



Les foraminifères

Chapitre 3

Les Foraminifères sont des Protozoaires (Sarcodines) pourvus d'une coquille (= test) constituée de loges successives communiquant entre elles par des orifices appelés foramen au singulier, foramina au pluriel.

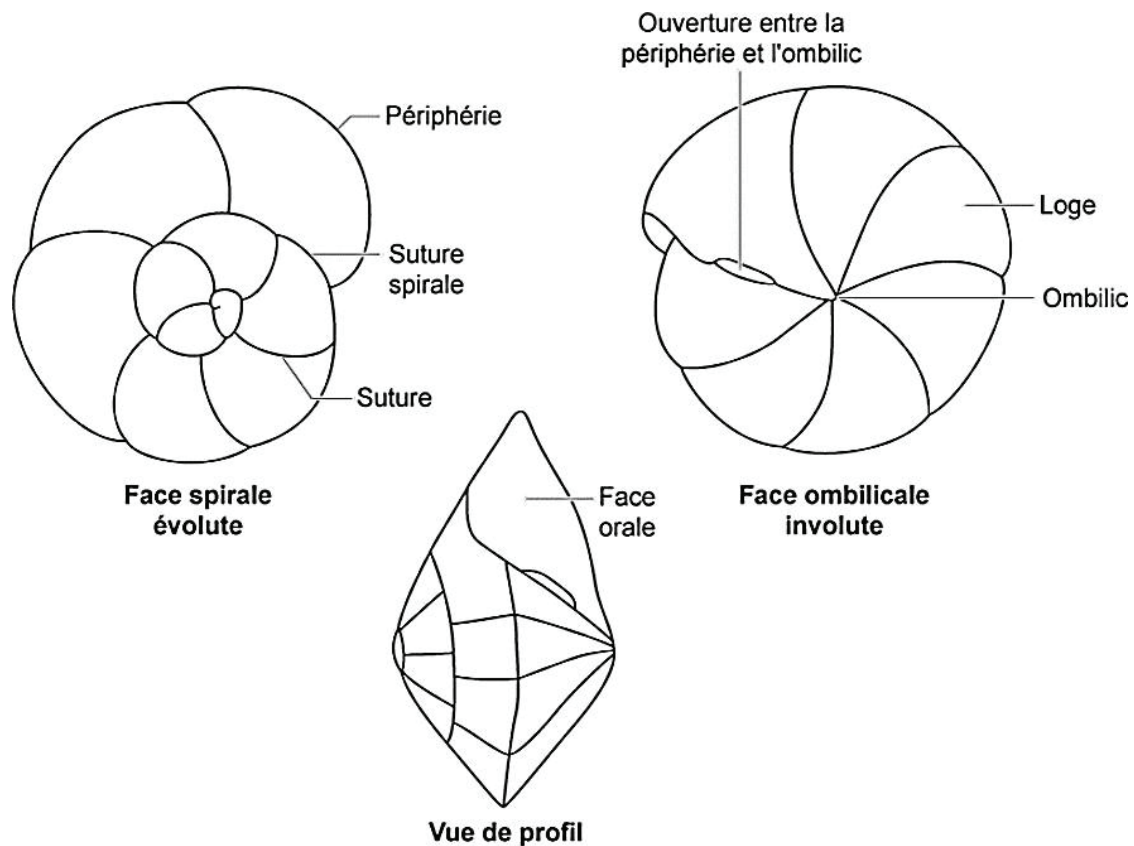


Fig.1. Différents aspects d'un test trochospiralé et nomenclature des principaux termes utilisés pour la description des Foraminifères : Suture : trace de la cloison sur la surface du test ; Ombilic : point de jonction des sutures dans un enroulement involute (10).

Les loges sont séparées les unes des autres par des cloisons. La dernière loge communique avec l'extérieur par une ou plusieurs ouvertures. Chez le vivant, le cytoplasme, qui emplit entièrement toutes les loges, sort par les ouvertures, et recouvre extérieurement le test d'où il émet des pseudopodes filamenteux fins et réticulés. Les pseudopodes jouent un rôle important dans les activités vitales : déplacement, nutrition, construction de nouvelles loges etc. Des Algues peuvent vivre en symbiose dans ce cytoplasme. Le cycle de vie des Foraminifères est complexe et comporte une alternance de générations.

La taille de ces unicellulaires géants est généralement comprise entre 0,1 mm et 1 mm. Certaines espèces peuvent atteindre 10 cm ou plus.

Écologie : Ils s'observent dans tous les milieux aquatiques marins. Certaines espèces sont adaptées à des eaux saumâtres ou à des eaux très salées. À l'exception notable de l'Ordre des Allogromiida (rarement préservé dans le fossile), ils sont absents dans les eaux douces. Il y a des espèces benthiques (les plus nombreuses) et des espèces planctoniques. Sensibles aux variations des conditions physico-chimiques environnementales, ils présentent un grand intérêt en paléoécologie et pour les reconstitutions paléogéographiques.

Répartition stratigraphique : connus depuis le Cambrien. Les espèces sont très diversifiées depuis le début du Carbonifère, aussi les Foraminifères ont-ils un grand intérêt stratigraphique.

Le test des foraminifères : La nature et l'architecture du test sont les caractères de base de leur classification, notamment de celle proposée par Loeblich & Tappan (1987).

- **Nature du test :**

- **organique, non-minéralisé :** Ordre des Allogromiida ;
- **agglutinés** (les foraminifères "agglutinants") à liant organique ou ciment calcitique (Fig. 2.a-b) : ordres des Astrorhizida, Lituolida, Trochamminida et Textulariida. On trouve quelques rares formes parmi lesquelles le genre *Rzehakina* Cushman, 1927, qui ont un ciment siliceux : Ordre des Silicoloculinida ;
- **calcitique microgranulaire** (parmi lesquels le type pseudofibreux) : Ordre des Fusulinida ;
- **calcitique porcelané** (Fig. 2.c-d) : Ordre des Miliolida ;
- **calcitique hyalin** (Fig. 2.e-t, parmi lesquels des mono- et des pluri-lamellaires) : ordres des Carterinida (à macrocristaux), Spirillinida (à comportement monocristallin), Lagenida, Buliminida, Rotaliida et Globigerinida ;
- **aragonitique** : ordres des Involutinida et Robertinida. Dans les préparations palynologiques, on peut retrouver des "basales organiques" de tests de Foraminifères.

- **architecture du test**

a - **arrangement des loges**

- **uniloculaire** : Fig. 2.f-h

- ***multiloculaire*** :
 - rectiligne :
 - unisérié : Fig. 2.e
 - bisérié : Fig. 2.a & 2.m
 - mixte : Fig. 2.b
 - ***enroulé*** :
 - planispiralé : Fig. 2.d, 2.k-l & 2.t. Les loges sont disposées dans un plan perpendiculaire à l'axe d'enroulement. Si tous les tours d'enroulement sont visibles, le test est dit évolute ; si seul le dernier tour d'enroulement est visible, le test est dit involute.
 - trochospiralé : les loges sont disposées selon une spire trochoïde. Si les différents tours sont serrés, la trochospire est basse. Le test du Foraminifère est lenticulaire et ses deux faces sont dissymétriques : une face (spirale) est évolute, l'autre face (ombilicale) est involute. Si les plans des différents tours sont éloignés les uns des autres, la trochospire est haute et le test est allongé.
 - trochospire basse (test lenticulaire) : Fig. 2.q-s
 - trochospire haute (test allongé) : Fig. 2.n-p
 - pelotonné : Figs. 2.c et 17,
 - annulaire
 - complexe

b- types d'ouvertures

- Selon nature :
 - simple : Fig. 2, tous sauf 2.c-d & 2.i-j,
 - avec une dent : Fig. 2.c,
 - radiée : Fig. 2.i-j,
 - multiple : Fig. 2.d,
- Selon forme :
 - ronde : Fig. 2.b, 2.e-h, 2.k & 2.p,
 - en fente : Fig. 2.a, 2.l-o & 2.q-s,
- Selon position :
 - terminale : Fig. 2.b & 2.e-i,
 - basale : Fig. 2.a, 2.l-o & 2.q,
 - ombilicale : Fig. 2.s.

