

Alcide d'Orbigny, un précurseur dans l'étude de la faune du Danien du bassin de Paris

Jean-Michel Pacaud*, Didier Merle*

Département « Histoire de la Terre », Muséum national d'histoire naturelle, UMR 8569 CNRS, 8, rue Buffon, 75005 Paris, France

Reçu le 3 septembre 2002 ; accepté le 14 octobre 2002

Rédigé à l'invitation du Comité éditorial

Abstract – Alcide d'Orbigny, a precursor for the study of the Danian fauna of the Paris Basin (France). One of the major contributions of Alcide d'Orbigny to palaeontology is his work on the Danian of the Paris Basin. The Danian material includes well-preserved external imprints of Invertebrates. By making casting of these imprints, Alcide d'Orbigny inaugurated an original technique, which enabled him to describe more than 40 species. The question of the age of the Danian localities has long been debated since that time. It was settled once and for all in the seventies by micropalaeontologists. *To cite this article: J.-M. Pacaud, D. Merle, C. R. Palevol 1 (2002) 587–598.* © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Alcide d'Orbigny / Danian / Paris Basin / palaeontology / history

Résumé – L'une des contributions les plus importantes d'Alcide d'Orbigny réside dans son travail de 1850 sur le Danien parisien. Le Danien comporte surtout des empreintes externes, qui sont finement préservées, et, en réalisant les premiers moulages de ces empreintes, Alcide d'Orbigny inaugure une démarche originale, lui permettant de décrire plus de 40 espèces. Les gisements daniens furent durant plus d'un siècle l'objet d'interminables querelles quant à l'âge des dépôts que l'on y observe. Cette discussion se clôtura seulement dans les années 1970, quand le problème fut tranché par les micropaléontologistes. *Pour citer cet article : J.-M. Pacaud, D. Merle, C. R. Palevol 1 (2002) 587–598.* © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

Alcide d'Orbigny / Danien / bassin de Paris / paléontologie / histoire

Abridged version

1. Introduction

Alcide d'Orbigny was interested in the study of the Tertiary molluscs from France. His *Prodrome* [45] illustrates the wide range of his competence, but in 1850, he also publishes an article on the Danian of the Paris Basin, which became a landmark in the study of the Early Tertiary Invertebrates faunas [44]. In this article, he provides the first descriptions of Danian Invertebrates of the Paris area thanks to an original technique, the cast of fossils preserved as imprints. This technique is necessary to study the Danian Invertebrates of the Paris area, as they are exclusively preserved as external imprints. Unfortunately, the work by

d'Orbigny has been overlooked, and moreover, has been confronted with the heated debate about the age of the Danian. Only recently [41, 51], the scope of this work became obvious. Here, we emphasise its scope, by replacing it in the historical context of the ideas on the Danian.

2. 1834–1847: the rise of the concept of Danian stage

Alcide d'Orbigny was not the first worker interested by the Danian beds, since previous papers had been published 16 years before his note of 1850. In 1834, Élie de Beaumont [17] reported on fossils, in limestone at Port-Marly and Bougival (Yvelines). Later, he described a section at Meudon (Hauts-de-Seine) [18], showing that the same fossils come from a limestone bed that is intercalated between the Secondary

*Correspondance et tirés à part.

Adresses e-mail : dimerle@aol.com (D. Merle), pacaud@mnhn.fr (J.-M. Pacaud).

chalk and the Sparnacian ‘argile plastique’. He accurately correlated this bed with that of Vigny (Val-d’Oise) and Laversines (Oise), already observed by Graves [19]. Using the ‘argile plastique’ as a stratigraphic guide horizon for the beginning of the Tertiary, he thought that this limestone corresponds to the “écorce de la craie” [chalk’s bark], and consequently attributes it to the Secondary era.

In the same year, d’Archiac [2] also gave a faunal list from Meudon section, pointing out that moulds and imprints of fossils are numerous. He recorded *Corbis lamellosa* (Lamarck, 1806), *Crassatella tumida* (Lamarck, 1805) and *Turritella imbricata* (Lamarck, 1804), which are frequent in the Lutetian, and therefore admitted a Tertiary age. He thus disagreed with Élie de Beaumont’s opinion [18]. The debate on the Cretaceous versus the Tertiary age of the future Danian then began. It is interesting to point out here that the two opinions reflect an opposition between a leader of the lithology-based stratigraphy, Élie de Beaumont, and the precursors of the biostratigraphy, subsequently promoted by Alcide d’Orbigny. In fact, d’Archiac was not alone to admit a Tertiary age for the Danian limestone. The proceeding of the session of the Société géologique de France, dated 6 June 1836, indicates that Deshayes, C. d’Orbigny, de Roissy, and Michelin share the same opinion. Shortly later (meeting of 20 June 1836), Charles Henri d’Orbigny, Alcide’s brother, greatly completed d’Archiac’s list and recorded no less than 36 mollusc species, mainly identified by Deshayes [47, 49]. The species are Lutetian and *Cerithium giganteum* Lamarck, 1804 is cited. Then, the Tertiary age of the fauna seems undoubted. Moreover, Charles Henri d’Orbigny named ‘calcaire pisolithique’ the Danian limestone and, for the first time, used the term of ‘stage’, as he also did in a later article [48].

In order to argument that the newly discovered limestone (= ‘calcaire pisolithique’) corresponds to real stage, it was fundamental to demonstrate that it possesses a wide geographical range. This step was made by Desor [12], who showed the geological similarity between the facies of Fakse (Denmark) and these of the limestone of the Paris Basin. Desor decided to name this stage “terrain danien”, because these beds are better developed in the Danish islands. He chose one stratotype, Fakse, and two co-stratotypes, Vigny and Laversine. However, the concept of Danian did not resolve the problem of its place in either the Cretaceous or the Tertiary. Finally, Desor agreed with the Élie de Beaumont’s opinion, regarding the Danian as a Cretaceous stage, but he used palaeontological arguments, particularly the occurrence of taxa shared with the Maastricht chalk (e.g., *Ananchytes*, *Holaster*, and *Micraster*). The Maastrichtian Dumont, 1849 [16] being not yet identified, there was no argument against a Cretaceous Danian stage. Desor even thought of including the Maastricht chalk in his Danian. Recently, Jagt and Janssen [26, 27] have demonstrated that the Danian is well exposed in the Maastricht section. This fact was probably a source of mistake for the early authors, when attempting at delineating the two stages.

In 1847–1848, Hébert [23, 24] identified some other Parisian Danian species and particularly Cretaceous forms

(e.g., *Nerinea marrotina* d’Orbigny, 1842, *Pleurotoma royana* d’Orbigny, 1842 and *Astrea arachnoides* Goldfuss, 1843). However, he regarded as wrong the identification of *Cerithium giganteum* mentioned by Charles Henri d’Orbigny. He also described the preservation of the imprints stressing that they perfectly allow taxonomic determinations at the specific level. But de Roys [54] continued to criticise Hébert’s work, writing that the fossils have a Tertiary age, as indicated by the occurrence of the Lutetian species *Turritella imbricata*. It is in this historical context that Alcide d’Orbigny began to study the Danian fauna.

3. 1850: analysis of Alcide d’Orbigny’s article

As he explains in his introduction, Alcide d’Orbigny decided to study the Danian fauna, because of the inadequacy of palaeontological data given in the stratigraphic discussions. He studied the fossils of Charles d’Orbigny and a new material sampled by Hébert, and he wrote that this material allows to him to begin “a serious work on the entire material”.

The study of the external imprints is one of the strongest aspects of d’Orbigny’s work. He perfectly understands the necessity of this approach and the usefulness of the imprints. Before providing the list and description of the species, he clearly depicts his way of reasoning: “In order to reconstruct the species preserved as natural moulds and imprints, we made casts of them, and, after several months of research and detailed comparisons, we could discover the fauna of the Danian stage.” The technique of the cast allowed him to closely study the Danian fauna, but several authors [15, 36, 56] did not believe his results, thinking that the preservation of the fossils is too poor to be informative. Here, we report on several type specimens of the species described by Alcide d’Orbigny (Fig. 1), to clear up the doubt thrown on the quality of the imprints on which he worked.

