

Les travaux micropaléontologiques d'Alcide d'Orbigny

Marie-Thérèse Vénec-Peyré

Laboratoire de paléontologie, UMR 8569 CNRS, Muséum national d'histoire naturelle, 8, rue Buffon, 75005 Paris, France

Reçu le 3 septembre 2002 ; accepté le 22 octobre 2002

Rédigé à l'invitation du Comité éditorial

Abstract – The micropalaeontological works of Alcide d'Orbigny. D'Orbigny has created the order of Foraminifera for minute animals classed, at this time, amongst Cephalopoda, and proposed the first classification of this order in 1826, laying the foundations of micropalaeontology. All along his life, he described, figured or clarified diagnosis of about 1500 recent and fossil species. His collections, stored in the National Museum of Natural History in Paris, represent an inestimable patrimony and are still actively consulted. Several micropalaeontologists had contributed to their valorisation and recognised the validity of most of his species. Nowadays, one hundred and two are considered as type species of genera. **To cite this article:** M.-T. Vénec-Peyré, C. R. Palevol 1 (2002) 449–459. © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

micropalaeontology / history of Sciences / Foraminifera / d'Orbigny

Résumé – D'Orbigny créa l'Ordre des Foraminifères pour des animaux microscopiques, alors classés parmi les céphalopodes, et en donna la première classification en 1826, posant ainsi les fondements de la micropaléontologie. Au cours de sa vie, il décrit, figura ou précisa les diagnoses d'environ 1500 espèces récentes et fossiles. Ses collections, déposées au Muséum national d'histoire naturelle à Paris, constituent un patrimoine inestimable et sont toujours très consultées. Plusieurs chercheurs se sont impliqués dans leur mise en valeur et ont reconnu la validité d'un grand nombre de ses espèces. Cent deux d'entre elles sont actuellement considérées comme espèce type de genres. **Pour citer cet article :** M.-T. Vénec-Peyré, C. R. Palevol 1 (2002) 449–459. © 2002 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

micropaléontologie / histoire des sciences / Foraminifères / d'Orbigny

Abridged version

1. Micropalaeontological contributions of Alcide d'Orbigny

1.1. His first work : The *Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes*

In his first important work entitled *Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes* [19] published in 1826, d'Orbigny wished to put an end to the 'chaos' observed in the systematic of this group, in which zoologists gathered also microscopic shells.

Alcide d'Orbigny divided this group in two zoological orders: the Foraminifera, including the shells characterised

by openings (foramen) in the septa between two consecutive chambers, and the Siphonifera, including the shells with intercameral siphon. The *Tableau méthodique* was more a *Prodrome*, according to d'Orbigny's own statements; due to the hurry of his departure for South America, he could only publish an abridged version of a more elaborated project.

His classification of Foraminifera is based on the observation of 52 genera and 544 species. According to the plane of growth of the test, he recognised the *Stichostègues*, the *Enallostègues*, the *Hélicostègues*, the *Agathistègues* and the *Enthomostègues*. To illustrate this work, he had prepared 73 plates of drawings and sculpted a set of 100 three-dimensional models in a very fine limestone (Fig. 2). Unfortunately, the plates remained unpublished and 31 species only were figured in the text of 1826; a part of the species names only

listed in this work became *nomina nuda*, but most of them were validated later.

Despite its imperfections, emphasised by different authors, the *Tableau méthodique* was considered as “a monument of sagacity” [2, p. 170] or as “the alphabet of the Nomenclature of Foraminifera” [28, p. 145].

1.2. The publications of 1839

Alcide d’Orbigny published in 1839 the results of his studies on Recent Foraminifera from South America, Cuba and Canary Islands [20–22]. In these papers, he described 242 species, a great number of them being new for Science.

In the Cuba memoir [21], he made the state of the question on the knowledge about Foraminifera in a large and informative introduction, and gave also an “abstract of the general observations” that he planned to publish later in a special work on living and fossil Foraminifera [21 (p. xii)]. For the first time, he pointed out the abundance and the role of these microorganisms and foresaw their importance in geology to obtain information on some environmental characteristics such as temperature. He raised to an ordinal rank the taxa that he called ‘families’ in 1826.

1.3. The fossil species

In the introduction of the memoir entitled *Mémoire sur les Foraminifères de la craie blanche du bassin de Paris* [23], d’Orbigny stressed, for the first time, the importance of Foraminifera for classifying geological stratas. In this work, d’Orbigny described 54 species, 50 of them being new.

In 1846, he published his memoir on the Foraminifera from the Tertiary Basin of Vienna, in the introduction of which he summarised the knowledge about the geological distribution of species from Palaeozoic to Recent. He described 228 species and noted that “twenty-seven, or about twelve per cent, were still living today in the Adriatic and the Mediterranean Sea” [24 (p. xxiii)].

1.4. Works made prior to the establishment of the International Code of Zoological Nomenclature

Beside the nomenclatural problems related to the lack of diagnoses and to the limited number of figures in the *Tableau méthodique*, d’Orbigny was reproached a number of mistakes. He was criticised for oversplitting species. This is surprising because d’Orbigny was aware of synonymies and homonymies, and had accomplished a tremendous work in the *Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés* [25], by comparing 40 000 species, among which he recognised only 18 000 valid names. One can think that the poor quality of his optical material was also probably responsible for inaccurate determinations of some microscopic shells.

He was attacked because he took the authorship when he changed the generic attribution of species described by previous authors. But, he explained his point of view: he

considered that it was unjust to make the original author responsible for a genus of which he was ignorant and to deprive the second author of the result of his work [25]. He was also reproached his custom of establishing identical specific names for different nominal taxa because it led to difficulties in later revisions, when they have to be brought together in combination with the same generic name.

Moreover, Alcide d’Orbigny never designated type specimens. He had, indeed, a modern conception of the species, taking into account the morphological variability and grouped accordingly several specimens in the same mount.

On the whole, it must be borne in mind that, at the time of d’Orbigny and of the first specialists of Foraminifera, the International Code of Zoological Nomenclature [7, 8] did not exist. Therefore, these authors were unjustly accused of errors, which were infraction of a code not yet established.

A great number of species established by d’Orbigny are still valid. Among them, one hundred and two are designated as type species of genus in the Loeblich and Tappan’s classification [15] used today.

2. The foraminiferal collection of Alcide d’Orbigny

This collection has suffered of several transfers and carelessness during many years, and because it was stored in the cellars of the Museum, it underwent damages caused by the rising of the Seine in 1910 [6].