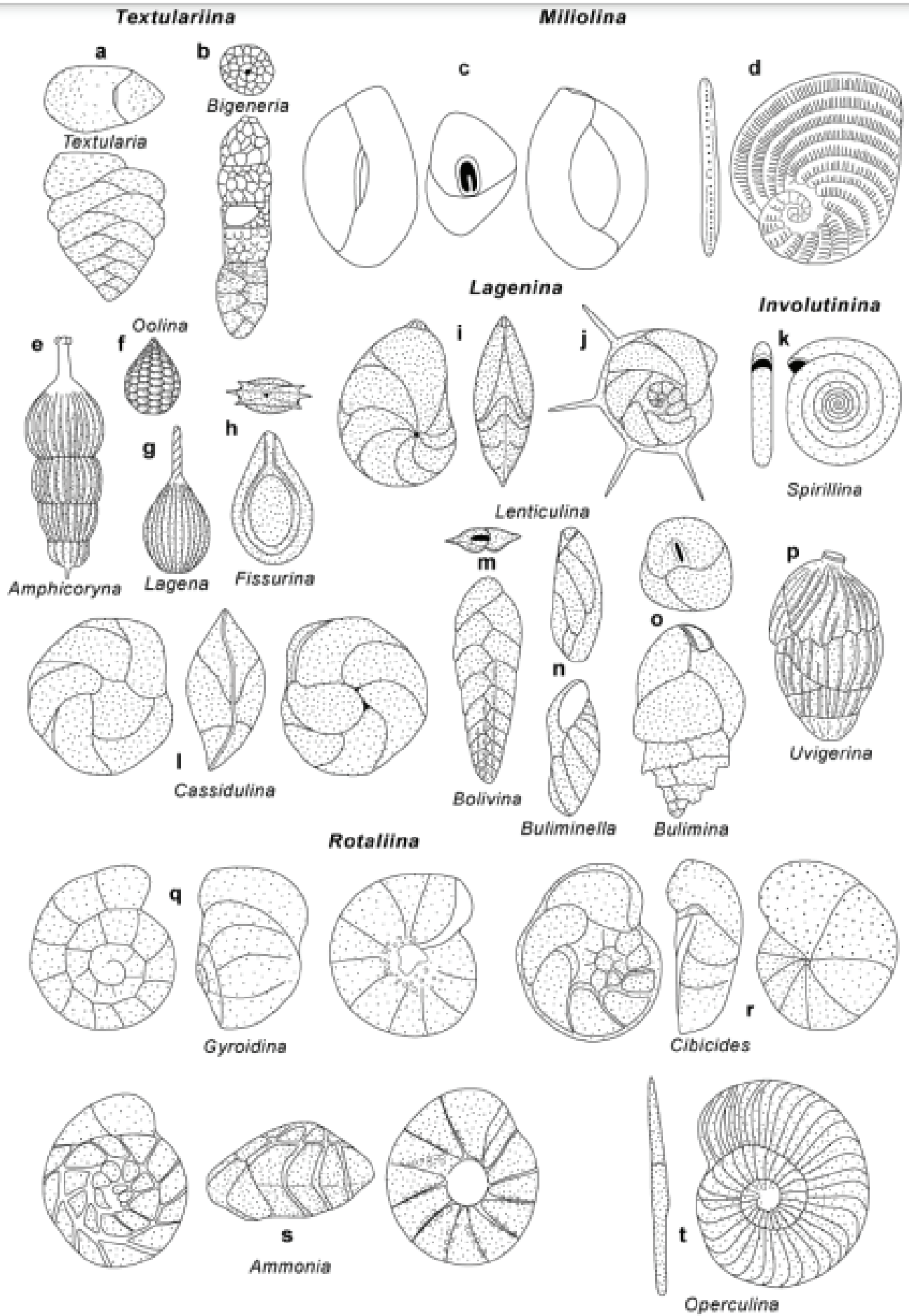


Fig. 2. Quelques foraminifères benthiques (10)

c- Les ornementsations de la surface du test

- côtes : Fig. 2.d-e, 2.g & 2.p,
- épines : Fig. 2.j,
- granules : Fig. 2.q & 2.s,
- carènes : Fig. 2.h & 2.r

Foraminifères à test agglutinés :

Les particules agglutinées, parfois très fines, sont diverses : grains de quartz, particules calcaires, etc. Ces particules sont liées par une sécrétion organique ou calcaire.

- **Ordre des TEXTULARIIDA** Petits foraminifères formés de loges bisériées (Textularia : Fig. 3.a). Certaines formes peuvent avoir un arrangement des loges différent :

- arrangement trisérié (Fig. 3.b),
- arrangement bisérié puis unisérié (Fig. 3.c).

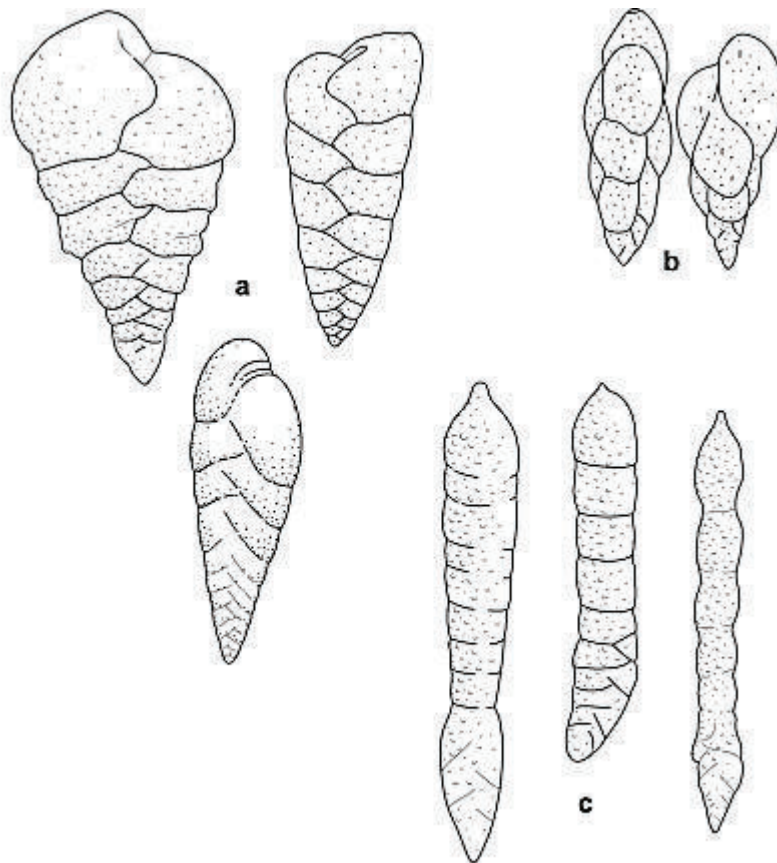


Fig. 3. a. *Textularia*, **b.** *Eggerella*, **c.**

- **Ordre des LITUOLIDA** Le test est toujours initialement enroulé planispiralé. Au stade adulte, parfois de grande taille (1 à 2 cm), il est :

- soit planispiralé, de forme globuleuse ou aplatie,
- soit déroulé,



Fig. 4. *Cyclammina* (section sub-équatoriale). Collection DELOFFRE, origine inconnue.