The second strong point of Alcide d’Orbigny’s work is his palaeontological study itself. Firstly, he demonstrated that the determinations made by d’Archiac [2] and Charles Henri d’Orbigny [47, 48] were wrong, no Lutetian species occurring in the Danian fauna. Secondly, his monographic part includes the description of 41 new species for the Paris Basin and, in their great majority, are still nomenclaturally available. Many type specimens are deposited within the ‘Laboratoire de paléontologie’ (‘Muséum national d’histoire naturelle’, Paris) (Fig. 2); we give here its list in Table 1.

Consequently to the description of an entirely new fauna, Alcide d’Orbigny demonstrated the biostratigraphical unity of the Danian stage. But although this work represents a real progress in the knowledge of the Danian, the figures of the described species are sadly lacking. Although they are short, the descriptions allow accurate determinations at the specific level, but the fact that the figures were missing strengthened the opinion that the Danian fossils were too poor to provide any stratigraphic information [15, 56].

It is, however worthy noticing that Alcide d’Orbigny mixed the Danian fossils from the Paris Basin, with several species from Fakse (e.g., *Belemnitella mucronata* Schlo-

them, 1813, *Baculites faujasii* Lamarck, 1822 and the genus *Rhynchonella*), which suggest a Cretaceous age; this practice will generate a great confusion. In fact, if we only consider the Danian assemblage (41 new species), d’Orbigny was not able to demonstrate that it belonged to the Cretaceous, but when associating the above-mentioned taxa, for example, it clearly gains Cretaceous affinities. Therefore, Alcide d’Orbigny agreed with the Élie de Beaumont’s opinion, on the ground of undoubted biostratigraphic data. This position will play an important role in the subsequent heated debate on the Danian age and also, in the question on the biostratigraphical interest of the macro-invertebrate faunas.

4. Subsequent debate on the Danian

As a probable consequence of the geological and palaeontological arguments provided by Élie de Beaumont, Desor and Alcide d’Orbigny, the debate on the Danian was closed until the 1900s. Then the Cretaceous age of the Danian appears in handbooks (e.g., Alcide d’Orbigny [46] and Meunier [39, 40]) presents the first illustration of a Danian fossil described by d’Orbigny, *Lima carolina* (Fig. 3). Nevertheless, an important landmark is the erection of the Montian by Dewalque (1868) [13] and the description of its shells fauna by Briart and Cornet [4]. The Montian, with Mons (Belgium) as a stratotype, is soon regarded as the first Tertiary unity of the Cainozoic era, and it is after these publications that palaeontological arguments in favour of a Tertiary Danian reappear. For example, Lambert [28, 29] and Haug [22] placed the ‘calcaire pisolithique’ in the Montian.

The ‘secondarist’ hypothesis was far from being dead. It was supported by the idea that the Vigny reef was built during the Cretaceous [14, 32]. Lemoine in Dollfus (1912) [15] took up the opportunity for repeating again the useless of the Vigny fossils in providing a stratigraphic age. The idea of a Cretaceous Danian reef prevailed until Marlière (1958, 1960) [35, 36].

The ‘tertiarist’ hypothesis was also progressing. Pinard (1936) [53] discovered at Vigny, a shell of the genus *Velates* (Neritidae). To Pinard, this shell is a new evidence of a Tertiary Danian. Lemoine (1931) [31] provides a fundamental contribution, demonstrating that there is an unconformity between the Vigny reef and the Cretaceous chalk. This observation will generate further studies, showing microfau- nal differences between the reef limestone and the chalk [1, 10, 11, 20, 33, 34], but it is Guillevin (1977) [20] who closes the heated debate, stressing that the Foraminiferas from the Vigny limestone contain any Cretaceous species. Finally, Mégnien et al. (1980) [37] attributed the Vigny limestone to the Tertiary, particularly in the Dano-Montian.

However, the Danian macrofauna of Paris area remained poorly studied (Fig. 4) until recently. Vincent [56] showed faunal similarities between the Tuffeau of Cibly (Belgium) and the Mons Limestone (Belgium), but avoided to discuss the Parisian Basin. Moreover, he wrote against d’Orbigny’s work: “Despite its real interest, Alcide d’Orbigny’s work remained useless, and the fauna of the pisolitic limestone almost as unknown as before.” Chavan, when attempting at studying the Danian of Paris area, published several articles [5–9], but did not really provide a strong prolongation of Alcide d’Orbigny’s work. Finally, Bignot and Geysant (1997) [3] only reported 55 Mollusc species in their synthesis on the Danian of the Paris area.

5. 1987–2001, the prolongation of the Alcide d’Orbigny’s work

Alcide d’Orbigny’s work was pushed further by J.-C. Meyer who, during 30 years, sampled an important fossil material, made casts and provided numerous field observations in the Danian of the Paris area. Unfortunately, his research and the description of a new Danian sepioid were published in poorly diffused journals [41, 42]. Only his article on the Danian cephalopod was regarded as important enough to be published [43]. Since 1995, Meyer provided us his abundant Mollusc material for study, and we were amazed of the faunal richness of the Danian limestone from Vigny. His preliminary study, always based on casts of the external imprints, yields about 130 mollusc genera, for 171 identified species [38, 50–52, 55]. This study allows us to demonstrate that the Mollusc fauna includes more than 95% of strictly Cainozoic species, having close relationships with the Mons, Cibly and Fakse faunas.

6. Concluding remarks

Alcide d’Orbigny’s work of 1850, based on the study of the Invertebrates external imprints from the Danian of Paris area has often been cited, but its precursor scope has been neglected during the long heated debate on the Cretaceous versus Tertiary age of the Danian stage. Moreover, the negative comments of Vincent and the few novelties provided by Chavan, who revised this fauna, hampered research on the Danian Invertebrates faunas in the 20th century. The scope of the Alcide d’Orbigny’s work would not have been revived without the extensive collection work of Meyer in the 1980s. One century and half after d’Orbigny’s article of 1850, a taxonomic monograph on the Danian Molluscs of the Paris area is now in preparation in order to definitely fill this gap.

1. Introduction

Au cours de ses nombreux travaux, Alcide d’Orbigny se consacra à l’étude des mollusques du Tertiaire

français. Son *Prodrome* [45] illustre l’étendue de ses compétences dans ce domaine et reste une œuvre incontournable pour la paléontologie française. En 1850, il publie aussi dans le *Bulletin de la Société*

géologique de France une note sur le Danien du bassin de Paris [44], dont l'importance est fondamentale dans l'évolution des connaissances sur les faunes d'Invertébrés du début du Tertiaire. On y trouve, pour la première fois, la description des fossiles daniens ; ces descriptions sont fondées sur une approche originale : l'étude des moulages d'empreintes. Cette approche était essentielle, car les Invertébrés daniens du bassin de Paris sont surtout conservés sous forme d'empreintes externes. Malgré tout, ce travail ne fut guère mis en valeur et s'est trouvé confronté à une polémique sur l'âge Secondaire ou Tertiaire du Danien, qui resta animée pendant près d'un siècle et demi. Ce n'est que récemment [41, 51] que la portée de la note d'Alcide d'Orbigny est devenue évidente car, pendant longtemps, elle n'a pas suscité l'intérêt des auteurs. Dans le cadre du présent article, nous soulignerons naturellement l'importance de cette note de 1850, tout en la replaçant dans le contexte historique de l'évolution des idées sur le Danien.