With the great development of foraminiferal research impulsed by petroleum research, M. Lys, who was aware of d’Orbigny’s collection value, undertook the huge task of valorising this patrimony [16–17]. He drew up an inventory of the thousand species named, described or figured by d’Orbigny, making a file with a card for each species (main characteristics, photographs, synonymies). He selected topotypes in the sands of the d’Orbigny’s collection when specimens were missing in the collection. Later, Y. Le Calvez revised the foraminiferal species of the Paris Basin [9], of Cuba and Canary Islands [11–13], using the development of scanning electron microscopy.

3. Conclusions

The foraminiferal work of Alcide d’Orbigny is one of the most innovating part of his work, since he revealed the existence of an unsuspected group, creating a new zoological order, and establishing the foundations of a new science, Micropalaeontology.

It is also one of the parts of his work which had the more important implications in the Science of 20th century due to the use of Foraminifera in Earth studies using drillings, in academic as well as in economic research [14, 33]. Thus, since the time of d’Orbigny, great advances in Foraminiferal knowledge were impulsed by petroleum research, Palaeoceanography and Palaeoclimatology [1]. D’Orbigny had observed more than 1500 species; the number of foramin-

iferal species known nowadays is greater than 50 000 (living and fossil). These advances required systematic adjustments and many classifications were proposed. These microorganisms have been mainly studied by geologists, while biologists have shown until recently little interest in them. Today, they begin to be used as biomarkers in stressed environments [32],

and the studies on molecular biology on Foraminifera is opening new insights for the 21st century.

This short summary of the foraminiferal works of Alcide d'Orbigny shows that they have been fruitful and that their applications have gone beyond all expectations.

1. Introduction

Comme l'ont souvent rappelé les biographes, Charles-Marie d'Orbigny éveilla l'attention de son fils Alcide, encore enfant, sur les coquillages microscopiques des sédiments. Puis, c'est probablement la curiosité qui incita l'adolescent à explorer les plages et les falaises de sa région natale, toujours à la recherche de nouvelles formes. Mais le vif intérêt qu'il leur manifesta par la suite, au point d'en établir une classification, fut motivé par le désir de tenter de mettre fin au « désordre qui paraissait régner dans cette classe [des céphalopodes] » [19 (p. 121)], où les zoologistes rangeaient alors les coquilles microscopiques. L'analyse bibliographique détaillée à laquelle d'Orbigny se livra en entreprenant cette étude, mais qu'il ne publia qu'en 1839 [21], montre qu'environ 40 publications traitaient déjà de ce sujet et reconnaissaient l'existence d'une centaine d'espèces. Seuls quelques travaux en donnaient une description ; ils émanaient en particulier de Plancus, Linné, Montagu, Lamarck, DeFrance et Fichtel et Moll. Un travail beaucoup plus conséquent, mais, comme l'a précisé d'Orbigny [21 (p. xv)], sans « aucun cachet scientifique », puisqu'il n'utilisait pas la nomenclature linnéenne, avait été réalisé par Soldani ; il y décrivait et figurait plus de 200 formes, dont un grand nombre ne représentait que des variétés [30]. Les autres publications n'étaient que des compilations des précédentes.

La présente contribution a pour but de rappeler les principaux travaux foraminiférologiques d'Alcide d'Orbigny, de présenter ses collections, et de montrer l'importance qu'ils ont eue dans le développement de la micropaléontologie. Elle complète par bien des aspects les travaux publiés par Heron-Allen [6], Lys [16, 17] et Le Calvez [9–13] sur ce sujet.

2. L'apport d'Alcide d'Orbigny à la micropaléontologie

Les principaux écrits d'Alcide d'Orbigny sur les Foraminifères peuvent se diviser en trois ensembles : le *Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes* [19], dans lequel il créa l'ordre des Foraminifères, ses publications de 1839 focalisées sur les espèces récentes

de l'Amérique méridionale, des îles de Cuba et des Canaries [20–22] et ses travaux sur les Foraminifères fossiles de la craie du bassin de Paris et du bassin tertiaire de Vienne [23, 24].

2.1. Le Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes

Alcide d'Orbigny fut remarqué par les scientifiques du Muséum et de l'Académie des sciences grâce à son premier travail d'envergure, intitulé *Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes*, qui fut présenté à l'Académie des sciences le 7 novembre 1825 et publié en 1826. Cette importante contribution et les qualités qu'il y révélait lui valurent d'être nommé voyageur naturaliste du Muséum national d'histoire naturelle.

Son souhait d'aboutir à une classification cohérente des microcoquilles, rapportées aux céphalopodes en raison des analogies de formes avec les ammonites, l'incita à se « livrer d'abord à l'examen des grosses espèces vivantes et fossiles afin de bien comprendre les espèces microscopiques » [19 (p. 125)]. Par cette étude raisonnée, il fut le premier à comprendre que ces êtres minuscules constituaient, en fait, un groupe différent des autres céphalopodes. Leurs coquilles n'en possédaient pas le siphon caractéristique, et se distinguaient par l'existence d'une ou de plusieurs ouvertures (ou foramens) situées dans la cloison séparant deux loges consécutives. En s'appuyant sur ces caractères discriminants, il créa l'ordre des Foraminifères, pour les coquilles microscopiques pourvues de foramens, et l'ordre des Siphonifères, pour les espèces macroscopiques munies de siphon, et maintint les deux ordres dans la classe des Céphalopodes (au sens où l'on comprenait ce groupe à l'époque). Dans le *Tableau méthodique*, il proposa une classification de l'ensemble de cette classe, et la publia en deux parties. La première [19 (pp. 96–169)] est consacrée à l'ordre des Cryptodibranches (Octopodes, Décapodes) et à l'ordre des Siphonifères ; la seconde [19 (pp. 245–314)] est entièrement consacrée à l'ordre des Foraminifères. C'est de cette dernière dont il s'agira dans la suite de ce texte.

La première partie du *Tableau méthodique* est précédée d'une longue introduction de de Férussac [19 (pp. 96–120)]. D'Orbigny ne semble pas avoir apprécié cette introduction, qui déflorait certaines idées qu'il ne

pouvait développer dans le cadre de cette publication (cf. ci-dessous), comme il le dira quelques années plus tard. En effet, alors en délicatesse avec ce scientifique qui s'était permis de « publier à son insu » [21 (p. xxiv)] des corrections au *Tableau méthodique* qu'il trouvait injustifiées, il écrira [21 (p. xxii)] : « Monsieur de Férussac, pour avoir l'occasion de rappeler ses propres travaux, nous avait instamment prié de le laisser présenter notre travail à l'Académie des sciences : ce savant le fit précéder d'une introduction... ».