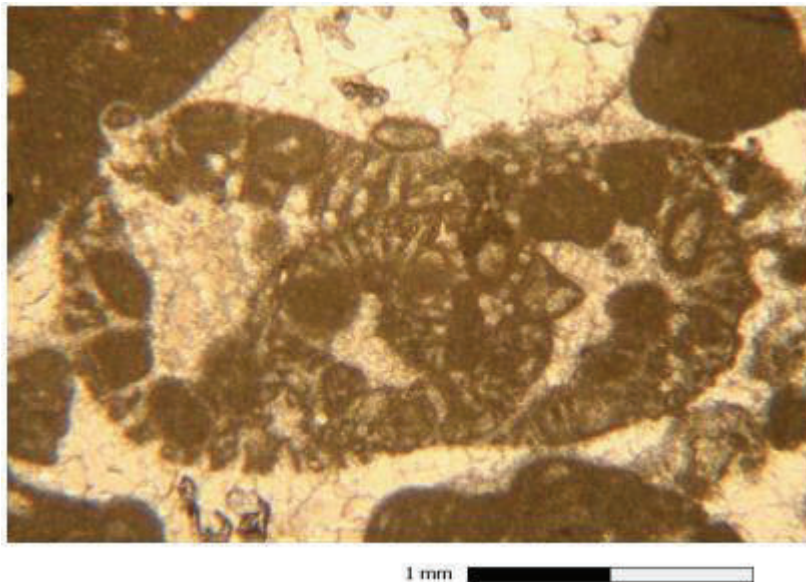


Fig. 5. *Choffatella decipiens* (SCHLUMBERGER) : section sub-équatoriale.
Collection DELOFFRE, origine inconnue.

- soit de forme annulaire. L'épaisseur de la paroi peut présenter une structure alvéolaire.

L'intérieur des loges est vide ou peut présenter des piliers.

Exemples :

- *Pseudocyclamina* : Jurassique - Crétacé (Fig. 4);
- *Anchispirocyclus* : Jurassique supérieur;
- *Choffatella* : Crétacé inférieur (Fig. 5).

- **Ordre des ORBITOLINIDA**

Genre *Orbitolina* Test conique, trochospiralé au stade jeune, devenant rectiligne unisérielé au stade adulte. Dans chaque loge se distinguent trois zones :

- une zone marginale occupée par des cloisonnettes périphériques transverses (a), axiales (b) et radiales ;
- une zone inframarginale occupée par le prolongement des cloisonnettes radiales en lames épaissies et ondulées ;
- une zone centrale où les cloisonnettes radiales se soudent.

Exemples :

- *Orbitolina* : Barrémien à Cénomaniens ;
- *Meyendorffina* : Jurassique ;
- *Lituonella* : Cénozoïque ;
- *Dictyoconus* : Cénozoïque.

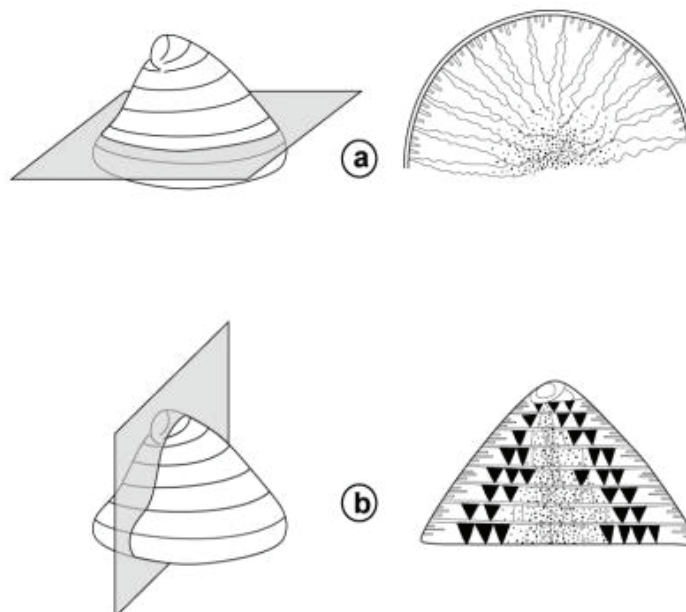


Fig. 6. Sections d'une *Orbitolina* en lame mince. a) Section transverse ;
b) section axiale. (10)

Foraminifères à test microgranulaire

- **Ordre des FUSULINIDA**

Test en fuseau, formé par l'enroulement autour d'un axe d'une lame spirale déterminant des loges plus ou moins allongées.

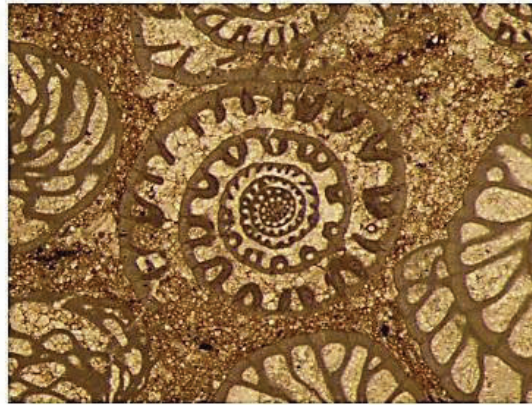


Fig. 7. Fusulinidé (10)

Répartition stratigraphique : Carbonifère (Viséen) à Permien.

Milieux de vie des Fusulinidés : Les Fusulinidés étaient marins, benthiques. Ils étaient inféodés aux domaines de plates-formes carbonatées largement ouverts sur l'océan et étaient associés à des algues et à des coraux. Paléogéographie : Les Fusulinidés, présents dans les zones tropicales à tempérées chaudes, s'étendaient pour la plupart sur les rivages de la Pangée entre 30° et 35° de part et d'autre de l'équateur paléozoïque.

Foraminifères à test porcelané

- **Ordre des MILIOLIDA**

1 - Super-famille des MILIOLACEA

Test dit pelotonné : les loges sont accolées, disposées dans plusieurs plans. Ouverture avec une dent ou criblée (Fig. 8).