2. 1834–1847 : l'émergence de la notion de Danien

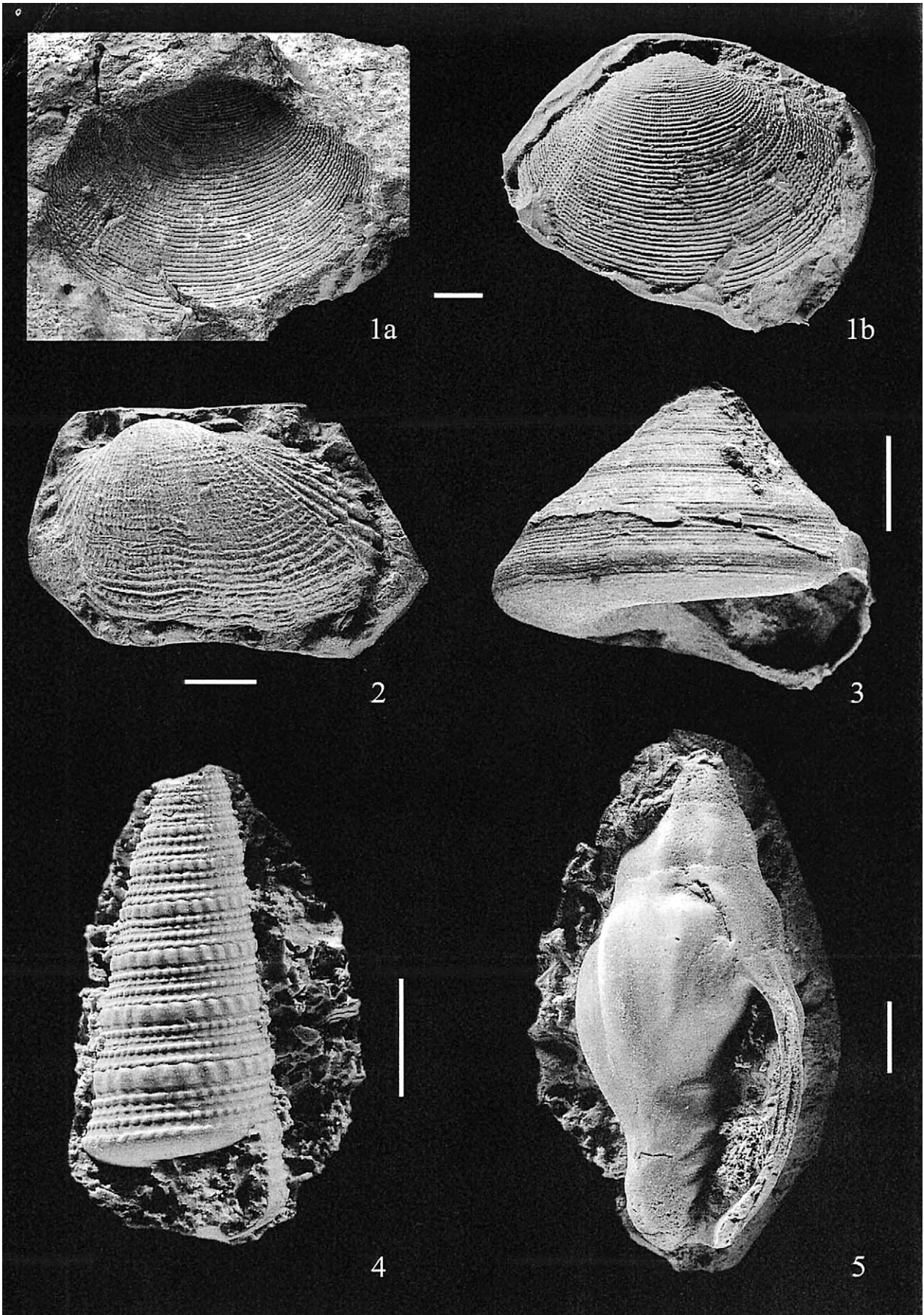
Alcide d'Orbigny ne fut pas le premier à s'intéresser aux couches daniennes, puisque les premiers travaux débutèrent seize ans avant la parution de sa note de 1850. En effet, en 1834, Élie de Beaumont [17] signale la présence de fossiles, dont des polypiers, récoltés dans les craies de Port-Marly (Yvelines) et de Bougival (Yvelines) par M. Huot. En 1836, Élie de Beaumont présente une coupe de Meudon [18], montrant que ces fossiles proviennent d'une couche calcaire située au toit de la craie, sous-jacent à l'argile plastique [Sparnacien]. Il corrèle avec justesse cette couche à celle de Vigny (Val-d'Oise) et de Laversines (Oise), où Graves [19] observa ce calcaire dès 1831. Se fondant sur sa position stratigraphique sous l'argile plastique, Élie de Beau-

mont en déduit qu'elle représentait « l'écorce de la craie », plus particulièrement de la craie supérieure de Maastricht. En conséquence, il l'attribue à l'ère Secondaire.

D'Archiac [2], de son côté, décrit le contenu paléontologique du calcaire grossier de Meudon. Il précise qu'on y trouve de nombreux moules et empreintes de fossiles et en donne la liste. Parmi les taxons déterminés, il cite *Corbis lamellosa* (Lamarck, 1806), *Crassatella tumida* (Lamarck, 1805) et *Turritella imbricata* (Lamarck, 1804), espèces fréquentes dans le Lutétien, ce qui le conduit à admettre un âge Tertiaire. De ce fait, il prend le contre-pied de l'opinion d'Élie de Beaumont, entamant ainsi le début d'une longue polémique sur l'âge Crétacé ou Tertiaire de ce qui sera le futur Danien [18]. Précisons au passage que ces divergences font transparaître l'opposition entre un tenant d'une stratigraphie lithologique, Élie de Beaumont, et les premiers artisans de la biostratigraphie, dont Alcide d'Orbigny sera l'un des plus grands promoteurs. D'Archiac n'était pas le seul à admettre l'âge Tertiaire de ce calcaire, situé entre la craie et l'argile plastique. Le compte rendu de la séance de la Société géologique de France du 6 juin 1836 montre que Deshayes, Charles Henri d'Orbigny, de Roissy et Michelin partagent la même opinion. Quelques jours plus tard (séance du 20 juin 1836), Charles Henri d'Orbigny, le frère d'Alcide, complète amplement la liste de d'Archiac et ne cite pas moins de 36 espèces de Mollusques, déterminées pour la plupart par Deshayes, et provenant de Meudon (Hauts-de-Seine). Les espèces sont identifiées comme lutétiennes et, parmi celles-ci, se trouve le *Cerithium giganteum* Lamarck, 1804. L'âge Tertiaire de la faune ne fait donc aucun doute pour Charles Henri d'Orbigny [47, 49], mais l'individualité de ce calcaire grossier est aussi prise en considération. Charles Henri d'Orbigny le nomme : « calcaire pisolithique » et, pour la première fois, il emploie le terme d'étage : « La seconde [note]

Fig. 1. Échantillon de spécimens types du Danien de la collection d'Orbigny. **1a.** Empreinte originale du syntype MNHN-DHT R63237 de *Corbis multilamellosa* d'Orbigny, 1850, Meudon (Hauts-de-Seine). **1b.** Moulage en élastomère de silicone du même spécimen. **2.** Moulage original du syntype MNHN-DHT R63244 de *Arca supracretacea* d'Orbigny, 1850, Montainville (Yvelines). **3.** Moulage en élastomère de silicone du syntype MNHN-DHT R63220 de *Pleurotomaria penultima* d'Orbigny, 1850, Montainville (Yvelines). **4.** Moulage en élastomère de silicone en 1875 du syntype MNHN-DHT R63677 de *Cerithium hebertianum* d'Orbigny, 1850, Montainville (Yvelines). **5.** Moulage en élastomère de silicone du syntype MNHN-DHT R63223 de *Voluta subfusiformis* d'Orbigny, 1850, Vigny (Val-d'Oisein 1875). Échelle = 1 cm.

