (1854) montrant l'excavation progressive du calcaire pisolithique.	186
Figure 46	Extrait de la <i>Coupe figurative de la structure de l'écorce terrestre</i> par Charles d'Orbigny et Charles Léger (1857).	187
Figure 47	Extrait de la coupe des terrains tertiaires et de leur contact avec la craie. Cours de géognosie de Forchhammer à l'École polytechnique de Copenhague (1859).	188
Figure 48	Coupe des terrains tertiaires et de leur contact avec la craie. Cours de géognosie de Forchhammer à l'École polytechnique de Copenhague (1859).	189
Figure 49	Ami Boué (1794-1881).	213
Figure 50	Hélicomètre d'Alcide d'Orbigny (1842).	226
Figure 51	Constant Prévost (1787-1856).	235
Figure 52	Comparaison des classifications proposées par les différents auteurs pour le terrain crétacé supérieur, par N. de Mercey (1879).	249
Figure 53	Correspondance entre Danien, Garumnien et Dordonien par H. Arnaud (1879).	249
Figure 54	Comparaison des classifications du terrain crétacé supérieur (de la fin du Turonien à la fin du Danien) de Hébert (1875), de H. Arnaud (1878) et de Toucas (1882), indiquant le synchronisme entre le nord et le sud de l'Europe.	251
Figure 55	Classification du système crétacé de la Suède proposée par Lundgren (1882).	252
Figure 56	Mers néocomiennes dans la France méridionale, par Hébert (1867).	253
Figure 57	Extrait du tableau des divisions du groupe secondaire ou mésozoïque, par Munier-Chalmas et A. de Lapparent (1893).	254
Figure 58	Répartition des genres et espèces de Céphalopodes tentaculifères à la surface du globe terrestre depuis le commencement de l'animalisation jusqu'à l'époque actuelle. A. d'Orbigny (1852).	271

Figure 59	Évolution du nombre d'espèces au cours des âges géologiques depuis le commencement du monde animé jusqu'à présent. A. d'Orbigny (1852). . .	273
Figure 60	Tableau de correspondance des formations en Europe occidentale et en Amérique du Nord, par Cope (1878).	281
Figure 61	Comparaison de la faune de vertébrés du Laramien d'Amérique du Nord avec celle du Thanétien d'Europe, par Cope (1878).	282
Figure 62	Coupe des assises montiennes au-dessus de la craie blanche réalisée aux Moulineaux (détail) par Munier-Chalmas (1897).	290
Figure 63	Coupe schématique de Stevns Klint, par Ravn (1903).	307
Figure 64	La limite Sénonien – Danien, <i>in</i> Ødum (1928).	308
Figure 65	Présence des différentes espèces de Foraminifères dans 21 échantillons, par Pierre Marie (1937).	311
Figure 66	Couverture des comptes rendus du Symposium de Copenhague, 1979. . .	313
Figure 67	Diverses interprétations de la place du Danien de 1825 à nos jours : résumé schématique de la controverse.	315

Figures des Annexes

Figure a	Extrait de la carte politique du monde (2001).	318
Figure b	Le Museum Wormiani, cabinet de curiosités d'Ole Worm.	319
Figure c	Heinrich Steffens (1773-1845) âgé.	326
Figure d	Georg Forchhammer (1794-1865), âgé.	329
Figure e	Hans Christian Ørsted (1777-1851).	331
Figure f	Jacob H. Bredsdorff (1790-1841).	337
Figure g	Sa Majesté le Prince Christian Frederik de Danemark (1786-1848).	338