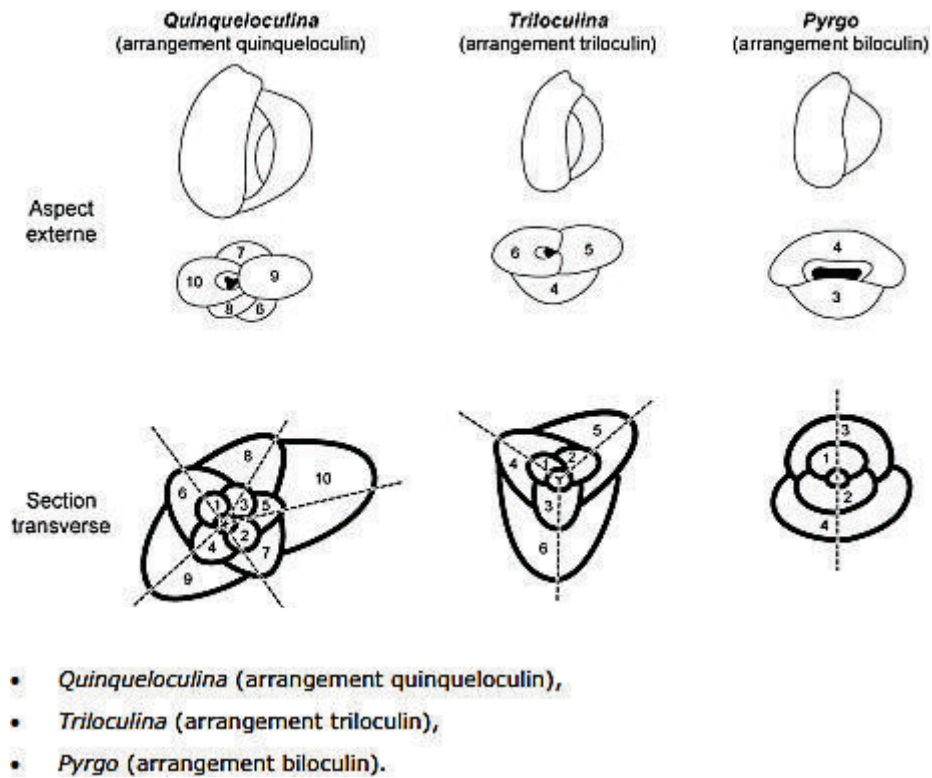


Fig. 8. Différents types de Milioles (10)

Répartition stratigraphique: Jurassique à Actuel.

2 - Super-famille des ALVEOLINACEA

Test planispiralé fusiforme formé par l'enroulement d'une lame spirale autour d'un axe déterminant des loges plus ou moins allongées.



Fig. 9. Alveolina (10)

Répartition stratigraphique

Voir le tableau ci-dessous illustrant la répartition stratigraphique des différents genres de la Famille des Alveolinidae.

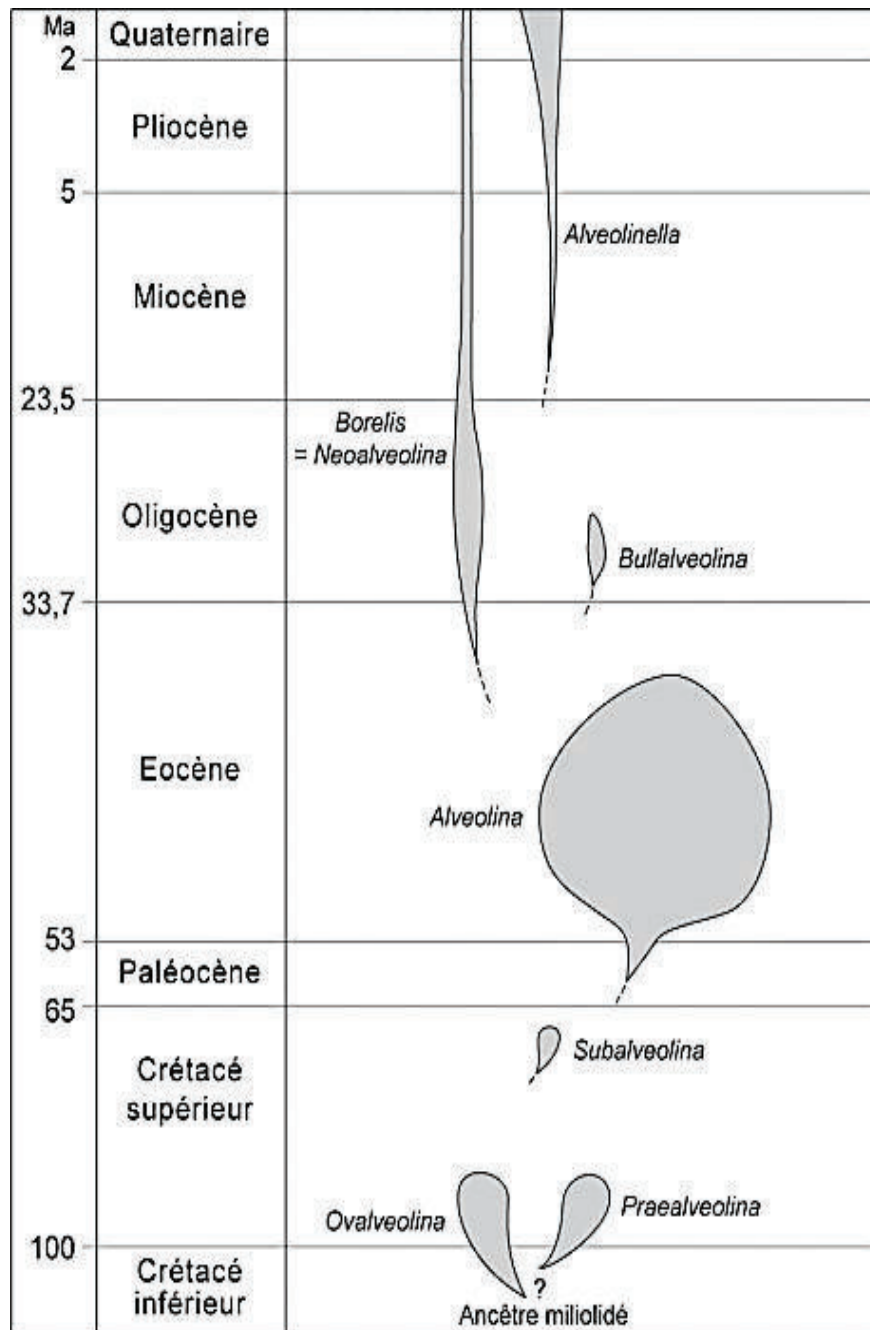


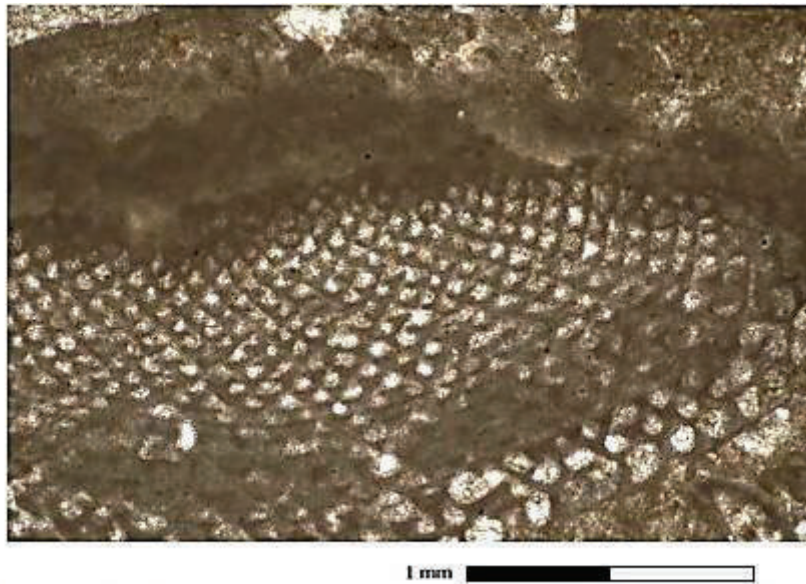
Fig. 10. Répartition des genres Des Alveolinidae

3 - Super-famille des SORITACEA

Test discoïde. Les loges sont planispiralées (Peneroplis) ou disposées en anneaux concentriques (Orbitolites) ; elles peuvent être divisées en logettes par des cloisonnettes (Archaias).