Fig. 1. Samples of Danian type specimens of the d'Orbigny's collection. **1a.** Original imprint of the syntype MNHN-DHT R63237 of *Corbis multilamellosa* d'Orbigny, 1850, Meudon (Hauts-de-Seine, France). **1b.** Silicone elastomer cast of the same specimen. **2.** Original cast of the syntype MNHN-DHT R63244 of *Arca supracretacea* d'Orbigny, 1850, Montainville (Yvelines, France). **3.** Silicone elastomer cast of the syntype MNHN-DHT 63220 of *Pleurotomaria penultima* d'Orbigny, 1850, Montainville (Yvelines, France). **4.** Silicone elastomere cast of the syntype MNHN-DHT R63677 of *Cerithium hebertianum* d'Orbigny, 1850, Montainville (Yvelines). **5.** Silicone elastomere cast of the syntype MNHN-DHT R63223 of *Voluta subfusiformis* d'Orbigny, 1850, Vigny (Val-d'Oise, France). Scale bar = 1 cm.



concerne le nouvel étage de ce calcaire marin. » Dans un article ultérieur consacré à ce sujet, Charles Henri d'Orbigny [48] reprend encore le terme d'étage.

Le Danien n'est pas encore né, mais, dès 1836, il était en gestation. Pour valider l'existence d'un étage, il fallait encore démontrer que ce calcaire (= calcaire pisolithique), récemment découvert, possédait une extension générale, et non locale. Cette étape fut franchie par Desor [12], qui montre la similitude géologique entre les faciès de Fakse (Danemark) et ceux du lambeau pisolithique du bassin de Paris. Desor choisit d'appeler cet étage « terrain danien » parce qu'il est surtout développé dans les îles du Danemark, désignant ainsi un stratotype : Fakse. De plus, il désigne explicitement deux co-stratotypes, Vigny et Laversine. La création du Danien ne résolvait pas pour autant le problème de sa position dans le Crétacé ou le Tertiaire que Desor résume ainsi : « Il est évident que le terrain dont il s'agit n'est point qu'une forme locale de la craie blanche, puisqu'il se trouve superposé à cette dernière, en Danemark aussi bien qu'à Laversine et à Vigny, et qu'il contient des espèces qu'on n'a pas trouvées jusqu'à présent dans la craie blanche. D'un autre côté, la présence de genres tels que *Ananchytes*, les *Holaster* et *Micraster*, ne permet pas de rapporter ce terrain à l'étage Tertiaire. » Desor se rallie à l'opinion d'Élie de Beaumont, considérant le Danien comme « un étage particulier de la craie », mais il s'appuie sur des arguments paléontologiques, notamment sur la présence de formes communes avec la craie de Maastricht. Le Maastrichtien Dumont, 1849 [16] n'étant pas encore créé, rien n'allait vraiment à l'encontre d'un Danien d'âge Secondaire ; Desor songe même à y rapporter la craie de Maastricht. Jagt et Janssen [26, 27] ont démontré depuis qu'à Maastricht, le Danien est bien représenté, ce qui probablement occasionna un facteur de confusion dans la délimitation des deux étages.

En 1847–1848, Hébert [23, 24] identifie d'autres espèces du Danien du bassin de Paris, qu'il reconnaît appartenir au Crétacé (par exemple : *Nerinea marrotina* d'Orbigny, 1842, *Pleurotoma royana* d'Orbigny, 1842 et *Astrea arachnoides* Goldfuss, 1843) et considère comme erronée l'identification de *Cerithium giganteum* faite par Charles Henri d'Orbigny. Fait important, il décrit l'état des empreintes : « Ces échantillons sont dans un état de parfaite conservation ; les formes, les ornements même des espèces dont ils présentent les

empreintes et les moules y sont reproduits sans la moindre altération », montrant ainsi qu'elles sont parfaitement déterminables. De Roys [54] contestera le résultat d'Hébert, soulignant que les fossiles sont d'affinité tertiaire, comme l'indique la présence de *Turritella imbricataria*, qu'on trouve au Lutétien. Tel était l'état de la question lorsque Alcide d'Orbigny entreprit d'étudier la faune danienne.

3. 1850 : la note d'Alcide d'Orbigny, points forts et points faibles

Comme il l'explique dans son introduction, Alcide d'Orbigny décide d'étudier la faune du Danien, car il a remarqué l'insuffisance des données paléontologiques étayant les discussions stratigraphiques de ses prédécesseurs. Pour réaliser cet objectif, il se fonde sur les fossiles de son frère Charles, dont il dit qu'il a été trompé par de fausses déterminations et sur de nouvelles récoltes faites dans le bassin de Paris par Hébert. Ce matériel, nous affirme-t-il, lui permit de commencer « un travail sérieux sur l'ensemble ». Il est vrai qu'aucun inventaire, ni monographie, n'avait été publié. La première raison à ce constat tient vraisemblablement à l'état des fossiles. En effet, à la différence des autres étages du bassin de Paris, le Danien comporte essentiellement des empreintes, ce qui rend leur exploitation difficile.

L'étude des fossiles à partir des empreintes est sans doute l'un des points forts majeurs du travail d'Alcide d'Orbigny. Il avait parfaitement conscience de la nécessité d'une telle approche, mais aussi de l'utilité de ces empreintes. Avant de donner la liste et la description des espèces, il énonce clairement sa démarche et il n'est pas vain de reproduire son propos : « 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 arrivés à trouver la faune fossile de l'étage danien. » La technique du moulage lui a donc permis d'étudier précisément cette faune, ce que certains auteurs, comme Vincent [56], critiquant son travail, n'ont pas compris. Dans la littérature ancienne, seul Hébert [25], qui avait pris part aux récoltes, et Chavan [9] défendirent l'intérêt de cette démarche, en soulignant, pour le premier, que « les moules des fossiles sont pour la plupart reconnaissables » et pour le

Fig. 2. Extrait du catalogue de la collection d'Orbigny, dressé sur l'ordre du ministre de l'Instruction publique et des Cultes, en date du 23 novembre 1858.

Fig. 2. Extract of the catalogue of the d'Orbigny's collection, ordered by the 'Ministre de l'Instruction publique et des Cultes' and dated 23 November 1858.

Paléontologie

N ^o d'Ordre	N ^o l'espèce	Noms des genres et espèces.	Localité	Etage géologique	Nombre des Echantill.	Leur Emploi définitif.
		<i>Cerithium</i>				
7316			Mirembecq		1	
a		C.	Sumel	Lot et Gar.	2	:"
7317		C. (modèles)	?		1	Damien
7318		C. (is)	?		1	D
7319		C.	S ⁿ Mamers		1	
7350		C.	Gerau	Autriche	1	
7351		C. (modèles)	?		3	D
7352	T T	C. <i>unisulcatum</i>	la Palaise	Calvados	1	D S. 40 *
7360		C. (Del. <i>abruptatum</i> d'Orb.)	Orléans	Manche	1	
7361	T T	C. <i>Carolinum</i> Del.			5	D
a		is	l. Beausset	Var	1	
7362	T	C. <i>Provinciale</i>	is	is	2	
7363	T T	C. <i>Gea</i> ^{d'Orb.} ^{2^o orb.}	la Palaise	Calvados	3	D S. 40
7364	T T	C. <i>Dimorphum</i> ^(modèle)	is	is	2	D
7365		C. <i>pseudocathartum</i> ^{(modèle) Del.}	Stuhlhen	Silésie	1	
7366		C. <i>nerci</i> ^{d'Orb.} ^{Munich.}	Haldern	Westphalie	3	
7367		C.	l. Beausset	Var	6	
7368		C.	is	is	1	
7369		C.	Cairu	is	1	
7370		C.	Orléans	Manche	1	
7371		C.	Cognac	Ch. inf.	1	
7372		C.	Cognac ?		1	
7373		C. (modèles)			5	
7374		C.	S ⁿ Martin la Vierge		2	
7375		C.	l. Beausset	Var	3	
7376		C.	Gerau	Autriche	1	
7377		C.	Espagne		1	
7378	T T	<i>Capulus</i>	la Palaise	Calvados	1	D
a		<i>arenosissimus</i> ^{(modèle) Del.}			2	
7379		<i>Hippomax</i>	Saverines		1	
a		is	?		1	
b		(modèles)			3	
		<i>Helcion</i>				
7380	T T	<i>Preussii</i> Del.	Reims	Marne	1	
a		(modèle)			1	D
		<i>Infundibulum</i>				
7381	T	<i>retaceum</i> Del.	Botham	Ch. inf.	3	
7382		I.	Saverines		2	D

second que « les excellentes empreintes de coquilles témoignent de la variété d'une faune que des observations superficielles faisaient croire qu'elle était composée de moules indéterminables. » Nous figurons ici quelques-uns des types des espèces décrites (Fig. 1) par Alcide d'Orbigny, afin de dissiper le doute sur la qualité et la finesse des empreintes sur lesquelles il a travaillé.