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	La géologie danoise du XVIIème jusqu'en 1800 : une construction pointilliste.	317
Annexe 2	Johan Georg Forchhammer (1794-1865) « fleuron » de la géologie danoise.	329
Annexe 3	Planches de fossiles par S. Abildgaard (1759).	344
Annexe 4	Fossiles représentés dans Den danske Atlas (1763).	346
Annexe 5	Description de la falaise de Stevns Klint, par Forchhammer (1826).	347
Annexe 6	Comparaison des fossiles du calcaire à Cérithes et du calcaire de Faxø avec ceux du calcaire grossier, par Forchhammer (1826).	348
Annexe 7	Comparaison des fossiles du calcaire corallien de Stevns Klint avec ceux de la craie.	353
Annexe 8	Liste des fossiles danois 1835.	358
Annexe 9	La falaise de Møn: interprétation actuelle.	360
Annexe 10	<i>Nautilus danicus</i> et <i>Cypræ</i> de Faxø, in Lyell (1835).	361
Annexe 11	Liste des fossiles calcaire pisolitique de Meudon (1836).	362
Annexe 12	Tableau général des formations, par Élie de Beaumont et Dunfrénoy (1841).	365
Annexe 13	Tableau de la série des étages tertiaires, par A. d'Archiac (1839).	366
Annexe 14	Extrait de la liste des fossiles de l'étage danien, Alcide d'Orbigny (1850).	367
Annexe 15	Classification des variétés de l' <i>Exogyra sinuata</i> , par Leymerie (1840).	369
Annexe 16	Comparaison de classification des terrains crétacés supérieurs	
16-1	Classification du terrain crétacé supérieur, par Hébert (1875).	370
16-2	Parallélisme entre la craie dans le Nord et dans le Sud-Ouest de la France, par M. H. Arnaud (1878).	371
16-3	Synchronisme entre les assises de la Craie supérieure dans le pourtour méditerranéen et les assises correspondantes du Nord, par Toucas (1882).	372
Annexe 17	Tableau des divisions du groupe secondaire ou mésozoïque, par Munier-Chalmas et A. de Lapparent (1983).	373

Annexe 18	Répartition des genres et des espèces à la surface du globe terrestre depuis le commencement de l'animalisation jusqu'à l'époque actuelle, par A. d'Orbigny.	374
1	Genres et espèces de Mammifères.	375
2	Genres et espèces d'Oiseaux.	376
3	Genres et espèces de Reptiles.	377
4	Genres et espèces de Poissons.	378
5	Genres et espèces de Céphalopodes tentaculifères.	379
6	Genres et espèces de Céphalopodes acétabulifères, Gastéropodes terrestres et fluviatiles, Lamellibranches fluviatiles.	380
7	Genres et espèces de Gastéropodes marins.	381
8	Genres et espèces de Mollusques lamellibranches ou Acéphalés marins. ...	382
9	Genres et espèces Mollusques Brachipodes.	383
10	Genres et espèces de Mollusques Bryozoaires.	384
11	Genres et espèces d'Echinodermes, d'Echinoïdes, Astéroïdes et Ophiuroïdes.	385
12	Genres et espèces d'Echinodermes Crinoïdes.	386
13	Genres et espèces de Zoophytes.	387
14	Genres et espèces de Foraminifères.	388
15	Genres et espèces d'Amorphozoaires.	389
16	Ordres et genres d'Animaux.	390
17	Classes et ordres d'Animaux.	391

Correspondance de Forchhammer

Lettre 1	Lettre de Hausmann à Forchhammer du 5 juillet 1826 et sa transcription par Mme Inger Marie Refskou Poulsen.	394
Lettre 2	Lettre de Hausmann à Forchhammer du 6 octobre 1827 et sa transcription par Mme Inger Marie Refskou Poulsen.	402
Lettre 3	Lettre de Lyell à Forchhammer, 21 octobre 1829.	410
Lettre 4	Lettre de Lyell à Forchhammer, en français, 28 mai 1834.	414
Lettre 5	Lettre de Forchhammer à Nilsson, 4 juin 1834.	415
Lettre 6	Lettre de Lyell à Forchhammer, 18 octobre 1835.	416