Fig. 11. a) *Peneroplis* ; b) *Archaias*.



Orbitolites

Foraminifères à test hyalin

Ces tests peuvent être mono- ou pluri- lamellaires.

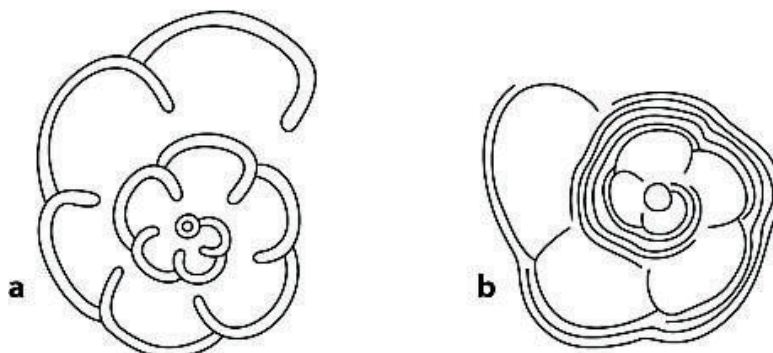


Fig. 12. a) Structure d'un test non lamellaire (= monolamellaire) et b) celle d'un test lamellaire (= plurilamellaire).

- **Ordre des LAGENIDA**

Test calcitique monolamellaire. Ouverture radiée. Arrangement des loges trèsdiversifié :

- uniloculaire : Lagenas ;
- rectiligne unisérié : Nodosaria, Frondicularia ;
- enroulé planispiralé : Lenticulina.

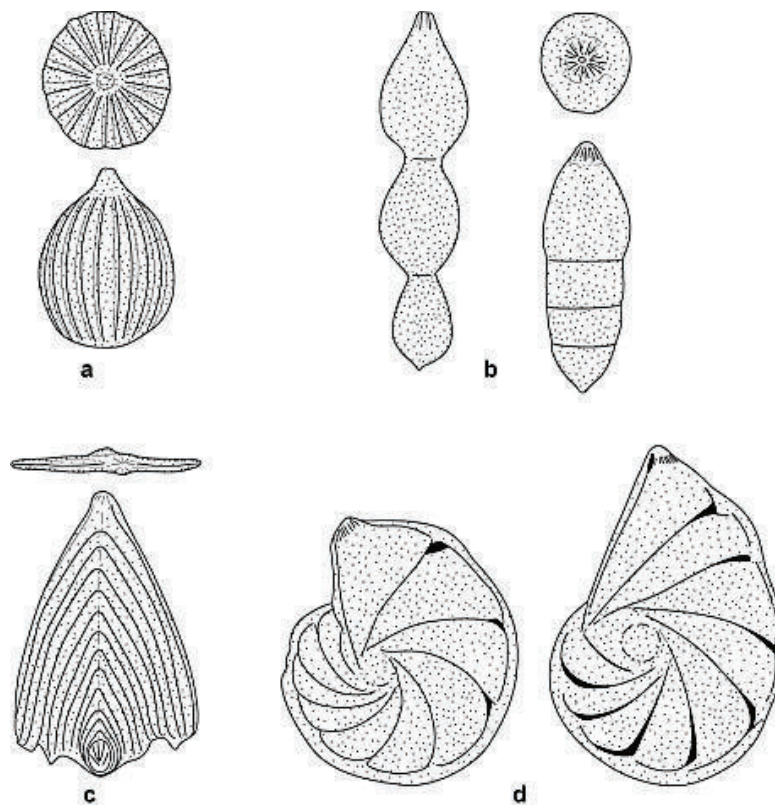


Fig. 13. a) *Lagenas* ; b) *Nodosaria* ; c) *Frondicularia* ; d) *Lenticulina*.

- **Ordre des BULIMINIDA**

1- **Super-Famille des BOLIVINIDACEA**

Test bisérié, légèrement compressé. Ouverture en fente à l'extrémité de la dernière loge.
Exemple : Bovilina.

2- **Super-Famille DES BULIMINACEA**

• **Famille des BULIMINIDAE**

Test trochospiralé à trochospire haute. Peu de loges à chaque tour (apparence trisériée).
Ouverture en forme de boucle à la base de la dernière loge. Exemple : Bulimina.

• **Famille des UVIGERINIDAE**

Test trochospiralé à trochospire haute. Peu de loges à chaque tour (apparence trisériée). Ouverture ronde portée par un petit col au sommet de la dernière loge. Surface du test souvent ornée de grosses côtes. Exemple : *Uvigerina*.

3- Ordre des Rotaliida

Test calcitique bilamellaire. Arrangement des loges très diversifié. Nombreuses subdivisions taxonomiques :

- la plupart des espèces sont petites (inférieures à 1 mm) ;
- certaines (Nummulitidés, Orbitoididés) peuvent atteindre 5 cm de diamètre.

1. Super-Famille des ROTALIACEA

Test enroulé de forme lenticulaire :

- soit trochospiralé à trochospire basse (*Rotalia* : Fig. 14.d, *Ammonia*:Fig. 14e)
- soit planispiralé involute (*Elphidium* : Fig. 14f).

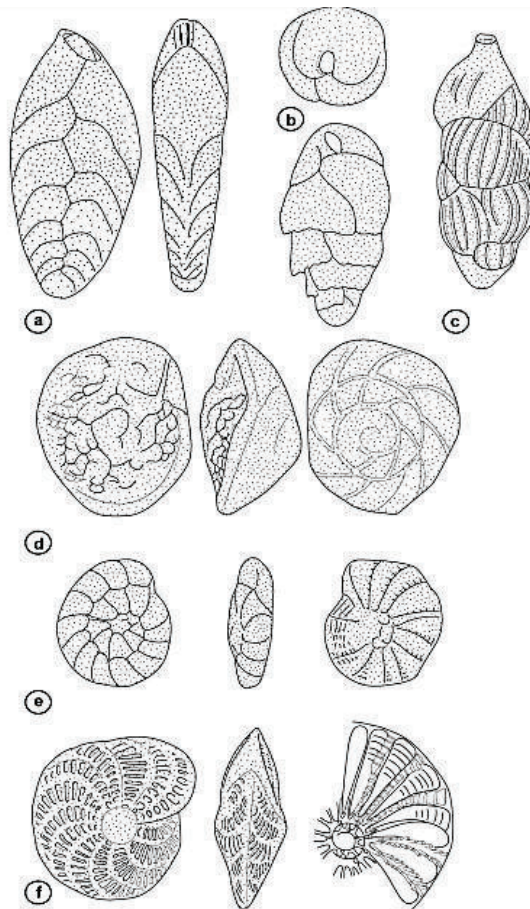


Fig. 14 : a) *Bolivina* ; b) *Bulimina* ; c) *Uvigerina* ; d) *Rotalia* ; e) *Ammonia* ; f) *Elphidium*.