Le second point fort de son travail réside dans l'étude paléontologique même. Premièrement, il démontre que les déterminations communiquées par d'Archiac [2] et par son frère [47, 48] sont erronées et qu'aucune espèce du Lutétien n'est contenue dans la faune danienne. Deuxièmement, sa partie monographique contient la description de 41 espèces nouvelles de Mollusques, provenant du Bassin de Paris, qui sont pour la plupart encore valides. Une grande quantité de spécimens types sont conservés au laboratoire de paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle (Fig. 2) ; nous en donnons la liste dans le Tableau 1.

En décrivant une faune entièrement nouvelle, il justifie donc l'unité biostratigraphique de l'étage Danien, indépendamment de toute considération sur son âge Secondaire ou Tertiaire. Bien que ce travail représente un progrès considérable dans la connaissance des faunes daniennes, on peut cependant reprocher à d'Orbigny de ne pas avoir figuré les espèces décrites. Certes, les descriptions, bien que courtes, permettent une détermination assez fiable des espèces daniennes, mais l'absence de figures a alimenté l'idée que les fossiles récoltés dans le Danien sont trop mal conservés pour apporter une information biostratigraphique fiable [15, 56].

On peut également reprocher au travail de d'Orbigny le fait d'avoir mélangé avec les fossiles du bassin de Paris plusieurs espèces de Fakse, qui, on le sait maintenant, marquent le Maastrichtien (par exemple, *Belemnites mucronata* Schlotheim, 1813 et *Baculites faujasi* Lamarck, 1822). Cette démarche peut paraître légitime pour l'époque, mais elle fut génératrice de confusion. En effet, si l'on ne s'en tient qu'à la faune danienne du bassin de Paris, Alcide d'Orbigny n'a pas de réelle possibilité de démontrer qu'elle appartient au Secondaire, mais en y associant seulement les deux espèces citées en exemple, le caractère crétacé de la faune devient apparent. En conséquence, Alcide d'Orbigny conclut : « Considérées comme faune, toutes les espèces constituent au contraire un faciès purement crétacé. On y voit, en effet, des genres jusqu'à présent spécifiques à ces terrains : par exemple, les genres *Belemnites*, *Baculites*, *Rynchonella*, etc. Si ces caractères ne suffisaient pas, l'identité de quelques espèces communes avec l'étage Sénonien viendrait le prouver jusqu'à la dernière évidence. » Dans son *Cours élémentaire de*

paléontologie [46], nous pouvons aussi lire : « Rien ne pourrait, en paléontologie, motiver le classement de l'ensemble dans les terrains tertiaires. » Alcide d'Orbigny se rallie donc à l'opinion d'Élie de Beaumont, en pensant qu'il la valide par des arguments biostratigraphiques incontestables, mais tel n'était pas le cas. Cette position joua un rôle considérable dans la suite de la polémique sur l'âge Secondaire ou Tertiaire du Danien, et notamment sur la question de l'utilité des faunes d'Invertébrés à des fins biostratigraphiques.

4. Suite et fin de la polémique sur le Danien

Probablement sous l'effet persuasif des arguments géologiques et paléontologiques donnés par Élie de Beaumont, Desor et Alcide d'Orbigny, la polémique sur le Danien se calme de 1850 jusqu'au début des années 1900. L'âge Crétacé du Danien apparaît alors dans les manuels (ex. : Alcide d'Orbigny [46] et Meunier [39, 40]. On doit à Meunier d'avoir figuré en premier un fossile du Danien décrit par d'Orbigny : *Lima carolina* d'Orbigny, 1850 (Fig. 3). Un fait important mérite cependant d'être signalé. C'est la création du Montien par Dewalque [13] et la description de sa faune (conservée sous forme de coquilles) par Briart et Cornet [4]. Le Montien, ayant comme stratotype Mons (Belgique), fut considéré comme la première unité du Cénozoïque, et c'est après ces publications que l'argumentation « tertiariste » sera reformulée sur des bases paléontologiques. Ainsi, Lambert [28, 29] fut un des premiers à placer le calcaire pisolithique dans le Montien, en se fondant sur les Échinodermes, et fut suivi par Haug [22].

Toutefois, les tenants de l'hypothèse « secondariste » maintinrent leur position, affirmant que les récifs de Vigny et de Montainville se seraient édifiés dans une mer crétacée [14, 32]. À l'occasion, Lemoine, in Dollfus [15], déclare que les « fossiles de Vigny [...] ne peuvent fournir aucune indication sur les conditions d'âge », attaquant ainsi les arguments biostratigraphiques. L'idée d'un récif daniien contemporain de la craie se perpétue jusqu'à Marlière [35], qui se fonde uniquement sur l'observation de la grande carrière de Vigny. Marlière [36] souligne aussi l'inutilité des faunes pour résoudre la problématique de l'âge Secondaire ou Tertiaire du Danien : « En pareil cas d'indétermination, l'interprétation paléontologique doit se soumettre au commandement stratigraphique ». De Lapparent [30] ira même plus loin, en annonçant que « le calcaire de Vigny serait alors d'âge Crétacé et non pas tertiaire. On abandonne maintenant l'hypothèse d'un âge Danien ».

De leur côté, les arguments en faveur d'un Danien tertiaire progressaient aussi. Pinard [53] récolte à Vigny

Tableau 1. Liste de spécimens types de Mollusques du Danien répertoriés dans la collection d'Orbigny et déposés à la typothèque du laboratoire de paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle.

Table 1. List of the type specimens of the Danian Molluscs registered in the d'Orbigny collection and deposited in the 'Laboratoire de paléontologie' of the 'Museum national d'histoire naturelle'.

