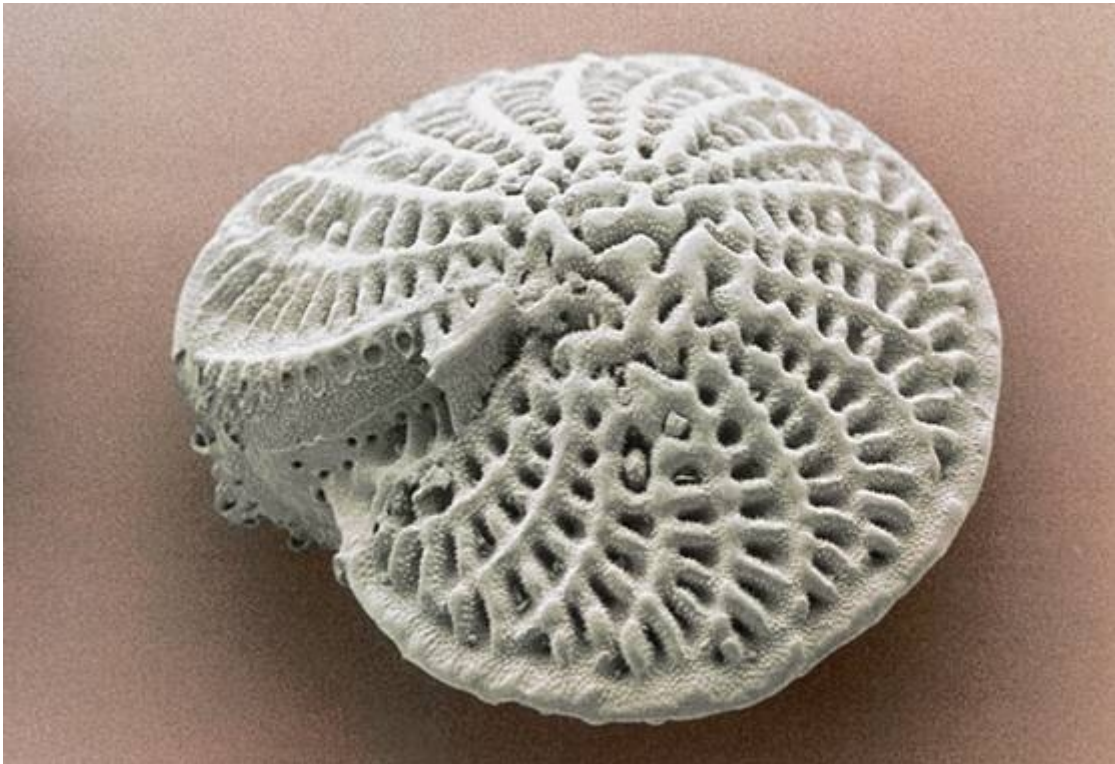


Calcaires à Nummulites de Faudon, Ancelle (Hautes-Alpes)



Test fossile de nummulite à coquille enroulée, microscopie électronique à balayage. Source : encyclopédie MSN Encarta, Andrew Syred/Science, Photo Library/Photo Researchers, Inc. Ce spécimen ne provient pas de Faudon.

Les petites coquilles des Foraminifères avaient déjà retenues l'attention d'Hérodote dès l'Antiquité. Quelques savants du XVII^e siècle publièrent les rares dessins des espèces connues à l'époque. Comme leur morphologie rappelait, en miniature, la coquille des ammonites, on les classa, mais à tort, dans le groupe des Mollusques Céphalopodes.

D'une passion naquit une nouvelle science

Alcide d'Orbigny, naturaliste voyageur (6 septembre 1802 - 30 juin 1857), prit conscience, en disséquant ces coquilles, qu'il s'agissait d'un groupe particulier se différenciant des autres Céphalopodes (au sens où l'on comprenait ce groupe à l'époque) par l'absence de siphon et la présence d'un ou plusieurs orifices situés dans la cloison séparant deux loges successives. Il appela foramens ces ouvertures chargées d'assurer la communication d'une loge à l'autre, et en déduisit le nom du groupe. C'est ainsi qu'il créa, à l'âge de vingt-trois ans, l'Ordre des Foraminifères dont il donna la première classification dans un mémoire intitulé *Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes*, publié en 1826 dans les *Annales de sciences naturelles*. Ce premier travail d'envergure d'Alcide d'Orbigny signait l'acte de naissance d'une nouvelle science : la micropaléontologie.

