

FORAMINIFÈRES

Cyril Langlois

Novembre 2006

1 Classification

Le groupe des Foraminifères est aujourd'hui placé dans un ensemble plus vaste, les Cercozoaires, qui regroupent plusieurs taxa unicellulaires¹ sur la base de caractères moléculaires (mais sans caractère morphologique commun évident).

La classification au sein du groupe reste artificielle, basée sur l'aspect des tests. On oppose classiquement les « petits » Foraminifères que l'on peut déterminer à partir de leur aspect externe, entier, et les « grands », dont la détermination impose l'examen d'une coupe en lame mince.

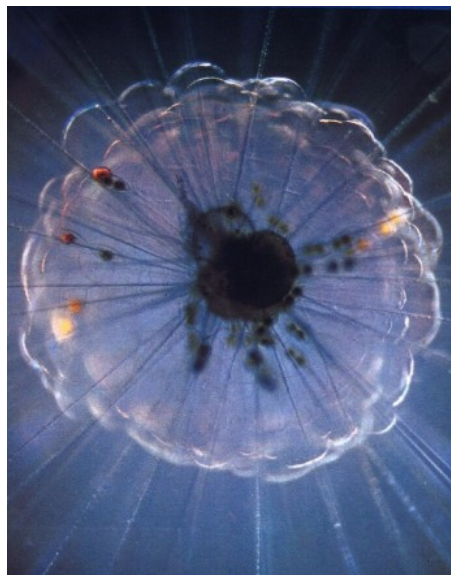


FIG. 1 – Un Foraminifère planctonique actuel. Le test est la masse sombre, au centre, d'où rayonnent des pseudopodes. L'unicellulaire est recouvert de gouttes huileuses qui régulent sa flottabilité et donc sa position verticale dans la tranche d'eau.

¹dont les Foraminifères mais aussi les Radiolaires

2 Caractères généraux

2.1 Description générale et mode de vie

Protozoaires marins, fossiles ou actuels. De 0,1 à 1mm généralement ; certaines espèces atteignent 10 à 20 cm. Le cytoplasme de ces unicellulaires emplit, et recouvre extérieurement, une coquille (*test*) constituée de loges successives reliées entre elles par des orifices (foramen). Le cytoplasme émet des pseudopodes fins et réticulés. Il peut contenir des algues symbiontes (*zooxanthelles*).

Nutrition : les Foraminifères actuels se nourrissent de Diatomées et d'autres algues unicellulaires. Ils se déplacent lentement, à l'aide de leurs pseudopodes.

Mode et milieu de vie variables selon les espèces :

- Benthiques épibiontes (posé sur le fond), ou endobiontes (enfoncés dans le sédiment) (ex : Fusulines, Nummulites)
- Planctoniques, nageurs ou passifs (ex : Globigérines, *Globorotalia*, *Globotruncana*).

2.2 Cycle de vie

Cycle haplo-diplophasique (figure 2), avec alternance d'une *génération mononucléée haploïde* (**gamogonie**) et d'une *génération diploïde, plurinucléée* (**schizogonie**).

Les formes haploïdes sont appelés **gamontes**. Ceux-ci donnent, par division du noyau, des gamètes. La fusion de deux gamètes donne un *individu diploïde*, le **schizonte**, plurinucléé, qui se reproduit par mitose. Après méiose et division du cytoplasme autour de chaque noyau (schizogonie), les schizontes donnent de nouveaux gamontes.

Souvent, gamontes et schizontes se distinguent morphologiquement par leur taille totale et surtout par celle de leur loge initiale, centrale. Dans ce cas, les gamontes sont aussi appelés formes *mégalo-sphériques* et les schizontes formes *micro-sphériques*.

Cependant, dans certaines espèces, la phase sexuée (gamogonie) est absente.

3 Critères de description

Test de nature variable :

- **Agglutiné** : accumulation de particules détritiques ; ex. Famille des *Orbitolinidae*
- **Calcaire microgranuleux** : test constitué de microgranules de calcite (< 5mm). Chez certains Foraminifères, ils sont alignés en « fibre » et l'on parle de test *pseudofibreux*. ex. Famille des *Fusulinidae*.
- **Calcaire porcelané** : test formé de petits cristaux de calcite (2 à 0,1 mm) dont les axes optiques ne sont pas parallèles : en lumière réfléchie, sous la loupe binoculaire, le test apparaît très blanc et évoque la porcelaine. Au microscope en lumière polarisée analysée, il n'y a donc pas d'extinction nette du test. (ex. *Miliolidae*, *Alveolinidae*).
- **Calcaire hyalin** : test transparents et perforés *d'aspect vitreux*.
 - Hyalin fibroradié : les microcristaux ont tous la même orientation de leurs axes optiques, et le test montre donc une extinction nette en lumière polarisée analysée. Ex : Famille des *Orbitoididae*, Sous-Ordre des *Globigerinina* (avec les Superfamilles importantes des *Globotruncanacea*, *Globorotaliacea*, et *Globigerinacea*).