Taxons	Statut	n° MNHN	Localités
<i>Arca gravesii</i>	1 syntype	R63678	Montainville (Yvelines)
<i>Arca merope</i>	1 syntype	R63234	Port-Marly (Yvelines)
<i>Arca merope</i>	1 syntype	R63233	Port-Marly (Yvelines)
<i>Arca supracretacea</i>	1 syntype	R63244	Montainville (Yvelines)
<i>Arca supracretacea</i>	1 syntype	R63247	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Capulus consobrinus</i>	1 syntype	R63245	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Capulus consobrinus</i>	1 syntype	R63227	Montainville (Yvelines)
<i>Capulus ornatisissimus</i>	1 syntype	R63232	Montainville (Yvelines)
<i>Cardita hebertiana</i>	4 syn types	R63243	Port-Marly (Yvelines)
<i>Cardita hebertiana</i>	1 syntype	R63240	Vertus (Marne)
<i>Cardita hebertiana</i>	1 syntype	R63241	Vertus (Marne)
<i>Cardita hebertiana</i>	1 syntype	R63242	Meudon (Hauts-de-Seine)
<i>Cerithium carolinum</i>	1 syntype	R63236	Montainville (Yvelines)
<i>Cerithium carolinum</i>	1 syntype	R63235	Montainville (Yvelines)
<i>Cerithium dimorphum</i>	1 syntype	R63249	Montainville (Yvelines)
<i>Cerithium gea</i>	2 syntypes	R63690	Montainville (Yvelines)
<i>Cerithium hebertianum</i>	1 syntype	R63677	Montainville (Yvelines)
<i>Cerithium hebertianum</i>	1 syntype	R63685	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Cerithium hebe 'rtipaléontologie' um</i>	1 syntype	R63686	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Cerithium hebertianum</i>	1 syntype	R63687	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Cerithium hebertianum</i>	1 syntype	R63684	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Cerithium uniplicatum</i>	1 syntype	R63231	Montainville (Yvelines)
<i>Cerithium uniplicatum</i>	1 syntype	R63682	Port-Marly (Yvelines)
<i>Cerithium uniplicatum</i>	1 syntype	R63683	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Cerithium urania</i>	1 syntype	R63225	Montainville (Yvelines)
<i>Chama supracretacea</i>	1 syntype	R63254	Montainville (Yvelines)
<i>Corbis multilamellosa</i>	1 syntype	R63253	Port-Marly (Yvelines)
<i>Corbis multilamellosa</i>	1 syntype	R63237	Meudon (Hauts-de-Seine)
<i>Corbis multilamellosa</i>	1 syntype	R63246	Meudon (Hauts-de-Seine)
<i>Corbis multilamellosa</i>	1 syntype	R63681	Vertus (Marne)
<i>Corbis sublamellosa</i>	2 syntypes	R63680	Vertus (Marne)
<i>Crassatella hellica</i>	1 syntype	R63689	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Helcion hebertiana</i>	1 syntype	R63228	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Infundibulum supracretacea</i>	1 syntype	R63226	Port-Marly (Yvelines)
<i>Lima Carolina</i>	2 syntypes	R63679	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Lima Carolina</i>	2 syntypes	R63688	Montainville (Yvelines)
<i>Lucina supracretacea</i>	1 syntype	R63251	Mont-Aimé (Marne)
<i>Natica supracretacea</i>	2 syntypes	R63216	Port-Marly (Yvelines)
<i>Natica supracretacea</i>	1 syntype	R63215	Montainville (Yvelines)
<i>Ostrea megaera</i>	1 syntype	R63255	Montainville (Yvelines)
<i>Ovula cretacea</i>	1 syntype	R63170	Montainville (Yvelines)
<i>Ovula cretacea</i>	1 syntype	R63169	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Ovula cretacea</i>	1 syntype	R63248	Montainville (Yvelines)
<i>Pleurotomaria penultima</i>	2 syntypes	R63222	Montainville (Yvelines)
<i>Pleurotomaria penultima</i>	1 syntype	R63220	Montainville (Yvelines)
<i>Pleurotomaria penultima</i>	1 syntype	R63221	Montainville (Yvelines)
<i>Solarium danae</i>	1 syntype	R63256	Montainville (Yvelines)
<i>Spondylus aonis</i>	1 syntype	R63250	Laversines (Oise)
<i>Trochus polyphyllus</i>	1 syntype	R63217	Montainville (Yvelines)
<i>Trochus polyphyllus</i>	1 syntype	R63218	Montainville (Yvelines)
<i>Trochus polyphyllus</i>	1 syntype	R63219	Montainville (Yvelines)
<i>Turbo gravesii</i>	1 syntype	R63239	Montainville (Yvelines)
<i>Turbo gravesii</i>	1 syntype	R63238	Montainville (Yvelines)
<i>Turritella supracretacea</i>	1 syntype	R63214	Meudon (Hauts-de-Seine)
<i>Turritella supracretacea</i>	1 syntype	R63229	Meudon (Hauts-de-Seine)
<i>Turritella supracretacea</i>	1 syntype	R63230	Meudon (Hauts-de-Seine)
<i>Voluta subfusiformis</i>	1 syntype	R63223	Vigny (Val-d'Oise)
<i>Voluta subfusiformis</i>	1 syntype	R63224	Vigny (Val-d'Oise)

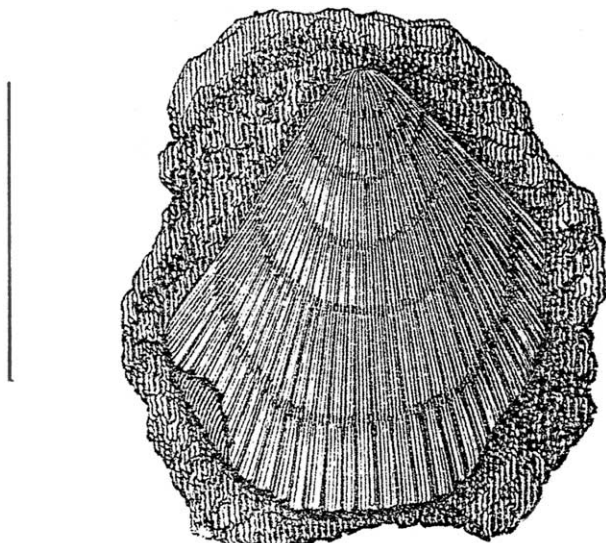


Fig. 3. *Lima carolina* d'Orbigny, 1850, première espèce de Mollusque danien figuré par Meunier en 1875 [39]. Échelle = 15 mm.

Fig. 3. *Lima carolina* d'Orbigny, 1850, first Danian Mollusc illustrated by Meunier in 1875 [39]. Scale bar = 15 mm.

une coquille épigénisée qu'il rapporte au genre *Velates* de Montfort, 1810. La présence de ce Neritidae dans les calcaires daniens est pour lui « une preuve nouvelle [...] qui indique bien le passage du Crétacé à l'Éocène ». Lemoine [31] apporte une contribution fondamentale qui n'était pas d'ordre paléontologique, soulignant que le récif de Vigny repose en discordance sur la craie. Cette observation sera génératrice d'études ultérieures montrant de plus en plus la différence microfaunique entre la craie encaissante et le calcaire récifal [1, 10, 11, 20, 33, 34]. C'est Guillemin [20] qui clôture la polémique, en annonçant que les foraminifères du calcaire de Vigny se caractérisent par l'absence d'espèces crétacées, et, après quelques précisions supplémentaires issues de la géochimie [21, 57], Mégnien et al. [37], dans leur *Synthèse géologique du bassin de Paris*, placèrent le calcaire de Vigny dans le Tertiaire (Dano-Montien).

Les progrès concernant la macrofaune, et notamment les Mollusques, stagnèrent, en revanche, considérablement (Fig. 4). Vincent [56] montre la similitude entre les malacofaunes du Tuffeau de Ciplly et du Calcaire de Mons, mais ne se hasarde pas dans une comparaison franche avec le bassin de Paris. Il nous dit : « Malgré son réel intérêt, le travail d'Alcide d'Orbigny resta inutilisable et la faune du calcaire pisolithique à peu près aussi ignorés qu'auparavant. » Ou encore : « Leur détermination spécifique est difficile et leur identification avec des formes déjà décrites d'autres terrains est à peu près impossible ». On peut voir en cette phrase

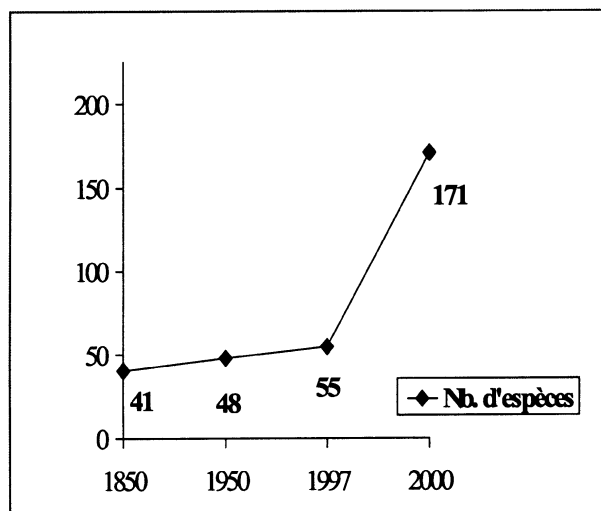


Fig. 4. Évolution du nombre d'espèces de Mollusques du Danien du bassin de Paris connues depuis 1850. 1850 : A. d'Orbigny ; 1950 : Chavan [5–8] ; 1997 : Bignot et Geysant [3] ; 2000 : Pacaud et al. [51].