INDEX

- Abildgaard, Peter Christian (1740-1801), 31, 325, 327
- Abildgaard, Søren (1718-1791), 31, **33**, 34, 35, 37, 58, 103, 344, 346, 445, 449
- Adanson, Michel (1727-1806), 219
- Agassiz, Louis (1807-1873), 158, 223, 224, 226, 227, 234, 242
- Almera, Jaime (1845-1919), 242
- Alvarez, Walter (1940-), 312
- Archiac, Adolphe Desmier de Saint-Simon vicomte d' (1802-1868), 14, **140**, 141, 143, 144, 149, 151-155, 158, 161, 162, 166, 173, 174, 175, 176-185, 187, 190, 192, 197, 198-204, 219, 224, 227, 231, 236-241, 244, 246, 255, 262-264, 267, 269, 274-276, 278, 288, 291, 296, 300, 362, 366, 446, 449
- Arduino, Giovanni (1714-1795), 15, 20
- Arnaud, Hilaire (1843-1907), 248, 286, 371, 447, 449
- Ascanius, Peter (1723-1803), 323
- Babbage, Charles (1791-1871), 107, 128
- Barrande, Joachim (1799-1883), 242, 278
- Bartholin, Erasmus (1625-1698), 320
- Bartholin, Thomas (1616-1680), 32, 318, 319, 320
- Bartholinus, Casparus (1585-1629), 318
- Beck, Henrik (1799-1863), 10, 50, 52, 53, 65, 67, 88, 89, 93-97, 99- 102, 105, 107, 112, 120, 123, 126, 161, 220, 223, 339, 446
- Bernstorff, Johann Hartwig (1712-1772), 322
- Berzelius, Jöns Jacob (1779-1848), 331
- Bignot, Gérard (1935-2007), 9, 12, 305, 309, 310, 312
- Birch, Andreas (1716-1763), 32, 33
- Birkelund, Tove (1928-1986), 120, 309
- Blumenbach, Johann Friedrich (1752-1840), 20, 35
- Bory de Saint-Vincent, Jean-Baptiste (1778-1846), 24, 25, 26, 262, 263, 445
- Boubée, Nérée (1806-1863), 156, 221, 222, 225, 230, 236
- Boué, Ami (1794-1881), 18, 97, 131, 135, 193, 194, 202, **213**, 214-216, 217, 218, 220, 221, 235, 240, 241, 244, 265, 266, 447
- Bourguet, Marie-Noëlle, 33, 220
- Bowler, Peter J., 261
- Bredsdorff, Jacob H. (1790-1841), 43, 48, 49, 50, 51, 65, 66, 67, **337**, 448
- Brochant de Villiers, A.J.M. (1772-1840), 55, 85, 86, 136, 259
- Brongniart, Adolphe (1801-1876), 234
- Brongniart, Alexandre (1770-1847), 11, 13, 14, 16, 18-20, 22-24, 26, 40, 59, 60, 63, 64, 72, 77-79, 82, 106, 107, 126, 137, 140, 148, 192, 201, 209-213, 216, 218, 219, 232, 235, 256, 259, 260, 262, 263, 291, 295-297, 299, 300, 350, 354, 445
- Bronn, Heinrich Georg (1800-1862), 100, 242
- Brünnich, Morten Thrane (1737-1823), 309, 310, 324, 327
- Buch, Leopold von (1774-1853), 97, 100, 101
- Buckland, William (1784-1856), 261