Le *Tableau méthodique* s'apparente plutôt à un prodrome, selon ses propres termes, puisqu'en raison de son départ précipité pour le « nouveau monde », il ne publia qu'une version abrégée d'un projet déjà bien élaboré. Projet qu'il prévoyait de mener à terme ultérieurement, comme il le signale [19 (p. 121)] : « Circonscrire dans le cercle étroit d'un sommaire, nous nous bornerons seulement à indiquer ici les motifs qui nous autorisent à établir les coupes d'ordres, de familles et de genres que nous proposons [...] nous réservant de présenter plus de détails sur toutes les généralités, dans l'ouvrage complet auquel nous travaillons. » Fidèle à cet engagement, il présente, dans sa brève introduction, une très courte revue bibliographique, les principes de sa classification et quelques rares généralités sur ce groupe. On apprend néanmoins, par la longue introduction de de Férussac, que d'Orbigny avait bien observé que « le test de ces petites coquilles était entièrement renfermé dans le corps ou le sac du céphalopode, ou du moins qu'il était entièrement recouvert par une membrane ou tunique » (on sait depuis que le cytoplasme des Foraminifères est à la fois interne et externe au test). D'après cette introduction, d'Orbigny pensait également que leur mode de reproduction devait être différent de celui des autres céphalopodes [19 (pp. 100 et 101)] (les études postérieures montreront en effet des modalités complexes chez ces microorganismes).

Ce premier travail consacré aux Foraminifères est fondé sur l'observation de 52 genres, dont 40 nouveaux, et de 544 espèces qu'il identifia dans les sédiments actuels et fossiles récoltés par lui-même, ou par les officiers et médecins de marine dont il sollicitait les bons offices. Il définit les taxons de rang supérieur par une diagnose, mais ne précise pour les espèces que leur nom et les localités dans lesquelles elles ont été observées vivantes ou fossiles, par lui ou par d'autres auteurs. Il fait référence, dans la liste de synonymie, aux espèces décrites antérieurement et à 158 des figures produites par Soldani [30], qu'il nomme en respectant cette fois la nomenclature linnéenne.

D'Orbigny fondait sa classification de 1826 sur le mode d'accroissement des coquilles et reconnaissait les cinq familles suivantes : les Stichostègues (loges empi-

lées sur un seul axe), les Enallostègues (loges disposées en alternance sur plusieurs axes), les Hélicostègues (agencement formant une spirale), les Agathistègues (loges pelotonnées autour d'un axe), les Enthomostègues (loges compartimentées en logettes).

Pour illustrer le travail présenté en 1825 à l'Académie des sciences, il avait préparé 73 planches, dont 45 étaient achevées, et avait, de plus, réalisé des modèles en trois dimensions, l'ensemble attestant les qualités artistiques de leur auteur et son sens aigu de l'observation. Ces 73 planches, dans lesquelles les espèces sont regroupées par genre, ainsi que de nombreuses esquisses (Fig. 1), montrant les tâtonnements du jeune scientifique et les tentatives de comparaison d'une espèce à l'autre, sont conservées au Muséum national d'histoire naturelle. Bien qu'elles n'aient jamais été publiées, en raison de son départ précipité pour l'Amérique, elles sont connues dans la littérature spécialisée sous le nom de *Planches inédites*. Les huit planches qui accompagnent la publication de 1826 [19] regroupent les copies de dessins disséminés dans l'ensemble des planches inédites.

Pour illustrer les principaux genres, « afin d'en populariser l'étude et d'en rendre les caractères visibles à tous les yeux » [23 (p. 2)], il sculpta 100 modèles dans un calcaire très fin, en agrandissant entre 40 et 200 fois les sujets représentés (Fig. 2). Après avoir réalisé des matrices de ses modèles, il en fit des répliques en plâtre, qu'il diffusa dans le commerce sous forme de coffrets de 25 moulages, préfigurant en quelque sorte les « valises pédagogiques ». Dans chacun d'entre eux, il avait pris soin d'associer à ces moulages de véritables spécimens (Fig. 3), ce qui permit des années plus tard à Hansen [5] de désigner des lectotypes pour des espèces figurées en 1826, mais non retrouvées dans la collection d'Orbigny.

Dans le *Tableau méthodique*, 31 espèces seulement sont figurées dans les huit planches accompagnant le texte. De ce fait, beaucoup de noms d'espèces simplement citées, sans référence à une diagnose ou une figuration, étaient des *nomina nuda*.

De nombreux noms d'espèces furent ensuite rendus disponibles par lui-même dans des ouvrages ultérieurs [20–25], puis par Fornasini, qui publia entre 1889 et 1908 des calques des dessins originaux de d'Orbigny [17], et enfin par d'autres auteurs, qui publièrent des figures réalisées d'après ses dessins, ou ses modèles. Dans ces deux derniers cas, il perdit alors, et même de son vivant, la paternité d'un certain nombre de noms qu'il avait lui-même donnés. Selon Heron-Allen [6 (p. 3)], toutes les espèces citées dans le *Tableau méthodique*, à l'exception de trois, ont été finalement décrites.

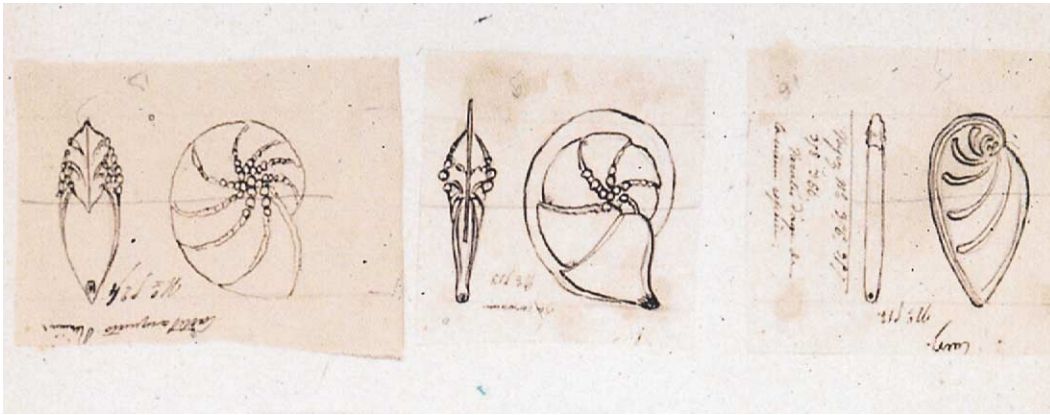


Fig. 1. Esquisses de Foraminifères dessinés par Alcide d'Orbigny jeune (laboratoire de paléontologie, MNHN).

Fig. 1. Sketches of Foraminifera drawn by Alcide d'Orbigny when he was young ('Laboratoire de paléontologie', MNHN).