Fig. 4. Evolution of the number of Mollusc species of the Danian of Paris Basin known since 1850. 1850: A. d'Orbigny ; 1950: Chavan [5–8] ; 1997: Bignot et Geysant [3] ; 2000: Pacaud et al. [51].

une condamnation d'une éventuelle reprise des travaux sur les Mollusques daniens du bassin de Paris. Cette phrase ne rebuta cependant pas Chavan, qui voulut reprendre cette étude. Il publie une série d'articles [5–9], décrit cinq nouvelles espèces de Vigny et signale 48 espèces, dont il reconnaît des affinités génériques avec le Montien. Il identifie aussi plusieurs espèces du Crétacé, qui l'empêchent de prendre une décision franche quant à l'âge du Danien. Le travail de Chavan a cependant eu l'intérêt de réaffirmer l'utilité des empreintes, car il s'est fondé sur l'étude de moulages, mais n'a malheureusement pas prolongé de beaucoup la démarche d'A. d'Orbigny, tant le nombre de nouveautés était réduit. L'absence de prolongement du travail d'A. d'Orbigny se fera ressentir jusqu'en 1997, où Bignot et Geysant [3], dans leur synthèse, ne purent citer que 55 espèces de Mollusques (Fig. 4).

5. 1987–2001 : la reprise du travail d'Alcide d'Orbigny

On doit la reprise du travail d'Alcide d'Orbigny à Meyer, qui réunit un matériel considérable de tous les groupes, en fit des moulages, tout en apportant une grande quantité d'observations de terrain. Le fruit de ces recherches est rassemblé dans un travail général sur Vigny et dans une étude détaillée d'un Céphalopode

Coleoïde Sepioïde [41, 42], dont le retentissement fut faible. Néanmoins, devant la pertinence de ces observations paléontologiques, la description de ce nouveau genre de Céphalopode sera reprise ultérieurement, lors d'un Symposium international sur les Céphalopodes actuels et fossiles [43]. Dès 1995, il nous communique son abondant matériel malacologique pour étude et, à notre surprise, nous découvrons alors la richesse de la faune des calcaires daniens de Vigny. L'étude préliminaire de cette faune, toujours fondée sur l'analyse de moulages, a révélé un assemblage comptant plus de 130 genres, répartis en 171 espèces déterminées [38, 50–52, 55]. Cette étude permet de montrer que la malacofaune de Vigny comprenait plus de 95% d'espèces strictement cénozoïques. Les Mollusques du Danien du bassin de Paris présentent en fait une nette affinité (39% d'éléments communs) avec, d'une part, ceux du Danien de Mons et de Ciplly (Belgique) et, d'autre part, ceux du Danien de Fakse (Danemark) (17% d'éléments communs). Ce dernier pourcentage semble peu élevé en

comparaison des affinités du Danien de Mons et de Ciplly, mais la malacofaune belge est la mieux étudiée d'Europe, ce qui accentue les différences observées.

6. Conclusion

Le travail précurseur d'Alcide d'Orbigny (1850) [44] sur le Danien fut cité à de nombreuses reprises, mais fut bien vite oublié. Bien au contraire, les remarques négatives de Vincent [56] et la rareté des nouveautés issues des travaux de Chavan [5–9] ont causé un tort considérable à l'avancement des recherches sur les faunes d'Invertébrés. Il fallut donc attendre un siècle et demi pour que le travail commencé par Alcide d'Orbigny, fondé sur l'étude des empreintes externes, soit effectivement poursuivi. Une étude systématique et taxonomique des Gastropoda et des Bivalvia est en cours et devrait bientôt paraître.

Remerciements. J.-C. Meyer trouvera ici le gage de notre reconnaissance pour avoir mis à notre disposition le matériel qu'il a récolté pendant près de 30 ans. Nous remercions Ronan Allain pour ses judicieuses critiques ainsi que Philippe Janvier, Didier Néraudeau et Philippe Taquet pour la relecture de ce manuscrit. Nos remerciements s'adressent aussi à Denis Serrette et à Philippe Loubry, pour la qualité de leurs photographies.

Références

- [1] R. Abrard, R. Furon, P. Marie, R. Soyer, Sur l'âge du calcaire pisolithique de Vigny, C. R. Acad. Sci. Paris 228 (1949) 758–760.
- [2] A. d'Archiac, 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 1 (7) (1836) 272–276.
- [3] G. Bignot, J.-R. Geysant, Les Nautilés du Montien de Vigny (Val-d'Oise, France). Remarques sur la faune associée, Bull. Inf. Géol. Bass. Paris 34 (4) (1997) 9–18.
- [4] A. Briart, F.-L. Cornet, Description des fossiles du calcaire grossier de Mons. Gastéropodes, Mém. Acad. Roy. Sciences, Lettres et des Beaux-Arts Belgique, part 1, t. 36, (1870) 1–76 ; part 2, t. 37 (1873) 1–94 ; part 3, t. 43 (1877) 1–73 ; part 4, t. 47 (1887) 1–118.
- [5] A. Chavan, Sur les Neritidae du Calcaire pisolithique, Bull. Soc. géol. France 5 (17) (1947) 42–44.
- [6] A. Chavan, Les caractères de la faune de Vigny, C. R. Acad. Sci. Paris 228 (1949) 494–496.
- [7] A. Chavan, Sur quelques espèces du calcaire de Vigny, C.R. somm. séances Soc. géol. France 6 (1949) 104–106.
- [8] A. Chavan, Nouvelle contribution à l'étude des Mollusques de Vigny, C.R. somm. séances Soc. géol. France 12 (1949) 243–245.
- [9] A. Chavan, Découverte d'une *Goossensia* dans le calcaire pisolithique de Vigny, Cah. géol. Thoiry 5 (1951) 47–48.
- [10] R. Damotte, Contribution à l'étude du « calcaire montien » du bassin de Paris : la faune d'Ostracodes, Bull. Soc. géol. France 7 (6) (1964) 349–356.
- [11] R. Damotte, L. Feugueur, L'âge des calcaires de Vigny (Seine-et-Oise), à partir de données paléontologiques nouvelles, C. R. Acad. Sci. Paris 256 (1963) 3864–3866.
- [12] E. Desor, Sur le terrain Danien, nouvel étage de la craie, Bull. Soc. géol. France 2 (4) (1847) 179–182.
- [13] G. Dewalque, Prodrome d'une description géologique de la Belgique, Carmanne, Liège, 1868.
- [14] G.F. Dollfus, P. Lemoine, Étude sur la position stratigraphique du calcaire pisolithique, C. R. somm. séances Soc. géol. France 4 (12) (1912) 649–659.
- [15] G.F. Dollfus, Considérations générales sur le calcaire pisolithique de Paris, Bull. Soc. géol. France 4 (12) (1912) 661–674.
- [16] A. Dumont, Carte géologique de la Belgique et des provinces voisines, représentant les terrains qui se trouvent au-dessous du limon hesbayen et du sable campinien, Van der Malen, Bruxelles, 1849.
- [17] L. Élie de Beaumont, Observations suite à la découverte de Polypiers et de quelques autres fossiles dans la craie du port de Marly, Bull. Soc. géol. France 1 (4) (1834) 391–393.
- [18] L. Élie de Beaumont, Observations suite à la note de M. d'Archiac sur la 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 1 (7) (1836) 275.
- [19] L. Graves, Essai sur la topographie géognostique du département de l'Oise, Desjardin, Beauvais, 1847.
- [20] Y. Guillemin, Contribution à l'étude des foraminifères du Montien du bassin de Paris, Cah. Micropaléontol. 4 (1977) 1–79.
- [21] Y. Guillemin, M. Renard, Apports de la géochimie des éléments traces (Sr, Mg, Na) à l'étude des carbonates récifaux Dano-Montien du bassin de Paris (Vigny-Montainville) : essai de reconstitution du paléoenvironnement récifal, Bull. Inf. Géol. Bass. Paris 15 (2) (1978) 55–63.
- [22] E. Haug, Traité de Géologie, II. Les périodes géologiques, Armand Colin, Paris, 1911.
- [23] E. Hébert, Note sur le calcaire pisolithique, Bull. Soc. géol. France 2 (4) (1847) 517–522.
- [24] E. Hébert, Notice sur les dépôts situés, dans le bassin de Paris, entre la craie blanche et le calcaire grossier, Bull. Soc. géol. France 2 (5) (1848) 388–408.
- [25] E. Hébert, Le calcaire pisolithique à Vigny, Réunion extraordinaire à Paris du 2 au 10 septembre 1855, Bull. Soc. géol. France 2 (12) (1855) 1321–1322.
- [26] J.W.M. Jagt, A.W. Janssen, Preface to faunal and stratigraphical aspects of the Early Palaeocene (Danian) in the SE Netherlands and NE Belgium, Meded. Werkgroep Tert. Kwart. Geol 25 (2–3) (1988) 111–114.