- Buffon, Georges-Louis Leclerc comte de (1707-1788), 14, 219, 321
- Chemnitz, Johan Hieronymus (1730-1800), 32
- Christensen, Dan Ch., 39, 321, 325, 328, 331, 340, 341
- Christensen, W.K., 305, 340
- Christian Frederik, Prince de Danemark (1786-1848), 10, 52, 65, 67, 89, 95, 97, 99, 120, 123, 325, **338**, 339, 446, 448
- Cita, M.-B., 311
- Conybeare, William (1787-1857), 22, 23
- Cope, Edward Drinker (1840-1897), 242, 259, 279, 280, 281, 282, 283, 291, 292, 293, 302, 303, 448
- Cordier, Louis (1777-1861), 131, 144, 150, 151, 155, 235
- Corsi, Pietro (1948-), 239, 242, 262
- Cuvier, Georges (1769-1832), 13, 14, 16, 18-24, 26, 38, 59, 63, 72, 77, 78, 79, 82, 106, 107, 126, 137, 140, 148, 191, 201, 210, 213, 215, 219, 220, 232, 259, 260, 262, 263, 291, 295, 296, 297, 299, 300, 330, 350, 354, 445
- Cuvillier, Jean (1899-1969), 311
- Darwin, Charles (1809-1882), 97, 219, 220, 257, 277, 296, 302, 443
- Daubenton, Loui-Jean-Marien(1716-1800), 219, 221
- Daubrée, Auguste (1814-1896), 136, 342
- De la Beche, Henry (1796-1855), 10, 69, 71, 85, 86, 112
- Deluc, Jean-André (1727-1817), 14, 20, 21, 35, 210, 240, 330
- Deshayes, Gérard-Paul (1795-1875), 13, 23, 89, 93, 106, 108, 112, 122, 123, 141, **142**-144, 147-149, 151, 154, 155, 160, 161, 163, 167, 169, 171, 176, 177, 190, 193, 194, 199, 201-204, 211, 213-216, 219-225, 227-230, 233, 234, 236, 239, 242, 261, 264-268, 292, 296, 299, 300, 446
- Desmoulins, Charles (1798-1875), 234
- Desnoyers, Jules (1800-1887), 221
- Desor, Édouard (1811-1882), 12, 27, 125, 133, 156, **157**-162, 164, 175, 180, 203, 247, 263, 269, 270, 286, 296, 299, 306, 309
- Dollfus, Gustave (1850-1931), 277, 310
- Douvillé, Henri (1846-1937), 287, 288, 289, 291, 303, 305
- Dreyer, Françoise, 31, 106, 240, 259
- Drouin, Jean-Marc (1948-), 220
- Dufrénoy, Armand (1792-1857), 68, 136, **137**-138, 149, 154-156, 177, 190-193, 197, 203, 215, 235, 238-245, 259, 264, 266, 296, 301, 365, 446
- Dujardin, Félix (1801-1860), 223
- Dumont, André (1809-1857), 26, 27, 180
- Duvernoy, Louis Georges (1777-1855), 215
- Élie de Beaumont, Léonce (1798-1874), 22, 136, **137**-143, 146-151, 154-156, 158, 160-170, 176, 177, 185, 186, 190-192, 197, 202-205, 213-216, 230, 235, 239, 241, 245, 247, 255, 259, 264, 266-268, 287, 291, 296, 299, 300, 303, 320, 365, 446
- Ellenberger, François (1915-2000), 13, 14, 15, 16, 19, 21, 54, 71, 136, 209, 320, 326
- Ellis, John (v. 1714-1776), 222
- Esmarch, Jens (1763-1839), 332
- Esmarch, Lauritz (1765-1842), 332, 333, 334
- Fabricius, Johann Christian (1745-1808), 220
- Faujas de Saint-Fond, Barthélémi (1741-1819), 24, 26, 171
- Férussac, A.-É.-J. d'Audebert de (1786-1836), 14
- Fitton, William Henry (1780-1861), 182
- Forbes, Edward (1815-1854), 199, 231
- Forchhammer, Georg (1794-1865), 3, 10, 11, 13, 27, 29, 35, 38-**39**, 40-45, 47-55, 57-96, 99, 100-103, 105,