Cette classification des Foraminifères, la collection de spécimens, les sculptures et les nombreux dessins sur lesquels elle se fondait étaient le fruit de six années de recherches menées par un jeune homme de moins de 24 ans. Ce travail fut réalisé bien avant la publication du Code international de nomenclature zoologique et, comme malheureusement le texte et l'illustration se trouvèrent considérablement réduits, d'Orbigny laissa malgré lui un certain nombre de problèmes nomenclaturaux à ses successeurs. Néanmoins, en dépit de ses imperfections, soulignées par différents auteurs, le *Tableau méthodique* fut considéré en son temps comme « un monument de sagacité » [2 (p. 170)], ou encore comme « the alphabet of the Nomenclature of Foraminifera » [28 (p. 145)]. Grâce à lui, d'Orbigny posait les premiers jalons de la micropaléontologie. Néanmoins, s'il fut le premier à élever les Foraminifères au rang d'ordre et à en donner une classification, il n'en reconnut pas la nature unicellulaire. Cette découverte revint à Dujardin en 1835 [3], et d'Orbigny s'y rallia immédiatement.

2.2. Les travaux de 1839

Alors qu'il rédigeait les résultats de son voyage en Amérique méridionale, concernant la zoologie, la botanique, la géographie, la géologie et l'ethnologie, et qu'il travaillait à ses travaux de paléontologie et de géologie stratigraphique en parcourant la France pour se constituer une collection d'Invertébrés fossiles [33], Alcide d'Orbigny menait également de front d'autres travaux portant sur les Foraminifères récents et fossiles. En 1839, il publia ses travaux sur les Foraminifères récents de Cuba, des îles Canaries et d'Amérique méridionale.

2.2.1. Les Foraminifères de l'île de Cuba

C'est semble-t-il le mémoire des Foraminifères de Cuba [21] qui a été publié le premier dans cette série

sur les Foraminifères récents. Dans une longue introduction, très instructive et composée de 48 pages, il fait le point sur l'état des connaissances concernant ce groupe. Cette introduction représentait pour lui « le résumé des observations générales » qu'il comptait « publier plus tard dans un ouvrage spécial sur les Foraminifères vivants et fossiles » [21 (p. xii)] et dont il s'occupait depuis de longues années. Aussi comportait-elle des informations sur le Récent comme sur le Passé.

Dans ce mémoire, il consacre neuf pages à l'analyse bibliographique des études réalisées sur ce groupe avant 1826, et six pages à celle des travaux effectués après cette date. Si le nombre des études les plus sérieuses reste inférieur à une dizaine, c'est, explique-t-il, qu'on « doit attribuer l'oubli dans lequel sont restés les Foraminifères à la difficulté d'observation et au peu d'entraînement qu'on éprouve généralement à s'occuper des corps non perceptibles à la vue simple » [21 (p. x)].

Il met l'accent, pour la première fois, sur l'abondance et le rôle de ces microorganismes, « dont le nombre compense l'extrême petitesse et dont la multiplicité est telle, qu'ils jouent, à notre insu, un des premiers rôles dans l'ensemble de la nature » [21 (p. viii)]. Il justifie cette assertion par les densités de Foraminifères calculées dans les carrières de Gentilly (3 000 000 000 m³) et par la richesse des nummulites dans le calcaire utilisé pour la construction des pyramides d'Égypte [21 (p. ix)]. Pour la première fois, il pressent leur importance en géologie pour retracer certaines caractéristiques du milieu : « nous croyons qu'il n'est pas de série animale offrant plus de facilités et d'avantages au géologue et au zoologiste : au premier, pour déterminer la température des lieux où vivaient les espèces perdues... » [21 (p. x)].



Fig. 2. Modèles de Foraminifères sculptés par Alcide d’Orbigny (laboratoire de paléontologie, MNHN).

Fig. 2. Models of Foraminifera sculpted by Alcide d’Orbigny (‘Laboratoire de paléontologie’, MNHN).

Sur le plan biologique, il signale la couleur naturelle de la masse organique (qu’il n’appelle pas encore cytoplasme) des Foraminifères vivants. Sur le plan systématique, il considère le groupe des Foraminifères comme une classe, élève ce qu’il appelait « famille » dans la classification de 1826 au rang d’« ordre ». Aux Stichostègues, Enallostègues, Hélicostègues, Agathistègues et Entomostègues, il ajoute l’ordre des Monostègues. Il gardera cette classification dans ses travaux ultérieurs, tout en créant l’ordre des Cyclostègues dans son *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques* [26]. Dans le bref récapitulatif de l’ensemble des espèces qu’il a recensées vivantes et fossiles, il annonce un chiffre de 1428.

Dans la suite de son texte, consacré à la description des Foraminifères, il compare le matériel de l’île de Cuba que lui avait donné R. de la Sagra au matériel d’Haïti, de la Jamaïque, la Martinique et la Guadeloupe, donné par F. de Condé. Il constate que l’ensemble des Foraminifères observés dans les Caraïbes se retrouve à Cuba et décrit au total 118 espèces, dont 106 étaient jusqu’alors inconnues de lui.

2.2.2. Les Foraminifères des îles Canaries

Dans cette publication [22], il recense les Foraminifères recueillis sur des plantes marines et dans un échantillon de sable donnés par P. Webb et S. Berthelot. Il y ajoute le résultat des récoltes qu’il effectua lors

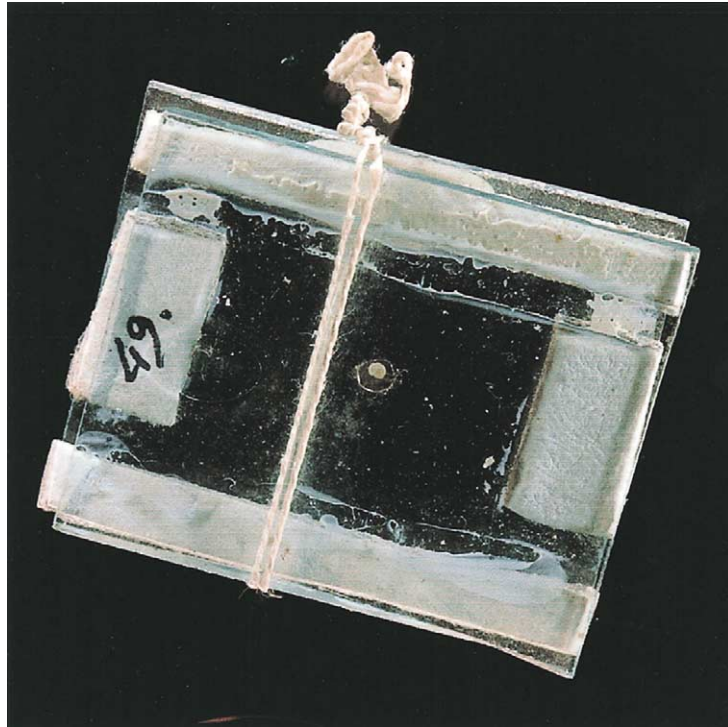


Fig. 3. Foraminifère collé entre deux lames de verre (2 cm × 2,5 cm), trouvé dans un des coffrets de modèles en plâtre (collection d'Orbigny du Muséum de la Rochelle ; photographie : laboratoire de paléontologie, MNHN).