Les Foraminifères, des êtres formés d'une seule cellule

Les Foraminifères sont parmi les organismes les plus simples du règne animal ; leur corps, dépourvu d'organes différenciés, se réduit à une seule cellule entourée d'une enveloppe protectrice, initialement de nature glycoprotéique (protéine combinée à des sucres). Elle est appelée « test » par les spécialistes et « coquille » dans le langage courant. Elle est réduite, dans les cas les plus sommaires, à une simple membrane organique, très résistante. Certaines formes plus élaborées la renforcent en la « bétonnant » de grains de sables trouvés dans le sédiment avoisinant ; mais, le plus souvent, la cellule fabrique elle-même son propre matériau de construction en sécrétant le calcaire de sa coquille. Véritables entrepreneurs, les Foraminifères excellent ensuite dans la création architecturale par l'agencement de loges, la conception d'ouvertures et dans la décoration, si l'on en juge par la diversité et l'élégance des formes et de l'ornementation. Chez la majorité des espèces, les coquilles sont composées de plusieurs loges disposées de façon rectiligne, alternée, enroulée, spiralée ; quelques espèces sont réduites à une seule loge.

En comparant les Foraminifères des côtes du Pacifique et de l'Atlantique, d'Orbigny avait bien perçu le fait que ces micro-organismes sont très sensibles à leur environnement, et n'ont pas tous les mêmes exigences vis-à-vis des facteurs du milieu. Cette caractéristique permet au groupe d'être omniprésent dans le domaine marin, et aux espèces d'occuper une multitude de niches écologiques choisies en fonction de leurs affinités. Les 6000 espèces vivant encore aujourd'hui colonisent tous les milieux sous influence marine depuis les lagunes du bord de mer et les estuaires jusqu'aux profondeurs abyssales et cela depuis les pôles jusqu'à l'équateur. Certaines vivent dans la colonne d'eau et font partie du plancton, d'autres, dites benthiques, se développent sur les sédiments des fonds marins ou sur les plantes marines.

Source : Marie-Thérèse Vénec-Peyré, directeur de recherche au CNRS, laboratoire de Paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle, Alcide d'Orbigny et les Foraminifères, p. 77-88, publié dans l'ouvrage Alcide d'Orbigny, du Nouveau Monde ...au passé du monde, 2002, Nathan, VUEF, MNHN.

Les Foraminifères se nourrissent de bactéries, d'algues, de larves de mollusques, de petits crustacés qu'ils capturent par leur réseau de filaments ou filopodes issus de la cellule, ou encore de détritus ou de matière organique dissoute. Comme ce sont des êtres unicellulaires, ils font preuve d'une grande plasticité morphologique vis-à-vis des conditions écologiques et réagissent très vite à leurs variations. Que les vivres viennent à manquer, ils le manifestent par une réduction de la taille des loges, des individus et des populations. Que les conditions deviennent nocives, par exemple lorsque la pollution s'en mêle, et c'est l'anarchie dans l'agencement et la forme des loges. Qu'elles deviennent extrêmes et c'est la mort ; excepté peut-être pour quelques espèces opportunistes, qui ont l'art de savoir occuper le territoire en choisissant notamment, dans l'éventail dont elles disposent, le mode de reproduction le mieux adapté à ce genre de situation.

Les Foraminifères bâtisseurs de pierre

La nature leur a permis de suppléer à la modestie de leur taille en les dotant d'une très grande fécondité. À cela s'ajoutent des modalités de reproduction les plus variées (sexuées ou par clonage) et pleines de ressources, propres à leur assurer une descendance plus qu'honorable en toutes circonstances, bien qu'un seul individu ne se reproduise qu'une seule fois. Les éléments reproducteurs, ou gamètes, sont souvent émis par millions, tandis que, par clonage, un seul Foraminifère peut donner naissance, pour certaines espèces, à plusieurs milliers d'individus. Malgré une durée de vie très courte des individus (quelques jours à quelques mois), cette prodigalité époustouflante engendre une biomasse très importante et confère aux Foraminifères un rôle important dans l'écosystème.