- 106, 107, 113-124, 126, 127, 128, 132, 158, 188, 191, 202, 232, 263, 286, 296, 300, 308, 309, 310
Biographie: 329-343, 347-349, 353, 358 Correspondance: 393-419, 443, 445-450
- Garboe, Axel (1886-1970), 11, 32, 33, 34, 35, 38, 40, 52, 65, 89, 90, 317, 320, 325, 330, 339, 340, 343
- Gaudry, Albert (1827-1908), 277
- Gayon, Jean (1949-), 221
- Geoffroy Saint-Hilaire, Etienne (1772-1844), 219, 240, 257
- Glaessner, Martin (1906-1989), 311
- Godard, Gaston, 305
- Gohau, Gabriel, 3, 15, 19, 21, 135, 137, 190, 235, 240, 334
- Gosselet, Jules (1832-1916), 242, 279
- Grandchamp, Philippe, 22
- Graves, Louis (1791-1857), 131, 151, 156, 160, 164, 171, 177, 186, 192, 203
- Gravesen, Palle, 30, 52, 94, 96, 97, 120, 305, 343
- Greenwood, George Bellas (1778-1855), 40
- Grossouvre, Albert de (1849-1932), 9, 283-289, 291, 293, 303, 305, 306, 307, 309, 310
- Guettard, Jean-Etienne (1715-1786), 222
- Gunnerus, Johann Ernst (1718-1773), 321, 322, 325
- Haug, Émile (1861-1927), 306
- Hausmann, Johann Friedrich (1782-1859), 11, 47, 48, 71, 72, 74-80, 232, 335, 337 Correspondance: 394-409, 445, 450
- Haüy, René Just abbé (1743-1822), 207, 331, 339
- Hébert, Edmond (1812-1890), 158, **162-**166, 169-172, 174-178, 181-187, 190, 192, 194, 201, 203-205, 243, 244, 248, 252, 253, 255, 263, 264, 267, 268, 274, 279, 286, 287, 289, 291, 299, 301, 370, 446, 447, 449
- Heinberg, C., 204, 309
- Hennig, Anders H. (1864-1918), 306, 307, 309
- Holstein, J.L. (1694-1763), 49, 87, 317, 322, 324, 329, 340
- Hornemann, Jens Wilken (1770-1841), 42, 337
- Hulot, Jean-Jacques Nicolas (1790-1845), 156
- Humboldt, Alexander von (1769-1859), 14, 19, 208, 220, 229, 300, 320
- Hutton, James (1726-1797), 208, 262, 295
- Hylleberg, Jørgen, 339
- Johnstrup, Frederik (1818-1894), 120, 305, 309
- Kimmel, Allan J., 107
- Klauser Eric-André, 157
- Kragh, Helge, 330
- Kratzenstein, Christian Gottlieb (1723-1795), 31, 32
- Lacour, Pierre-Yves, 320
- Lajoye, Félix, 223, 230, 240
- Lamarck, Jean-Baptiste Monet de (1744-1829), 50, 92, 103, 142, 210, 211, 219, 220, 239, 262, 298, 301, 309
- Landman, N.H., 310
- Langebek, Jacob (1710-1775), 33
- Lapparent, Albert de (1839-1908), 254, 255, 286, 288, 291, 373, 447, 449
- Laurent, Goulven (1925-2008), 213
- Lavoisier, Antoine-Laurent de (1743-1794), 19, 207, 209, 326
- Lesley, Peter (1819-1903), 278, 279, 302
- Leymerie, Alexandre (1801-1878), 154, 155, 156, 224, 225, 239, 245-248, 283, 369, 449
- Linné, Carl von (1707-1778), 219, 220, 243, 322, 324, 325
- Lister, Martin (1639-1712), 20
- Lonsdale, William (1794-1871), 102, 103
- Lund, Niels Tønder (1749-1809), 325
- Lundgren, Bernhard (1843-1897), 252, 286, 447

- Lyell, Charles (1797-1875), 10, 11, 14, 23, 54, 81-128, 132, 142, 143, 152, 160, 161, 177, 180, 181, 184, 190, 192, 193, 201-205, 214, 216, 230, 238, 239, 252, 262, 263, 268, 272-274, 282, 286, 287, 291, 292, 296, 298, 300, 301, 305, 336, 338, 359, 361 Correspondance:410-419, 445-447, 449, 450
- Machalski, M., 204, 309
- Marcou, Jules (1824-1898), 242, 255
- Marie, Pierre, 3, 9, 11, 12, 71, 75, 136, 219, 310, 395, 403, 448, 450
- Marion, Antoine-Fortuné (1846-1900), 277
- Marsh, Othniel C. (1831-1899), 242
- Matheron, Philippe (1807-1899), 179, 198, 199, 238, 239, 283
- Mayer-Eymar, Karl (1826-1907), 255
- Mercey, N. de (?-1908), 248, 252, 447
- Merle Didier, 315
- Michelin, Hardouin (1786-1867), 143, 151, 156, 160, 162, 164, 193, 224, 241
- Milne-Edwards, Henri (1800-1885), 234
- Moltke, Adam Gottlob comte (1710-1792), 32, 322, 323, 324, 327
- Moltke, Joachim Godske (1746-1818), 32, 327, 328
- Montenat, Christian (1941-...), 12, 315
- Morozova, V.G., 311
- Munier-Chalmas, Ernest (1843-1903), 254, 255, 286, 288, 289, 290, 291, 293, 303, 305, 373, 447, 448, 449
- Münster, C. (1779-1856), 122, 332
- Münster, Georg comte de (1776-1844), 101, 135
- Murchison, Roderick (1792-1871), 97, 213, 242, 262, 278
- Nelson, Lt., 103
- Nicklès, René (1859-1917), 283
- Nilsson, Sven (1787-1883), 52, 89, 333, 343, 415, 450
- Ødum, Hilmar (1900-1975), 117, 308, 309, 310, 448
- Oeder, Georg Christian (1728-1791), 323
- Oehlenschläger, Adam (1779-1850), 41, 326
- Omalius d'Halloy, Jean-Baptiste d' (1783-1875), 18, 23, 150, 155, 195, 198, 199, 227, 240, 274
- Orbigny, Alcide Dessalines d' (1802-1857), 14, 141, 169, 170, 172, 174, 175-179, 182, 190, 195-202, 213, 220-222, 225-227, 229, 238, 239, 242, 247, 248, 252, 261, 267, 269, 270, 272-274, 287, 288, 292, 299, 300, 367, 374, 447-450
- Orbigny, Charles Henry Dessalines d' (1806-1876), 140, 143, 144-147, 149-155, 163, 166, 169-171, 17-177, 186-188, 192, 201, 202, 204, 241, 255, 263, 264, 291, 296, 300, 363, 364, 446, 447
- Ørsted, Hans Christian (1777-1851), 38, 39, 41-43, 68, 69, 321, 326, 330, 331-336, 340-342, 448
- Parkinson, James (1755-1824), 261
- Pasteur, Louis (1822-1895), 277, 296, 302
- Pervinquière, Léon (1873-1913), 305, 306
- Pestre, Dominique, 320
- Petersen, Kaj Strand (1937-2011), 41, 343
- Pfaff, Christoph Heinrich (1773-1852), 38, 330, 331, 335
- Philips, William (1775-1828), 22
- Pickstone, John V., 261
- Pictet, François-Jules (1809-1872), 242
- Pingel, Christian (1793-1852), 48, 50, 51, 65, 67, 68, 337
- Poli, Giuseppe Saverio (1746-1825), 220
- Pomerol, Charles (1920-2008), 9, 12, 305, 309, 310, 312
- Pontoppidan, Erich Ludvigsen (1698-1764), 30, 32, 37, 38, 321, 322
- Pouchet, Félix Archimède (1800-1872), 277, 296, 302
- Pratt, Samuel Peace, 192, 194, 239, 241
- Prévost, Constant (1787-1856), 14, 72, 131, 135, 141, 149, 150, 155, 163,