Fig. 3. Foraminiferal specimen between two glass plates (2 cm × 2.5 cm), found in an instalment of plaster models (collection d'Orbigny, 'Muséum' of La Rochelle, France ; photograph: ('Laboratoire de paléontologie', MNHN).

d'une escale faite à Tenerife, au cours de son voyage, et précise que cette étude est donc loin d'être exhaustive. Il y détermine 43 espèces, dont 33 sont nouvelles et propres aux Canaries, tandis que sept habitent également sur les côtes de France et quatre dans les Antilles. Il constate aussi que cinq espèces se trouvent dans les terrains tertiaires d'Italie.

2.2.3. *Les Foraminifères de l'Amérique méridionale*

Au cours du voyage qu'il réalisa en Amérique méridionale entre 1826 et 1834, il récolta de nombreux échantillons de sable provenant des côtes atlantiques et pacifiques, réalisant pour la première fois un sondage par 160 m de fond [20]. Il fit descendre « un plomb dont le diamètre n'avait que quelques centimètres », dont il avait enduit la base de suif [20 (t. 5, 3^e partie, p. 9)]. Dans ce travail, il décrit 81 espèces, dont 78 nouvelles pour la science, constate que 52 se trouvent uniquement dans l'Atlantique et 30 dans le Pacifique. Il met en évidence l'influence des courants, de la température et de la profondeur sur leur distribution.

2.3. Les Foraminifères fossiles

2.3.1. *Les Foraminifères de la craie blanche du bassin de Paris*

Son premier mémoire exclusivement réservé aux Foraminifères fossiles concerne ceux de la craie du Bassin parisien et fut publié en 1840 [23].

C'est dans l'introduction de ce volume qu'il indique, pour la première fois, l'importance des Foraminifères pour classer les terrains les uns par rapport aux autres (le *Prodrome de paléontologie stratigraphique* [25] n'est pas encore paru) : « l'étude comparative des Foraminifères fossiles de toutes les couches nous a prouvé un fait important pour la géologie : c'est que chacune d'elles a ses espèces caractéristiques, qui servent toujours à la faire reconnaître, dans quelque circonstance que ce puisse être ; et ces petites coquilles, étant infiniment plus communes que celles des mollusques, l'application qu'on en peut faire est d'autant plus certaine et devient extrêmement intéressante » [23 (p. 4)].

Il décrit dans cet ouvrage 54 espèces, dont 50 nouvelles et fait des comparaisons entre la craie du

bassin de Paris, la craie blanche de l'Angleterre et les autres terrains créacés de France (Charente, Gironde, Midi de la France).

2.3.2. *Les Foraminifères fossiles du bassin tertiaire de Vienne*

En 1846, il présenta le résultat de ses recherches sur les Foraminifères du bassin tertiaire de Vienne [24]. Ils lui avaient été confiés par le baron von Hauer, et le mémoire, bilingue (allemand/français), fut publié sous les auspices de l'empereur d'Autriche. Dans l'introduction, il fait le point sur l'état des connaissances concernant la répartition des différentes espèces de Foraminifères dans l'ensemble des temps géologiques (du Paléozoïque à nos jours). Il reconnaît 228 espèces parmi les formes récoltées par von Hauer et constate que « vingt-sept espèces, ou douze pour cent environ, habitent encore aujourd'hui l'Adriatique et la Méditerranée » [24 (p. xxiii)].

Pour la première fois, les dessins de Foraminifères ne sont pas de sa main. Des « fonds nécessaires pour les frais de dessins... » ayant été octroyés, ils furent réalisés par Delarue ; d'Orbigny vante « la main habile et le grand talent d'observation de cet artiste distingué à qui la paléontologie est redevable de si bons travaux » [24 (p. ix)].

2.4. Des travaux antérieurs au Code international de nomenclature zoologique

Le travail très important d'Alcide d'Orbigny sur les Foraminifères n'est évidemment pas exempt d'erreurs et d'imperfections. Comme il a été mentionné précédemment, il a laissé à ses successeurs, malgré lui, une série de problèmes nomenclaturaux. Il convient en effet de rappeler que, du temps de d'Orbigny et des premiers réviseurs de ses espèces, le Code international de nomenclature zoologique [8] n'avait pas encore été institué. Les premières *Règles internationales* ont été publiées en 1905 [7], tandis que la première édition de l'*International Code of Zoological Nomenclature* parut en 1961 [8, 18]. De ce fait, bien des erreurs qu'on a reprochées injustement à d'Orbigny ne sont en réalité qu'un manquement à un code, auquel il ne pouvait se référer, puisqu'il n'existait pas.

On lui a aussi souvent reproché d'avoir multiplié le nombre d'espèces chez les Foraminifères, en attribuant plusieurs noms à des taxons identiques, mais de provenances différentes. Ce qui surprend de la part de l'auteur du *Prodrome de paléontologie stratigraphique*, dont un des soucis fut de rechercher les synonymes et les homonymes [25 (p. lvi)], et qui s'attela pour cette raison à un travail fastidieux de comparaison, au terme duquel il conserva 18 000 noms valides sur les 40 000

recensés chez les Invertébrés et les Foraminifères. Si, pour cela, il examina scrupuleusement les travaux des autres chercheurs, il n'en oublia pas pour autant les siens : « Nous les avons révisés [ses travaux] avec d'autant plus de sévérité, que nous ne craignons plus de mécontenter l'auteur, et que nous sommes loin de nous regarder comme infaillible » [25 (p. lvi)]. On peut se demander si la qualité insuffisante du matériel optique dont il disposait n'a pas été source d'interprétations erronées, l'amenant à multiplier les espèces chez les Foraminifères, en particulier. Il fit en effet part des difficultés d'observation au microscope : « ... illusions d'optique [...] obstacles occasionnés par la petitesse des êtres » [19 (pp. 122 et 123)].