2. Super-Famille des NUMMULITACEA

Test lenticulaire, planispiralé involute (Nummulites) ou évolutive (Operculina).



Fig. 15. Nummulites (10)

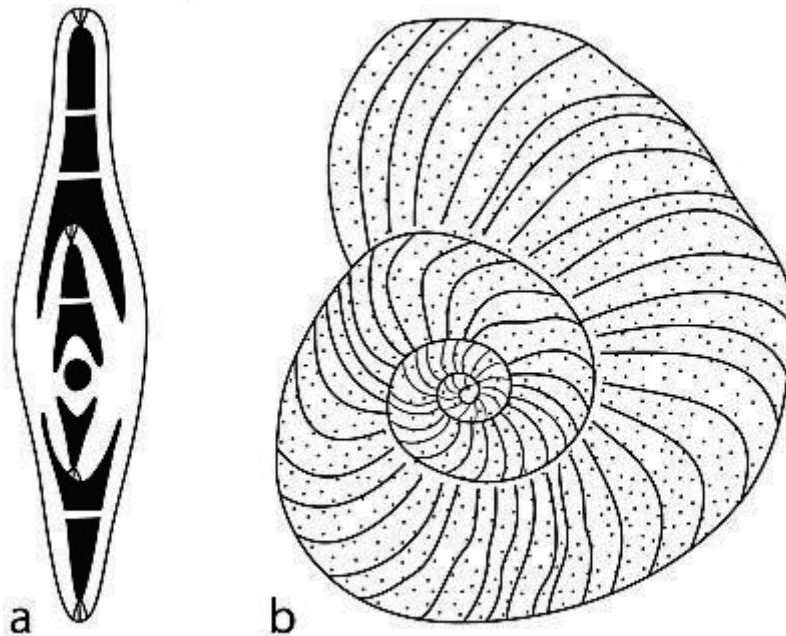


Fig. 16. *Operculina* : a) section axiale ; b) section équatoriale = section transverse médiane.

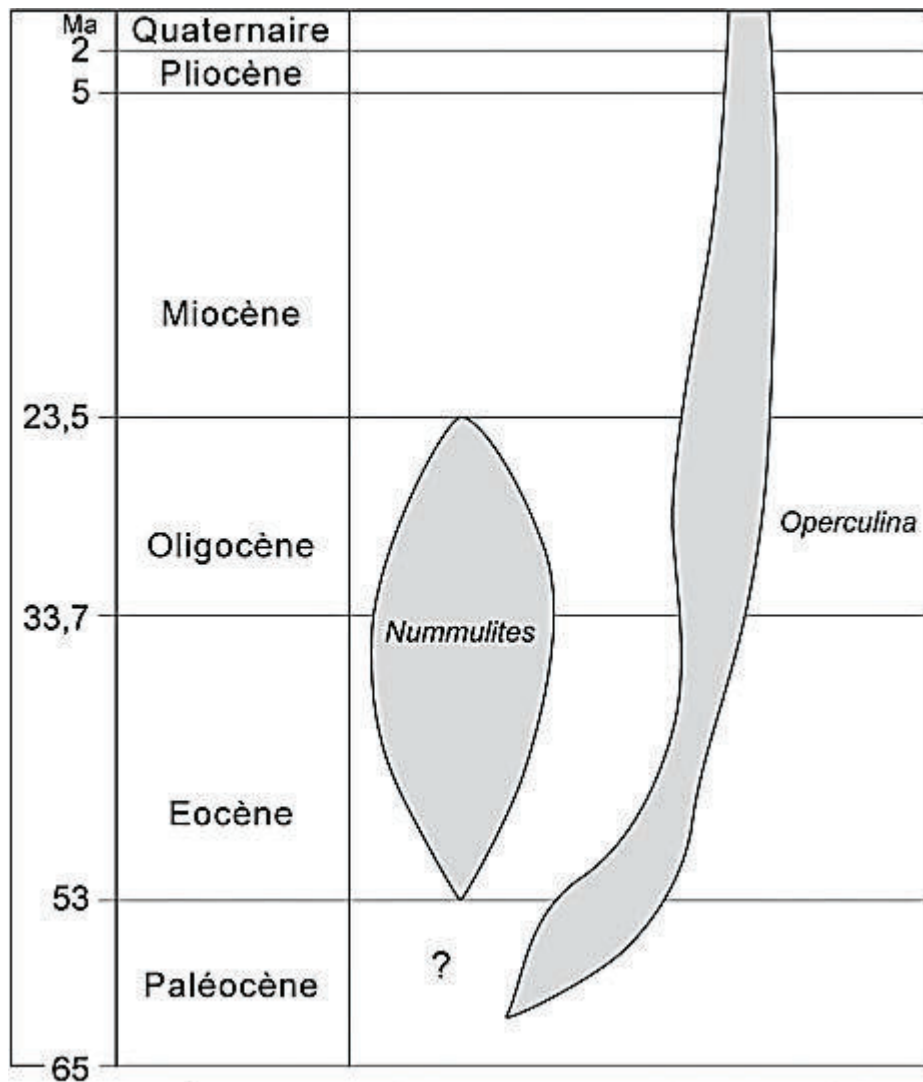


Fig. 17. Répartition stratigraphique des genres *Nummulites* et *Operculina*.

3. Super-Famille des ORBITOIDACEA

Test biconvexe à arrangement complexe : à partir d'un embryon multiloculaire se développent, dans un plan, des loges équatoriales et, de part et d'autre, des loges latérales. Les loges équatoriales présentent, en section transverse, des formes différentes au Crétacé et à l'Éocène :

- Au Crétacé supérieur, chez *Orbitoides* (, les loges équatoriales, en forme de tuiles romaines (arquées en section transverse), sont disposées en quinconce. Les communications entre les loges (stolons) sont situées en diagonale, à la base de loges. En section axiale, ces loges paraissent plus hautes que longues.



Fig. 18. *Orbitoides* (10)

- À l'Éocène, chez *Discocyclusina*, les loges équatoriales sont parallépipédiques (rectangulaires en section transverse) et disposées en anneaux concentriques. Elles communiquent entre elles par des stolons annulaires reliant les loges contiguës et des stolons radiaires mettant en communication les loges d'un anneau avec les anneaux voisins. En section axiale, elles sont très nombreuses et très petites.

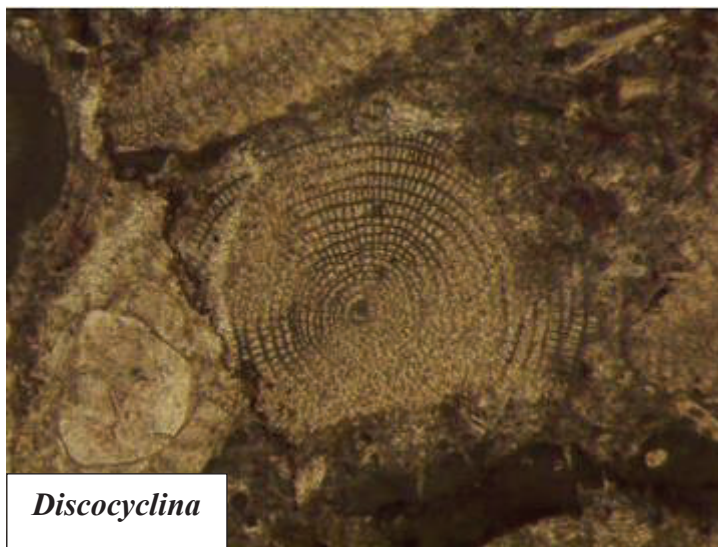


Fig. 19. *Discocyclusina* (10)

- À l'Oligo-Miocène, chez *Lepidocyclusina*, les loges équatoriales, en forme de tuiles romaines (arquées en section transverse), sont disposées en quinconce.