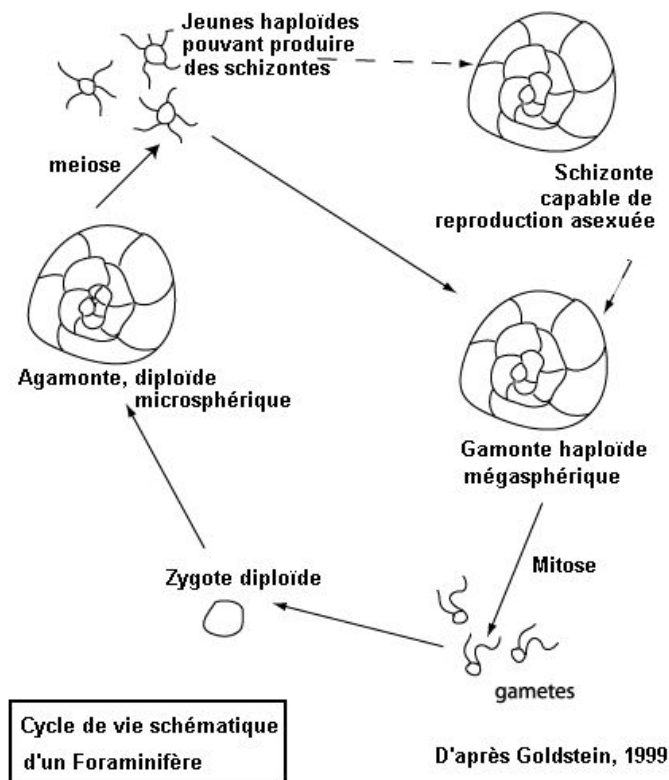


FIG. 2 – Cycle de vie schématique des Foraminifères (actuels). Image : UCL Micropal [1]

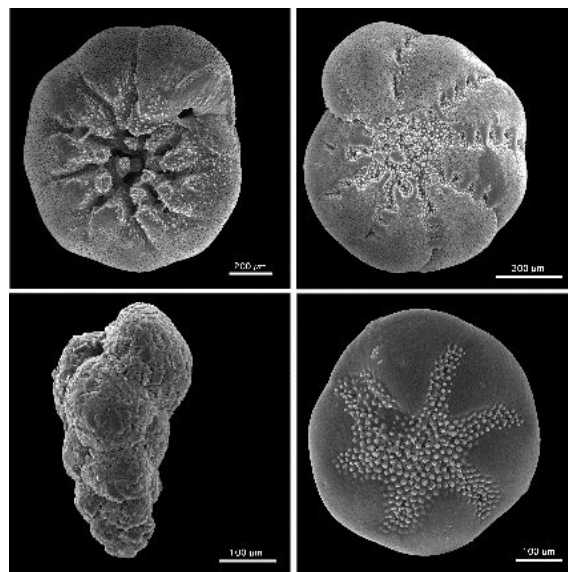


FIG. 3 – Quatre Foraminifères benthiques actuels (vue au MEB). Dans le sens horaire depuis le haut, à gauche : *Ammonia beccarii*, *Elphidium excavatum clavatum*, *Buccella frigida*, et *Eggerella advena*. La barre blanche représente 100 µm. Image : USGS

- Hyalin granulaire : juxtaposition de seulement quelques cristaux de « grande » taille, d'orientation optique variable. L'extinction en lumière polarisée analysée se fait donc par plages. ex. Famille des *Nummulitidae*.

Test de formes variables : cf. figure 4.

- Uniloculaire ;
- Multiloculaire rectiligne (unisérié ou bisérié) ;
- Multiloculaire enroulé planispiralé à la manière des Ammonites (évolute ou involute, ex. *Alveolinidae*, *Nummulitidae*) ;
- Trochospiralé, comme les Gastéropodes (ex. *Globigerinina*), multiloculaire pelotonné (les loges se disposent dans plusieurs plans (2, 3, 4...)) : ex. *Miliolidae*.