On lui a également fait le grief de s'octroyer la paternité d'un groupe nominal, lorsqu'il changeait l'attribution générique d'une espèce déjà décrite. Mais il expliqua aussi son point de vue sur cette question de nomenclature. Il assurait que c'était une double injustice de « faire patroner une coupe générique par un auteur qui ne la connaissait pas, en ôtant au réformateur le résultat de ses travaux. [...] Suivant notre conscience, nous pensons qu'on doit laisser à chacun la responsabilité pleine et entière de ses œuvres, et qu'il convient, au contraire, de toujours mettre le nom de celui qui change le genre, d'abord par justice, puis pour la commodité des recherches, et enfin pour la régularité de la citation [...] D'ailleurs, comme nous le faisons toujours, en plaçant à la suite du nom ainsi désigné, la synonymie du premier descripteur de l'espèce, on aura rempli envers celui-ci un devoir de justice, et considérablement simplifié les recherches » [25 (p. liii)].

Son habitude d'utiliser des épithètes spécifiques identiques pour différents genres a quelquefois créé des problèmes quand, dans les révisions ultérieures, deux espèces de même épithète étaient regroupées dans un même genre.

Il faut également souligner le fait qu'Alcide d'Orbigny n'a jamais désigné de type. Il avait, en fait, une conception moderne de l'espèce, car son expérience de zoologiste lui avait montré l'importance de la variabilité morphologique d'une même espèce dans l'Actuel, et il en tenait compte dans l'étude des fossiles. Comme l'a souligné Tintant, en commentant certaines phrases de d'Orbigny au sujet de la variabilité chez les ammonites, « Ce langage résonne de façon très moderne à nos oreilles et semble anticiper sur la notion actuelle de population. [...] à l'heure où la systématique populationnelle a réduit considérablement le nombre des taxons, on ne peut qu'être frappé par le remarquable sens de l'espèce et de sa variabilité que montre le vieux Maître du Muséum... » [31 (pp. 168 et 169)]. Dans sa collection, il a préféré présenter dans une même prépa-

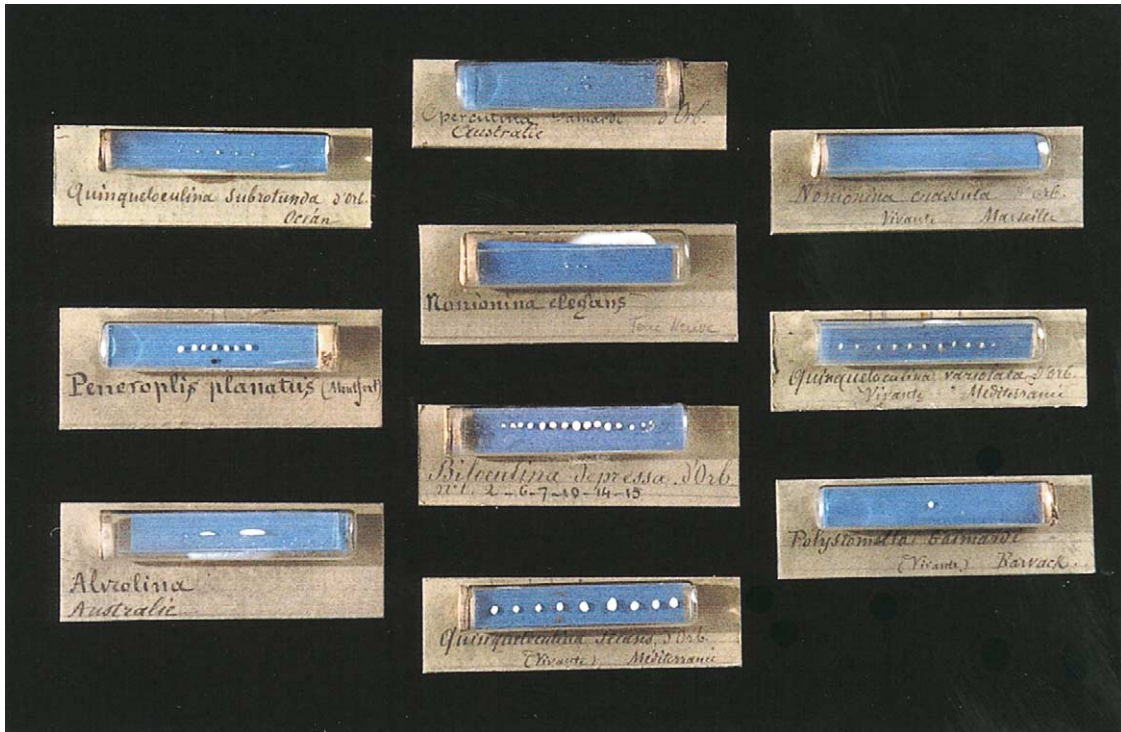


Fig. 4. Tubes de verre contenant les spécimens de Foraminifères de la collection d'Orbigny (laboratoire de paléontologie, MNHN).

Fig. 4. Bottles enclosing the specimens of the foraminiferal collection of d'Orbigny ('Laboratoire de paléontologie', MNHN).

ration et sous un même nom des individus présentant une certaine variabilité, plutôt que des individus isolés. Cette conception, plus populationnelle que typologique, a parfois engendré des problèmes dans les cas où il avait réuni des espèces considérées comme différentes aujourd'hui.

Avec l'évolution des connaissances sur les Foraminifères, la classification d'Alcide d'Orbigny est vite devenue obsolète. Mais un grand nombre d'espèces nommées par lui sont toujours valides. Parmi elles, cent deux ont été désignées comme espèce type de genres dans la classification de A.R. Loeblich et H. Tappan [15], en vigueur à l'heure actuelle.

3. La collection micropaléontologique d'Alcide d'Orbigny

Le Muséum national d'histoire naturelle se porta acquéreur de la collection de paléontologie d'Alcide d'Orbigny lorsque sa femme Marie Gaudry soeur d'Albert Gaudry qui deviendra à son tour titulaire de la chaire de paléontologie en 1872, la vendit aux enchères le 6 janvier 1858. Il faut en effet rappeler que, n'étant pas appointé par le Muséum lorsqu'il constitua cette collection au retour de son voyage en Amérique du Sud, cette collection lui était personnelle.

La partie micropaléontologique comprenait les cellules de Foraminifères, les modèles (sculptures, matrices, duplicata en plâtre), les planches et dessins inédits ainsi que 1100 flacons de sédiments, venant du monde entier, recueillis par lui-même ou par des correspondants.

Cette collection de micropaléontologie eut à souffrir d'une certaine incurie pendant de nombreuses années. Remisée dans une cave du MNHN, elle subit les outrages de la grande inondation de 1910 [6] et, si elle a échappé à la destruction totale, ont le doit à la vigilance de O. Terquem et de C. Schlumberger. L'un avait, en effet, pris soin de conditionner les spécimens de d'Orbigny dans de petits tubes de verre, et l'autre de mettre également des étiquettes nominatives à l'intérieur des tubes (Fig. 4).