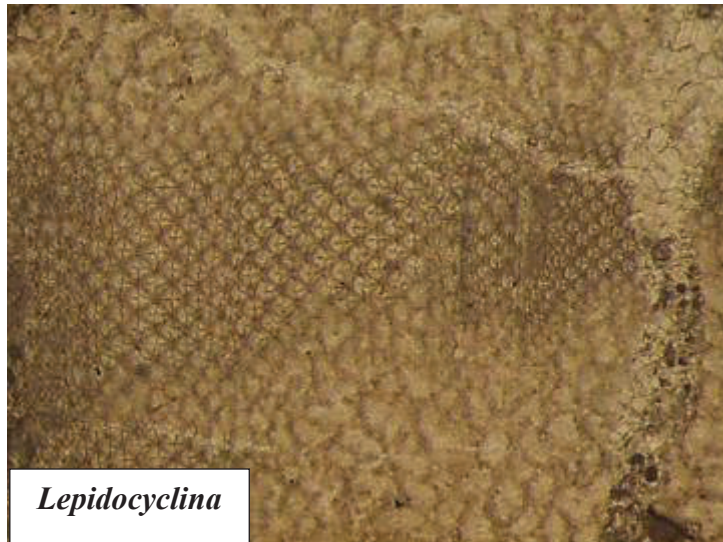


Fig. 20. *Lepidocyclina* (10)

4- **Ordre GLOBIGERINIDA** (Les Foraminifères planctoniques) sont bien adaptés à la flottaison : test mince, inclusions protoplasmiques graisseuses, capsules gazeuses, etc. Les formes actuelles à test épineux (*Globigerina*, etc.) prospèrent dans les eaux marines superficielles ; celles à test lisse (*Globorotalia*, etc.) commencent à vivre près de la surface, avant de s'enfoncer ensuite à plusieurs dizaines ou centaines de mètres de profondeur. Certaines espèces sont ubiquistes, d'autres ont une distribution localisée en fonction de la latitude. Dans la nature actuelle, les individus et les espèces sont plus abondants dans les eaux chaudes.

Répartition stratigraphique : Jurassique à Actuel.

1. **Super-Famille des GLOBOTRUNCANACEA** (Crétacé supérieur) Test trochospiralé, pouvant présenter des carènes épaisses et saillantes. Omphalocône recouvert par des lamelles plus ou moins développées.

Genre Globotruncana (Turonien - Maastrichtien) (Fig. 21.a) Loges réniformes séparées par des sutures arquées ornées d'un bourrelet. Bandeau périphérique imperforé. Deux carènes saillantes, au moins sur les loges des premiers tours d'enroulement. Ouverture principale ombilicale; omphalocône couvert par des plaques fragiles, soulevées par endroits, afin de ménager de petites ouvertures infralaminales. Genres voisins mono- ou bi- carénés (Fig. 21.b-f). NB : ne sont pas représentées les formes non carénées qui existent bien au Mésozoïque.

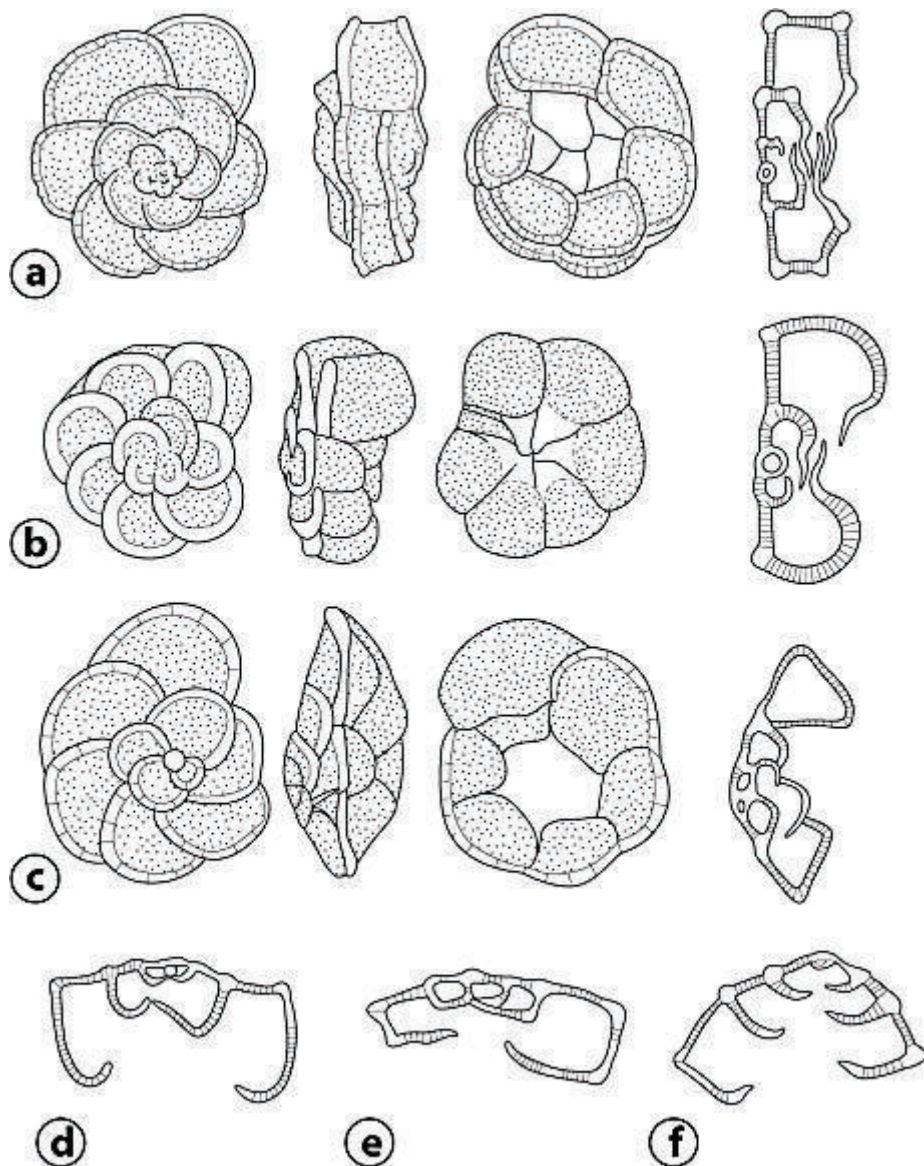


Fig. 21. a) Genre *Globotruncana* ; b-f) genres voisins.

Genre *Globorotalia* (Cénozoïque) (Fig. 21. a-b) Test présentant ou non une carène. Ouverture en fente, de l'ombilic à la périphérie.