- [27] J.W.M. Jagt, A.W. Janssen, The Danian in the Maastrichtian-type area (SE Netherlands, NE Belgium): past, present and future research, *Meded. Werkgroep Tert. Kwart. Geol* 25 (2–3) (1988) 213–223.
- [28] J. Lambert, Note sur les Échinides du calcaire pisolithique dans le bassin de Paris, *Assoc. Fr. Avanc. Sci.* (1907) 201–202.
- [29] J. Lambert, Note sur les Échinides du calcaire pisolithique dans le bassin de Paris, *C. R. Assoc. Fr. Avanc. Sci.* (1907) 281–292.
- [30] A.-F. de Lapparent, Région de Paris. Excursions géologiques et voyages pédagogiques, Hermann, Paris, 1967.
- [31] M. Lemoine, Les algues calcaires du calcaire pisolithique, leur enseignement stratigraphique, *Bull. Soc. géol. France* 5 (7) (1937) 287–288.
- [32] P. Lemoine, Sur la nature récifale du calcaire pisolithique de Vigny et de Montainville (Seine-et-Oise), *C. R. somm. séances Soc. géol. France* 10 (1911) 96–97.
- [33] P. Marie, Sur la faune de Foraminifères de calcaire pisolithique du Bassin de Paris, *Bull. Soc. géol. France* 5 (7) (1937) 289–294.
- [34] P. Marie, Observations suite à la communication de Marlière sur la subsidence du récif campanien de Vigny, *Bull. Soc. géol. France*, 6^e série 8 (7) (1958) 756–758.
- [35] R. Marlière, La subsidence du récif campanien de Vigny (résumé), *Bull. Soc. géol. France*, 6^e série 8 (7) (1958) 751–759.
- [36] R. Marlière, La subsidence du récif campanien de Vigny, *Mém. Soc. géol. France* 89 (1960) 5–23.
- [37] F. Mégnien, L. Barta, M. Laurain, J. Leplat, B. Pomerol, R. Wyns, Synthèse géologique du Bassin de Paris. Stratigraphie et Paléogéographie. 10 : Paléocène, *Mém. BRGM* 101 (1980) 337–350.
- [38] D. Merle, J.-M. Pacaud, J.-C. Meyer, P. Barrier, C. Montenat, La Malacofaune danienne de Vigny (Val-d'Oise), son importance dans l'approche de la diversification des Mollusques au début du Tertiaire, *RST* 2000, 18^e réunion des Sciences de la Terre (2000) 195.
- [39] S. Meunier, Géologie des environs de Paris. Description des terrains et énumération des fossiles qui s'y rencontrent, Baillièere & Fils, Paris, 1875.
- [40] S. Meunier, Géologie des environs de Paris. Description des terrains et énumération des fossiles qui s'y rencontrent, 2^e édition, Baillièere & Fils, Paris, 1912.
- [41] J.-C. Meyer, Le récif danien de Vigny, *Géoguide de la Société amicale des géologues amateurs*, *Saga informations* 26 (1987) 1–72.
- [42] J.-C. Meyer, Un nouveau Céphalopode Coléoïde dans le Paléocène inférieur de Vigny : *Ceratisepia elongata* n. gen., n. sp., *Saga informations* 94 (1989) 30–51.
- [43] J.-C. Meyer, Un nouveau Coléoïde sépioïde, *Ceratisepia elongata* nov. gen., nov. sp. du Paléocène inférieur (Danien) de Vigny. Implications taxinomiques et phylogénétiques, 3^e symposium international : Céphalopodes actuels et fossiles, *Géobios*, mém. spéc. 15 (1993) 287–304.
- [44] A. d'Orbigny, Note sur les fossiles de l'étage Danien, *Bull. Soc. géol. France* 2 (7) (1850) 126–135.
- [45] A. d'Orbigny, *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés*, tomes 1, 2, 3, Masson, Paris, 1850–1852.
- [46] A. d'Orbigny, *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique*, Masson, Paris, 1852.
- [47] C. d'Orbigny, Note sur le terrain nouvellement découvert à Meudon, *Bull. Soc. géol. France* 1 (7) (1836) 280–291.
- [48] C. d'Orbigny, Existence d'un étage de calcaire marin particulier au-dessous du terrain tertiaire du bassin de Paris, et d'une assise également nouvelle dépendant de l'argile plastique; découverte d'ossements fossiles dans ce dernier étage, *C. R. hebd. séances Acad. Sci.* 3 (1836) 228–233.
- [49] C. d'Orbigny, Présentation de *Cerithium giganteum* provenant du terrain de calcaire pisolithique de trois localités différentes des environs de Paris (Meudon, Port-Marly et le Vigny) dans lesquels on a constaté l'existence d'une nouvelle formation placée entre la craie et l'argile plastique, *Bull. Soc. géol. France* 1 (8) (1837) 240–241.
- [50] J.-M. Pacaud, Nouvelles données sur le genre *Popenoeum* (Mollusca, Pseudolividae). Remarques taxinomiques sur une espèce ubiquiste du Paléocène inférieur, *Popenoeum ambiguum* (Binkhorst, 1861 : *Pyryla*) nov. comb, *Cossmanniana* 5 (1–2) (1998) 14–28.
- [51] J.-M. Pacaud, D. Merle, J.-C. Meyer, La faune de Vigny (Val-d'Oise) : importance pour l'étude de la diversification des mollusques au début du Tertiaire, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa* 330 (12) (2000) 867–873.
- [52] J.-M. Pacaud, Première observation du genre *Pulvinites* (Mollusca, Bivalvia) dans le Danien (Paléocène inférieur) de Vigny (Val-d'Oise, France), *Geodiversitas* 23 (1) (2001) 5–16.
- [53] A. Pinard, Présence d'une Nérite voisine de *Velates schmidliana* dans le Montien de Vigny, *Bull. Soc. géol. France* 5 (6) (1936) 100–102.
- [54] M. de Roys, Observations suite à la communication faites par M. Hébert au sujet de la notice sur les dépôts situés, dans le bassin de Paris, entre la craie blanche et le calcaire grossier, *Bull. Soc. géol. France* 2 (5) (1848) 408–409.
- [55] K.I. Schnetler, P. Lozouet, J.-M. Pacaud, Revision of the Gastropod family Scissurellidae from the Middle Danian (Paleocene) of Denmark, *Bull. Geol. Soc. Denmark* 48 (2001) 79–90.
- [56] E. Vincent, Étude sur les mollusques montiens du poudingue et du tuffeau de Cipluy, *Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique* 46 (1930) 1–115.
- [57] R. Wyns, Synthèse géologique du bassin de Paris. Lexique des noms de formation. 9 : Tertiaire, *Mém. BRGM* 103 (1980) 446–447.