Cette collection a également souffert de nombreux transferts [17] et de manipulations qui utilisaient vraisemblablement des colles inadaptées, ou encore la salive, pour humecter les pinceaux servant à déplacer les spécimens, lorsqu'on ignorait encore l'action destructrice des bactéries qu'elle contient.

Dans cette partie consacrée aux collections d'Orbigny, il faut saluer la mémoire de deux grands micropaléontologues qui se sont éteints récemment et qui ont beaucoup œuvré pour la sauvegarde et la valorisation

de ce patrimoine inestimable. Il s'agit de M. Lys (1914–1998) et de Y. Le Calvez (1910–2001).

Alors que les recherches sur les Foraminifères connaissaient un développement fulgurant sous l'impulsion de la recherche pétrolière, M. Lys, prenant conscience de la valeur patrimoniale des collections de d'Orbigny, entreprit de les remettre en valeur [16, 17]. Il réalisa un fichier, dans lequel il inventoria le millier d'espèces nommées, décrites ou figurées par d'Orbigny, afin de rendre cette collection accessible à la communauté micropaléontologique. Il constata de nombreuses pertes d'espèces types dans la collection du *Tableau méthodique*, de Cuba, des Canaries et d'Amérique méridionale, et une relativement bonne préservation des collections du bassin de Vienne (où ne manquaient que 15 espèces sur les 228 d'origine) et du bassin de Paris.

Il rechercha des topotypes dans la collection de flacons de sable, lorsque les spécimens sélectionnés par d'Orbigny étaient en trop mauvais état ou n'avaient pas été retrouvés. Les fiches qu'il composa pour chaque espèce portent la référence et la diagnose originales, une liste de synonymies (s'arrêtant en 1947, date à laquelle fut terminé le fichier) et une photographie optique des individus, lorsque leur état le permettait. Ce fichier très précieux est toujours à la disposition des spécialistes.

Y. Le Calvez entreprit, parmi les multiples recherches qu'elle effectua, de réviser les Foraminifères fossiles du Bassin parisien, dont de nombreuses espèces avaient été décrites par d'Orbigny [9]. Puis plus tard, elle fit une révision des collections des Iles des Canaries et de Cuba [11–13]. Par rapport à son prédécesseur, elle bénéficia des progrès récents de la microscopie électronique à balayage.

D'autres auteurs mirent en valeur d'autres entités de cette collection. Les espèces décrites dans le bassin de Vienne sont conservées dans deux collections jumelles. Comme les récoltes avaient été confiées par J. von Hauer à d'Orbigny, ce dernier prépara vraisemblablement deux collections identiques ; celle qu'il donna à von Hauer est actuellement déposée au musée de Vienne, celle qu'il garda est conservée au Muséum national d'histoire naturelle à Paris. La collection autrichienne a été revue par Papp et Schmid en 1985 [27]. Poignant a revu les espèces d'Aquitaine signalées dans le *Tableau méthodique* [29]. Enfin, de nombreux chercheurs ont consulté et consultent toujours ces collections et ont également fait des révisions plus ponctuelles. Actuellement, la collection de la craie du bassin de Paris est en cours de révision [4]. Il en est de même de la collection de l'Amérique méridionale. Les

espèces figurées sur 45 planches inédites viennent de faire l'objet d'un mémoire [Vénec-Peyré, soumis].

La collection de Foraminifères d'Alcide d'Orbigny conservée au MNHN a été informatisée dans le cadre de la réalisation de la Banque nationale de données informatisée des types et figurés de paléontologie (Tyfipal).

4. Conclusions

Les publications d'Alcide d'Orbigny sur les Foraminifères ne constituent pas, sur le plan quantitatif, la partie la plus importante de son œuvre. La mort l'a fauché avant qu'il n'ait eu le temps d'achever le grand ouvrage général sur les Foraminifères qu'il avait annoncé dans le *Tableau méthodique* et dans le mémoire sur Cuba. Néanmoins, son apport sur ce groupe est un des plus novateurs de son travail, puisqu'il portait à la connaissance des scientifiques l'existence d'un monde insoupçonné et créait un nouvel ordre zoologique, jetant ainsi les bases d'une nouvelle science, la micropaléontologie. C'est aussi l'un de ceux qui ont eu le plus de portée dans la science du XX^e siècle, en raison de l'importance qu'ont prise les Foraminifères dans les travaux qui nécessitent d'ausculter la Terre par sondages dans les différents secteurs du monde académique et industriel. D'Orbigny reconnaissait, en 1839, quatre périodes importantes dans l'historique des études sur les Foraminifères : dans la première, ils apparaissaient comme de simples curiosités scientifiques, la deuxième naissait avec les premières descriptions d'espèces, la troisième lorsque d'Orbigny en fit un ordre à part, et la quatrième, qu'il qualifie lui-même de « révolution » [21 (p. xxx)], quand Dujardin reconnut leur nature unicellulaire. Cent quarante-cinq ans après la mort de d'Orbigny, on peut ajouter deux étapes supplémentaires à cet historique. Une cinquième période correspond à l'essor considérable impulsé à partir des années 1920 par le développement de la recherche pétrolière, dans laquelle ces microorganismes se révélèrent des marqueurs incontournables. La sixième période débuta il y a un peu moins de 50 ans, avec la révolution de la géologie et de la géophysique marines, qui donna naissance à la paléocéanographie. Les Foraminifères furent très utilisés dans l'analyse biostratigraphique des nombreux sondages océaniques réalisés pour tester la théorie des plaques. Avec le développement des études paléoclimatiques, sous la pression des inquiétudes provoquées par l'augmentation des gaz à effet de serre, ils sont aujourd'hui très sollicités pour décrypter l'évolution du climat, non seulement par le témoignage apporté par les associations d'espèces, comme l'avait pressenti d'Orbigny, mais aussi grâce aux signaux qu'ils enregistrent

dans la composition isotopique de leur coquille [1]. Au cours de ces deux dernières étapes, l'étude des Foraminifères bénéficia des progrès de la microscopie électronique à balayage, de la spectrométrie de masse et de la géochimie.

D'Orbigny avait recensé environ 1500 espèces de Foraminifères à son époque, on en compte aujourd'hui environ 50 000 (actuels et fossiles). Il proposa la première classification, elle fut suivie par bien d'autres [14] qui, dans l'ensemble, se fondèrent toutes sur les caractéristiques morphologiques du test, en raison d'un manque de connaissances sur la biologie du groupe. Si ces microorganismes ont, en effet, été l'objet de grandes attentions de la part des paléontologues, ils ont été

délaissés des biologistes. Depuis quelques années, on commence à les étudier d'un point de vue biologique et ils sont utilisés comme indicateurs de la qualité de l'environnement dans les zones sensibles aux conditions de stress [32]. Le développement de la biologie moléculaire et ses applications à l'étude des Foraminifères constituent un nouvel enjeu et ouvrent la voie à de nouvelles recherches pour le XXI^e siècle.