2. Super-Famille des GLOBIGERINACEA (CÉNOZOÏQUE)

Genre *Globigerina* (Tertiaire - Actuel) (Fig. 21.c)

Test trochospiralé, loges globuleuses non carénées, pourvues d'épines chez les individus vivants, avant la phase reproductive. Ouverture ombilicale en arc, bordée par un bourrelet.

Genre *Orbulina* (Miocène - Actuel) (Fig. 21.d) Stade jeune trochospiralé, ressemblant à une

Globigérine, mais avec des ouvertures supplémentaires sur la face spirale. Dernière loge sphérique, recouvrant le stade et relié à celui-ci par des épines.

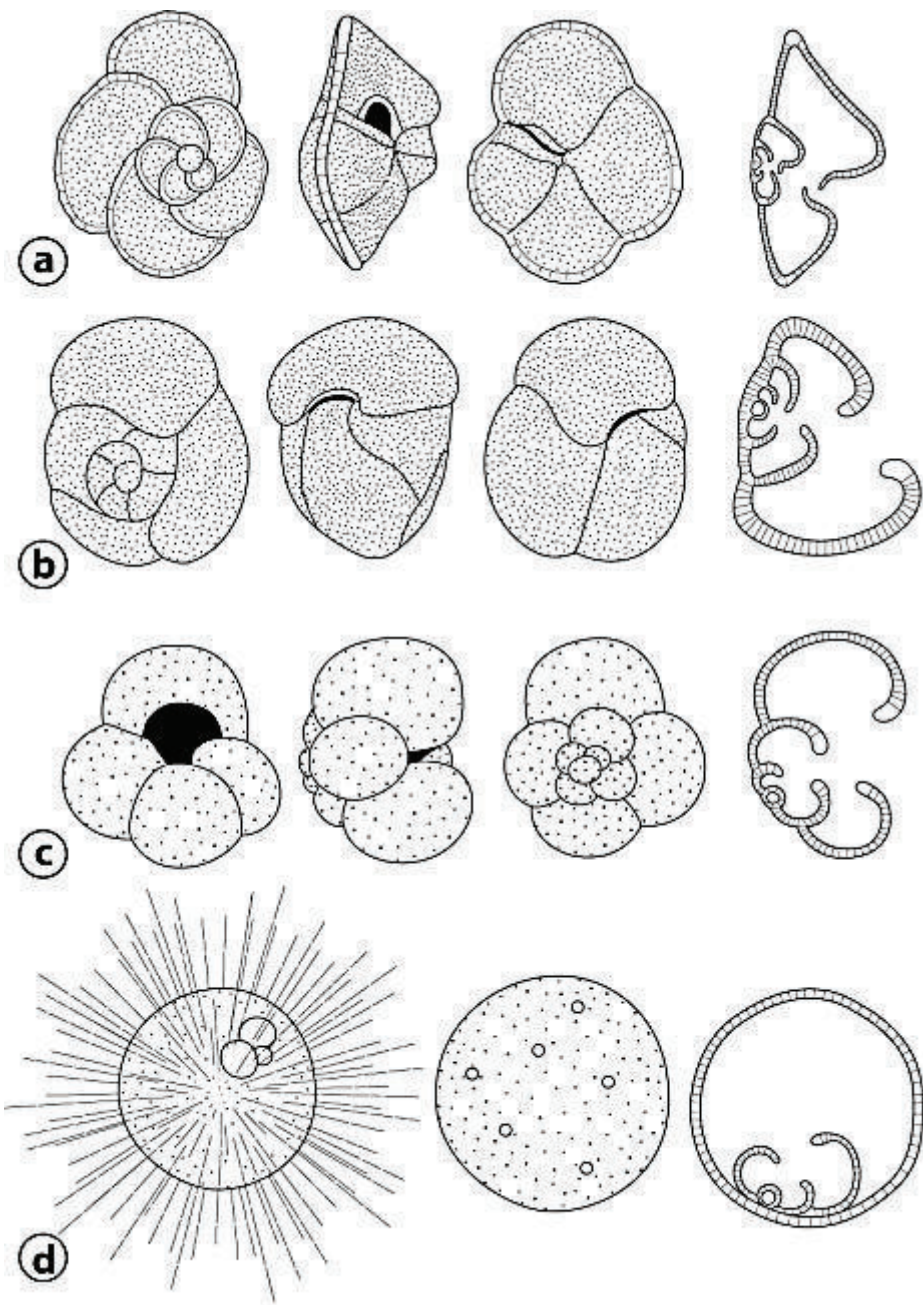


Fig. 22. a-b) Genre *Globorotalia* ; c) genre *Globigerina* ; d) genre *Orbulina*.

Foraminifères à test aragonitique

Ce groupe, relativement méconnu, correspond aux ordres des Involutinida (Permien - Actuel) et Robertinida (Trias - Actuel). L'aragonite étant rarement préservée dans les sédiments anciens, les tests originellement aragonitiques ne sont qu'exceptionnellement préservés tels quels ou recristallisés en calcite (mosaïque constituée de cristaux équidimensionnels avec préservation de la microstructure du test). Le plus souvent, le test a été dissout, laissant la place à un moule de dissolution, resté vide ou occupé par un ciment calcitique drusique (cristaux dont la taille augmente depuis les parois vers le centre de la cavité).

Genres *Involutina* et *Trocholina* (Trias - Crétacé), à tests uniloculaires respectivement plani- et trocho- spiralés, et *Epistomina* (Crétacé), à test pluriloculaire trochospiralé.

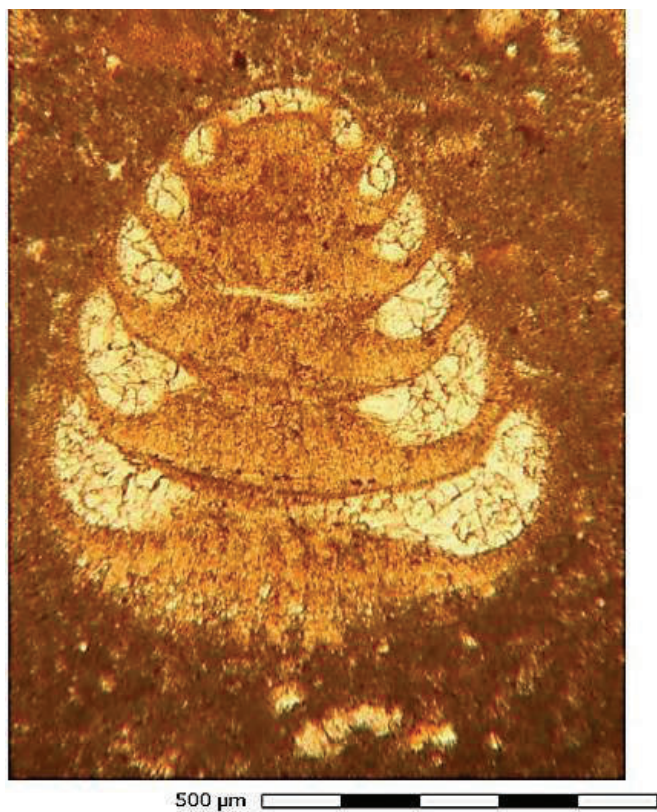


Fig. 23. *Involutina* (10)