202, 208, 234, [235](#), 236, 239, 240,
262, 300, 447

Puggaard, Christopher (1823-1864), 94

Rainger, Ronald, 261

Rasmusen, H.W., 312

Raulin, Victoer (1815-1905), 197

Ravn, Jesper Peter Johansen (1866-1951),
306, 307, 309, 310, 448

Redi, Francesco (1626-1697), 302

Reinhardt, Johannes Hagemann (1776-
1845), 42, 50, 328, 339

Roissy, Félix de (1771-1843), 138, 143,
149, 151, 234

Roussel, Joseph (?-1928), 283

Roys, marquis de (1791-1881), 177, 181

Rozenkrantz, Alfred (1898-1974), 308,
310

Rozet, Capitaine, 223, 234

Rudwick, Martin J. S. (1932-), 40, 335

Saporta, Gaston de (1823-1895), 277

Schelling, Friedrich (1775-1854), 326

Schimmelman, Ernst (1743-1831), 331

Schimper, Wilhelm P. (1808-1880), 275

Schlotheim, Ernst Friedrich von (1764-
1832), 62, 63, 65, 92, 97, 100, 101,
116, 252, 445

Schumacher, Christian Frederik (1757-
1830), 325

Sedgwick, Adam (1785-1873), 97, 242,
262, 278

Seunes, Jean (1849-1920), 283, 284, 285,
286, 287

Smith, William (1768-1839), 22, 35, 40,
151, 210

Soulavie, Jean-Louis Giraud- (1752-1813),
14, 20, 240

Sowerby, James (1757-1822), 101, 171,
220, 224

Steffens, Heinrich (1773-1845), 38, 40, 41,
48, 49, 325, [326](#), 327, 448

Sténon, Nicolas (1638-1686), 14, 31, 320,
321

Struensee, Johann Friedrich (1737-1772),
324

Taquet, Philippe (1940-), 175, 220

Thomasset Thierry, 41

Thott, Otto comte (1703-1785), 32

Thurmann, Jules (1804-1855), 195, 196

Toucas, Aristide (1843-1911), 252, 305,
306, 372, 447, 449

Vallisneri, Antonio (1661-1730), 14

Vargas Bedemar, Edouard Graf von (1770-
1847), 65, 67, 338, 341

Verneuil, Édouard de (1805-1873), 184,
193, 223, 224, 231, 236, 237, 238,
239, 242

Viaud, Jean-Marie, 305

Viquesnel, Auguste (1800-1867), 151, 158

Virlet, Théodore (1800-1894), 234

Wad, Gregers (1755-1832), 324, 327, 328,
336, 337, 340

Webster, Thomas (1772-1844), 40

Werner, Abraham Gottlob (1749-1817),
13-15, 18, 41, 43, 79, 207-209,
218, 256, 326, 328, 332, 334, 337

Wolff Torben, 324, 327

Woodward, Samuel (1790-1838), 218

Worm, Ole (1588-1654), 32, 318-320, 448

Zeise, William Christopher (1789-1851),
43, 331, 336, 340

Les liens hypertexte dans l'index correspondent à des éléments biographiques et des portraits.