Ce survol très rapide du développement des études sur les Foraminifères montre que les travaux précurseurs d'Alcide d'Orbigny ont très largement porté leurs fruits et très certainement dépassé toutes ses espérances !

Remerciements. Je remercie les rapporteurs pour leurs remarques constructives, Mme Dunant pour m'avoir autorisée à publier la Fig. 3, représentant une plaquette de la collection d'Orbigny du Muséum de la Rochelle, P. Loubry et D. Serrette pour la réalisation des documents photographiques.

Références

- [1] W.H. Berger, Cesare Emiliani, pioneer of isotope stratigraphy, C. R. Palevol 1 (2002) 479–487.
- [2] E. van den Broeck, Foraminifères de la Barbade, Bruxelles, 1876.
- [3] F. Dujardin, Recherches sur les organismes inférieurs, Annales des Sciences naturelles, Paris, Zoologie 2 (4) (1835) 343–376.
- [4] P. Frenzel, M.-T. Vénec-Peyré, The Upper Cretaceous Foraminifera from the white chalk of the Paris Basin described by Alcide d'Orbigny in 1840, Symp. int. Alcide d'Orbigny, sa vie et son œuvre, Histoire de la stratigraphie de d'Orbigny à nos jours, 1^{er}–7 juillet 2002, p. 20 (abstract).
- [5] H.J. Hansen, Description of seven type specimens of Foraminifera designated by d'Orbigny, 1826, Biologiske Meddelelser Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, København 23 (16) (1967) 1–11.
- [6] E. Heron-Allen, Presidential address, 1916–1917: Alcide d'Orbigny, his life and his work, J. R. Microsc. Soc. 47 (1917) 1–103.
- [7] International Commission on Zoological Nomenclature, Règles internationales de la nomenclature zoologique, Rudeval, Paris, 1905.
- [8] International Commission on Zoological Nomenclature, Code international de nomenclature zoologique, 1^{re} édition, International Trust for Zoological Nomenclature, London, 1961.
- [9] Y. Le Calvez, Contribution à l'étude des Foraminifères paléogènes du Bassin de Paris, Cahiers de Paléontologie, Éditions du CNRS, Paris, 1970.
- [10] Y. Le Calvez, Greatest names in micropaleontology. I. Alcide d'Orbigny, in: R.H. Hedley, C.G. Adams (Eds.), Foraminifera, vol. 1, Academic Press, London, 1974, pp. 261–264.
- [11] Y. Le Calvez, Révision des Foraminifères de la collection d'Orbigny. I. Foraminifères des îles Canaries, Cah. Micropaléontol., Paris 2 (1974) 1–108.
- [12] Y. Le Calvez, Révision des Foraminifères de la collection d'Orbigny. II. Foraminifères de l'île de Cuba, Cah. Micropaléontol., Paris 1 (1977) 1–128.
- [13] Y. Le Calvez, Révision des Foraminifères de la collection d'Orbigny. II. Foraminifères de l'île de Cuba, Cah. Micropaléontol., Paris 2 (1977) 1–131.
- [14] J.H. Lipps, Alcide d'Orbigny and American micropaleontology, C. R. Palevol 1 (2002) 461–469.
- [15] A.R. Loeblich Jr., H. Tappan, Foraminiferal Genera and their Classification, Van Nostrand Reinhold, New York, 1987.
- [16] M. Lys, J. Sigal, Présentation d'un fichier micropaléontologique (fichiers d'auteurs), Rev. IFP 7 (4) (1947) 179–199.
- [17] M. Lys, Introduction to the 'Planches inédites' of Alcide d'Orbigny, International Geological Congress 'Report of the Eighteenth Session Great Britain' 14 (1948) 3–11.
- [18] R.V. Melville, Towards stability in the names of animals, International Trust for Zoological Nomenclature, London, 1995.
- [19] A. d'Orbigny, Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes, Ann. Sci. nat., Paris 7 (1826) 96–169 & 245–314.
- [20] A. d'Orbigny, Voyage dans l'Amérique méridionale (le Brésil, la république orientale de l'Uruguay, la République argentine, la Patagonie, la république du Chili, la république de Bolivie, la république du Pérou), exécuté pendant les années 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833, Pitois-Levrault, Paris, 1835–1847 (9 tomes en 11 volumes).
- [21] A. d'Orbigny, Foraminifères, in: R. de la Sagra (Ed.), Histoire physique, politique et naturelle de l'île de Cuba, Paris, Arthus Bertrand, Paris, 1839.
- [22] A. d'Orbigny, Foraminifères, in: P. Barker-Webb, S. Berthelot (Eds.), Histoire naturelle des îles Canaries, Zoologie 2 (2) (1839) 119–146.
- [23] A. d'Orbigny, Mémoire sur les Foraminifères de la craie blanche du bassin de Paris, Mém. Soc. géol. France 4 (1) (1840) 1–52.
- [24] A. d'Orbigny, Foraminifères fossiles du bassin tertiaire de Vienne, Gide et C^{ie}, Paris, 1846.
- [25] A. d'Orbigny, Prodrome de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés, Masson, Paris, 1850–1852.
- [26] A. d'Orbigny, Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques, Masson, Paris, 1849–1852.
- [27] A. Papp, M. Schmid, Die fossilen Foraminiferen des Tertiären Beckens von Wien. Revision der Monographie von Alcide d'Orbigny (1846), Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Wien 37 (1985) 1–308.
- [28] W.K. Parker, T.R. Jones, On the Nomenclature of the Foraminifera. Part XIV. The species founded upon the Figures of Soldani's *Testaceographia ac Zoophytographia*, Ann. Mag. Hist., Ser. 3 (1871) 145–179 & 238–266.
- [29] A. Poignant, Révision des espèces de Foraminifères signalées par d'Orbigny en Aquitaine (SW France) dans le *Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes* (1826), Rev. Micropaléontol., Paris 41 (2) (1998) 107–149.
- [30] A. Soldani, *Testaceographiae ac Zoophytographiae parvae et microscopicae*, Sienna, 1789–1798.
- [31] H. Tintant, Alcide d'Orbigny (1802–1857) ou la progression des faunes, Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris 13 (1997) 163–174.
- [32] M.-T. Vénec-Peyré, Les Foraminifères et la pollution : étude de la microfaune de la Cale du Dourduff (embouchure de la rivière de Morlaix), Cah. Biol. Mar. 22 (1981) 25–33.
- [33] M.-T. Vénec-Peyré, Alcide d'Orbigny (1802–1857) : sa vie et son œuvre, C. R. Palevol 1 (2002) 313–323.