Grâce à leur capacité à sécréter du calcaire (CaCO_3), les Foraminifères ont significativement contribué depuis leur apparition, à soustraire à l'atmosphère primitive une grande partie de son gaz carbonique pour aboutir à l'atmosphère que nous connaissons aujourd'hui.

L'accumulation de nuées incommensurables de cadavres de Foraminifères planctoniques sur les fonds océaniques donne naissance à des boues presque entièrement constituées par ces coquilles. Elles sont appelées « **boues à globigérines** » du nom de leurs constituants majoritaires. Le temps aidant, les sédiments qu'ils génèrent seront transformés en roches, comme cela s'est produit par le passé. Dans les terrains géologiques qui affleurent actuellement sur les continents, de nombreux bancs calcaires portent le nom des espèces qui les ont engendrés. Le plus prestigieux de tous est certainement le **calcaire à nummulites** utilisé dans la construction des pyramides d'Égypte. Les Foraminifères qui l'ont façonné au cours des millénaires ont connu une extension géographique considérable au Tertiaire, ce calcaire est appelé pierre à liards dans la région parisienne.

Autre singularité des Foraminifères, ce monde unicellulaire n'est pas obligatoirement microscopique. Si la majorité des espèces mesure entre plusieurs dixièmes de millimètre et un millimètre, certaines dépassent une quinzaine de centimètres ! C'est probablement le seul groupe animal qui présente une aussi grande différence de taille entre l'espèce la plus petite (quelques dizaines de microns) et l'espèce la plus grande (supérieure à 15 cm). Le secret des formes « géantes », auxquelles on attribue conventionnellement le nom de « grands Foraminifères », tient dans les relations de mutualisme qu'elles établissent avec les algues microscopiques pourvues de chlorophylle. Ce partenariat, appelé « symbiose », procure certes des avantages aux deux protagonistes, mais leur impose aussi quelques devoirs. Les Foraminifères servent d'abri à des milliers d'algues unicellulaires, et les produits de la photosynthèse, élaborés par ces dernières, agissent en quelque sorte comme un dopant sur leurs hôtes et leur permettent ainsi d'atteindre des tailles fantastiques pour des unicellulaires. On peut dire que cette symbionte photosynthétique constitue à elle seule une petite usine : les algues captent l'énergie solaire et la transforment en énergie et matière première utilisables par les Foraminifères, tandis que ces derniers apportent leur savoir-faire dans la fabrication du calcaire. Leur prouesses ne s'arrêtent pas là, et ils n'ont pas fini de nous étonner ; tenus d'assurer aux algues qu'ils hébergent la luminosité nécessaire au processus de photosynthèse, les Foraminifères ont à relever le défi suivant : construire une paroi suffisamment mince pour laisser passer la lumière, et assurer la rigidité de leur coquille. Ils réussissent, en véritables architectes, à étayer leur édifice en déployant des trésors d'ingéniosité pour élaborer des cloisons supplémentaires, des piliers, des poutrelles et des contreforts aux formes parfois très sophistiquées. Les grands Foraminifères nous apprennent qu'ils ont tout simplement inventé avant l'homme le principe de la tôle ondulée, du carton gaufré ou encore celui de la boîte à œufs !