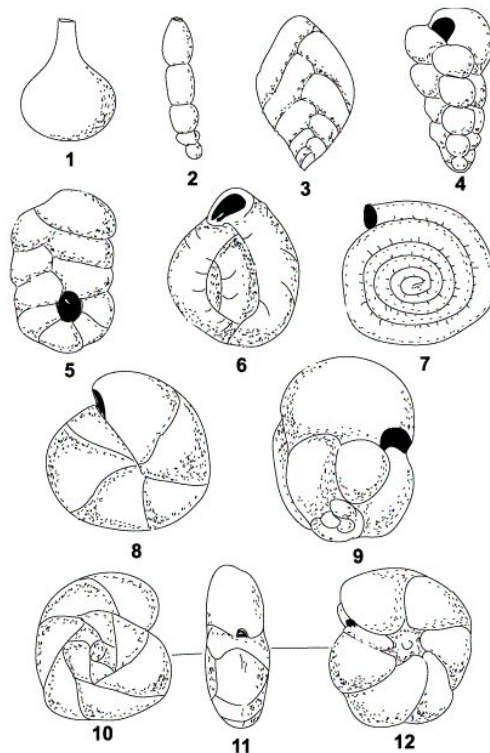


FIG. 4 – Diversité morphologique des Foraminifères. 1, uniloculaire ; 2, unisérié ; 3, bisérié ; 4, trisérié ; 5, planispiralé à bisérié ; 6, type « miliolidé » ; 7, planispiralé évolute ; 8, planispiralé involute ; 9, streptospiralé ; 10-11-12, trochospiralé (10 : vue dorsale, 11 : vue latérale, 12 : vue ventrale). Image : UCL Micropal [1]

4 Répartition temporelle

Du Cambrien à l'actuel. Les groupes à tests agglutiné et porcelané se diversifient à partir du Carbonifère ancien. Les Foraminifères hyalins n'apparaissent qu'au Permien. Certains groupes, ou certains genres précis, ont une répartition, ou une période d'apogée, qui en fait des fossiles caractéristiques d'une période donnée.

En particulier :

- *Fusulinidae* : Carbonifère-Permien, disparaissent à la limite Permo-Trias.
- *Nummulitidae* : Éocène-Oligocène.
- *Alveolinidae*, Genre *Alveolina* : Éocène.
- *Globotruncanacea* : Crétacé supérieur.
- *Globorotaliacea* (g. *Globorotalia*) et *Globigerinacea* (g. *Globigerina*, *Orbulina*) : Tertiaire, *Orbulina* depuis le Miocène seulement.

Remarque : De récentes études de phylogénie moléculaire sur l'ADN ribosomal rapprochent des Foraminifères actuels certains représentants d'un groupe « d'amibes ». Ce résultat suggère que les premiers Foraminifères auraient pu être « nus », sans test, et donc non fossilisables. Cette hypothèse réconcilierait les données fossiles et moléculaires, qui divergent sur la date d'apparition du groupe. (cf. Pawlowski et al., Naked foraminiferans revealed, *Nature* 399, 6 mai 1999)

5 Intérêts scientifiques : exemples

Grande utilité stratigraphique et biochronologique : non seulement leur diversité et leur rapidité d'évolution permettent de définir des biozones très fines, mais ils sont de plus les enregistreurs principaux des variations isotopiques de l'océan, en ^{13}C et ^{18}O . Ils sont donc aujourd'hui l'outil privilégié des paléoclimatologues et paléo-océanographes.

Comme ils existent toujours, on les étudie aussi *in vivo* pour mieux comprendre les processus de fabrication du test et de contrôle de la cristallisation, la dépendance de cette cristallisation envers les facteurs environnementaux, et donc aussi les facteurs qui peuvent contrôler ou influencer l'enregistrement par leur test des valeurs isotopiques du milieu.

Paléoenvironnements : La détermination du milieu de vie d'un groupe donné, par l'étude des fossiles et des roches qui les contiennent, ou par l'examen des formes actuelles apparentées, permet de les utiliser comme **indicateurs de faciès**.

Comme tous les microfossiles, ils permettent des études sur des populations complètes, avec par conséquent un aperçu significatif de la variabilité morphologique intraspécifique. Ils ont ainsi permis de documenter des cas d'évolution graduelle (anagenèse) par modification progressive de la forme pour toute une population, sans séparation en deux espèces distinctes.

Ce groupe a été particulièrement affecté par les grandes crises : extinction des *Fusulinidae* au Permo-Trias, remaniement majeur de la faune de Foraminifères lors de la crise Crétacé-Tertiaire. C'est, entre autre, par son étude que l'on a mis en évidence le caractère catastrophique et brutal de certaines de ces transitions majeures pour de nombreux groupes d'organismes.

Remarque : écologie actuelle. Les Foraminifères actuels et récents sont aussi étudiés en tant qu'indicateurs de variations environnementales, par exemple de changement de température de l'eau, de modification de la qualité des eaux ou de cas de pollution.

Références

- [1] *An Insight into Micropalaeontology*. <http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/index.html>. Site Internet de l'University College de Londres sur les principaux microfossiles : Foraminifères, Coccolithophoridés, Radiolaires, Diatomées, Conodontes, Ostracodes, pollens et spores.
- [2] BIGNOT G., *Introduction à la micropaléontologie*. Gordon and Breach Science Publishers, 2001