Thèse de Doctorat

Françoise DREYER

La controverse sur l'étage danien dans la fixation de la limite entre terrains crétacés et tertiaires

Émergence de la notion de limite dans la géologie du XIX^{ème} siècle

The controversy about Danian in the context of the boundary between cretaceous and tertiary formations

Emergence of the notion of boundary in the 19th century geology

Résumé

L'étude de la controverse sur la limite des terrains crétacés et tertiaires, plus particulièrement la place à donner aux terrains daniens, révèle l'évolution de la géologie au cours du XIX^{ème} siècle. D'un champ d'étude descriptif et classificatoire, elle devient histoire de la vie à la surface de la Terre.

En 1822, la description du bassin de Paris par Cuvier et Brongniart où chaque couche est caractérisée par la nature des roches et ses fossiles, devient « le » modèle de référence qui montre entre craie et terrains tertiaires une discontinuité lithologique, stratigraphique et paléontologique. C'est en termes d'appartenance à l'une ou l'autre que se pose le problème du calcaire de Faxé décrit par Forchhammer au Danemark en 1825 et du calcaire pisolithique en France en 1836, attribués aux terrains tertiaires par leurs descripteurs et à la craie par les théoriciens.

La controverse qui se développe alors sur la position de ces terrains rassemblés en 1846 sous le nom d'étage danien par Desor, révèle deux changements profonds dans la pensée géologique du XIX^{ème} siècle : d'une part, le changement du cadre de pensée où la représentation spatiale des couches devient temporelle ; d'autre part, l'opposition catastrophisme-transformisme d'où émerge la notion de limite en stratigraphie et qui trouvera son épilogue avec la démonstration de la non-existence des générations spontanées. Le critère d'« extinction » est proposé en 1878 par Cope pour définir une limite. Ainsi caractérisée, la limite Crétacé-Tertiaire devient un événement dramatique affectant la surface de la Terre entière, sans plus aucun parfum religieux et idéologique. La géologie est devenue une science historique.

Mots clés

Histoire de la géologie ; controverse ; limite Crétacé-Tertiaire ; Forchhammer ; Danien ; notion de limite ; extinction ; paléontologie stratigraphique

Abstract

The study of the controversy on the boundary of Cretaceous and Tertiary formations, more specifically the place given to Danian, reveals the evolution of geology through the nineteenth century. From a descriptive and classificatory practice of science, geology becomes an history of life on Earth.

In 1822 the description of Paris Basin by Cuvier and Brongniart, in which each layer is characterized by the nature of its rocks and fossils, becomes "the" reference model. It shows, between chalk and tertiary formations, a lithological, stratigraphic and paleontological discontinuity. The limestone of Faxé described by Forchhammer in 1825 in Denmark and the pisolithic limestone in France in 1836 were first discussed in terms of an association either to chalk or to Tertiary formations. The original discoverers associated them to Tertiary formations, whereas theorists associated them to chalk.

The controversy which develops about these formations, gathered by Desor in 1846 under the name of Danian stage, reveals two profound changes in the manner geology is thought: firstly, geology shifted from a spatial representation to a temporal representation of the layers; secondly, the opposition of transformism to catastrophism, which the notion of boundary in stratigraphy stemmed from, meets with its end with the demonstration that spontaneous generation does not exist. The criterion of "extinction" is proposed in 1878 by Cope to define a boundary. Thus characterized, the Cretaceous-Tertiary boundary becomes the hallmark of a dramatic event affecting the entire surface of the Earth, with no more any religious and ideological perfume. Geology had become a kind of historical science.

Key Words

History of geology ; controversy ; Cretaceous-Tertiary boundary ; Forchhammer ; Danian ; notion of boundary ; extinction ; stratigraphic paleontology