Les Foraminifères, témoins incontournables des temps révolus

Les premiers Foraminifères connus sont entrés dans l'histoire de la vie voici 530 millions d'années environ. On a recensé 30 000 espèces de Foraminifères au cours du long cheminement qui les a conduits à l'heure actuelle. Seules 6000 espèces vivent encore de nos jours. Grâce à leur capacité à se fossiliser, les Foraminifères constituent toujours une source d'informations pour ceux qui retracent l'histoire de la Terre. Alcide d'Orbigny en avait saisi toute l'importance et compris le profit que pourrait en tirer la géologie. Les espèces qui ont eut une vie de courte durée à l'échelle des temps géologiques, mais une grande extension sur le plan géographique, ont acquis le statut de **bons marqueurs stratigraphiques** ; elles caractérisent une « tranche » de temps bien déterminée et permettent de dater, de comparer et de corréliser, même à distance, les terrains géologiques qui les contiennent. D'autres, au contraire, ont traversé de grandes périodes sans problèmes, mais sont toujours restées fidèles au même type de milieu dont elles peuvent témoigner même après leur mort (par exemple un milieu récifal, un milieu lagunaire, etc.) ; on les appelle de **bons marqueurs de milieux**. Certaines espèces peuvent nous renseigner plus précisément sur la température, la salinité, l'oxygénation des eaux dans lesquelles elles ont vécu. L'influence du milieu s'inscrit dans la composition spécifique des assemblages fossiles, mais aussi dans la morphologie des individus et dans la composition de leur coquille.




Pendant longtemps, la stratigraphie établie à partir de la distribution des espèces fossiles la biostratigraphie- est restée la seule méthode capable d'accéder à la notion de temps géologique, et les Foraminifères ont largement contribué à l'établissement des échelles de temps. Puis on s'est aperçu que les Foraminifères avaient encore d'autres cordes à leur arc. Ils enregistrent, dans le calcaire qu'ils sécrètent, les caractéristiques chimiques de l'eau de mer dans laquelle ils ont vécu, et en particulier les proportions en isotopes lourds (^{18}O) et en isotopes légers (^{16}O) de cette eau. Cette propriété permet d'obtenir des informations sur la température et la salinité des eaux. Les chercheurs l'ont également mise à profit avec succès pour établir une échelle de temps très fine dans l'ère quaternaire, les apparitions ou disparitions d'espèces étant alors trop rares pour permettre de diviser cette courte période.

Le Quaternaire a connu une succession de périodes glaciaires et interglaciaires qui ont modifié les caractéristiques chimiques de l'eau de mer et, par effet de ricochet, celles des coquilles de Foraminifères. En période glaciaire, l'augmentation du volume des glaces au pôle se traduit par un abaissement du niveau marin, et une augmentation du rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ de l'eau de mer. En période interglaciaire, on observe le phénomène inverse. Les variations de ce rapport isotopique ont permis de définir une échelle stratigraphique dans laquelle les divisions ne sont plus des étages, mais des valeurs concernant les rapports isotopiques $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ mesurés dans les coquilles de Foraminifères. Les intervalles de temps ne s'y chiffrent plus en millions d'années mais en milliers d'années. Ce géochronomètre met en évidence une trentaine de cycles climatiques dans le Quaternaire. Il permet de corréliser très efficacement les dépôts sédimentaires, témoins des climats passés, dans des régions parfois très éloignées du globe. Il a fait faire un bond considérable aux recherches paléoclimatiques engagées sous la pression des inquiétudes suscitées par l'augmentation des gaz à effet de serre et des conséquences possibles sur l'évolution du climat. Inquiétudes qui ont invité les scientifiques à remonter le fil du temps pour essayer de comprendre ce qui régit l'évolution des climats afin de mieux appréhender les perturbations créées par l'homme. C'est comme cela que, de fil en aiguille, les Foraminifères, outils incontournables dans les recherches paléoclimatiques, ont trouvé leur place dans le concert des recherches qui touchent de près aux préoccupations des hommes soucieux de la qualité des conditions de vie et leur avenir.

Source : Marie-Thérèse Vénec-Peyré, directeur de recherche au CNRS, laboratoire de Paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle, Alcide d'Orbigny et les Foraminifères, p. 77-88, publié dans l'ouvrage Alcide d'Orbigny, du Nouveau Monde ...au passé du monde, 2002, Nathan, VUEF, MNHN.

Formation des sédiments océaniques à partir de foraminifères.

Foraminifère

-  cellule
-  cellule + test
-  test

