



HAL
open science

Foraminifères estuariens de la façade atlantique française : Guide de détermination

Frans Jorissen, Marie P.A. Fouet, Eric Armynot Du Châtelet, Christine Barras, Vincent M.P. Bouchet, Maxime Daviray, Fabio Francescangeli, Emmanuelle Geslin, Damien Le Moigne, Laetitia Licari, et al.

► To cite this version:

Frans Jorissen, Marie P.A. Fouet, Eric Armynot Du Châtelet, Christine Barras, Vincent M.P. Bouchet, et al.. Foraminifères estuariens de la façade atlantique française : Guide de détermination. Zenodo, 2023, 10.5281/zenodo.14197874 . hal-04871327

HAL Id: hal-04871327

<https://univ-angers.hal.science/hal-04871327v1>

Submitted on 7 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**Foraminifères estuariens
de la façade atlantique française
Guide de détermination**

**Frans J. Jorissen, Marie Fouet et les participants du
workshop FORESTAT 2022**



**Foraminifères estuariens
de la façade atlantique française
Guide de détermination
Mars 2023**

Frans J. Jorissen¹, Marie Fouet¹, Éric Arminot du Châtelet², Christine Barras¹, Vincent Bouchet³, Maxime Daviray¹, Fabio Francescangeli⁴, Emmanuelle Geslin¹, Damien Le Moigne¹, Laetitia Licari⁵, Meryem Mojtahid¹, Maria-Pia Nardelli¹, Jean-Charles Pavard³, Aurélia Rolland⁶, Magali Schweizer¹, David Singer^{1,7}

¹ Université d'Angers, Nantes Université, Le Mans Université, UMR CNRS 6112 LPG.

² Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Université de Lille, CNRS, Université du Littoral Côte d'Opale, UMR 8187 LOG.

³ Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Univ. Lille, CNRS, Univ. Littoral Côte d'Opale, UMR 8187, LOG, Station Marine de Wimereux.

⁴ University of Fribourg, Suisse, Département Géosciences.

⁵ Aix Marseille Univ., CNRS, IRD, INRAE, CEREGE, Aix-en-Provence.

⁶ Plateau technique IMAC, SFR4207 QUASAV, Beaucouzé, France.

⁷ à présent : Université de Neuchâtel (Suisse), Laboratoire de biodiversité du sol.



Contenu

	Page
Introduction	5
Les planches – mode d’emploi	15
Les planches	
I - Les espèces à test agglutiné :	
<i>Ammobaculites balkwilli</i> Haynes, 1973	16
<i>Ammoscalaria runiana</i> (Heron-Allen & Earland, 1916)	18
<i>Ammotium morenoi</i> (Acosta, 1940)	20
<i>Eggerelloides scaber</i> (Williamson, 1858)	22
<i>Entzia macrescens</i> (Brady, 1870)	24
<i>Polysaccamina hyperhalina</i> Mediolli, Scott & Petrucci, 1983	26
<i>Reophax nana</i> Rhumbler, 1913	28
<i>Textularia earlandi</i> Parker, 1952	30
<i>Trochammina hadai</i> Uchio, 1962	32
<i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808)	34
II - Les espèces à test porcelané imperforé (les « milioles ») :	
<i>Miliammina fusca</i> (Brady, 1870)	36
<i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu, 1803)	38
<i>Quinqueloculina carinatastriata</i> (Wiesner, 1923)	40
<i>Quinqueloculina dimidiata</i> Terquem, 1876	42
<i>Quinqueloculina jugosa</i> Cushman, 1944	44
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus, 1758)	46
III - Les espèces à test hyalin perforé :	
<i>Ammonia aberdoveyensis</i> Haynes, 1973	48
<i>Ammonia confertitesta</i> Zheng, 1978	50
<i>Ammonia veneta</i> (Schultze, 1854)	52
<i>Elphidium decipiens</i> (Costa, 1856)	54
<i>Elphidium gerthi</i> Van Voorthuysen, 1957	56
<i>Elphidium incertum</i> (Williamson, 1858)	58
<i>Elphidium magellanicum</i> Heron-Allen & Earland, 1932	60
<i>Elphidium margaritaceum</i> Cushman, 1930	62
<i>Elphidium oceanense</i> (d’Orbigny, 1826)	64
<i>Elphidium selseyense</i> (Heron-Allen & Earland, 1911)	66

III - Les espèces à test hyalin perforé, suite :	
<i>Elphidium williamsoni</i> Haynes, 1973	68
<i>Haynesina depressula</i> (Walter & Jacob, 1798)	70
<i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg, 1840)	72
<i>Virgulinema fragilis</i> Grindell and Collen, 1976	74
IV - Les espèces de petite taille :	
<i>Cribrostomoides jeffreysii</i> (Williamson, 1858)	76
<i>Portatrochammina murrayi</i> – Brönnimann & Zaninetti, 1984	76
<i>Cornuspira involvens</i> (Reuss, 1950)	76
<i>Bolivina dilatata</i> Reuss, 1850	78
<i>Bolivina pseudoplicata</i> Heron-Allen & Earland, 1930	78
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny, 1839)	78
<i>Hopkinsina atlantica</i> Cushman, 1944	80
<i>Stainforthia fusiformis</i> (Williamson, 1858)	80
V – Les foraminifères à test organique (monothalamides)	82
Le genre <i>Bathysiphon</i> Sars, 1872	83
Le genre <i>Psammophaga</i> Arnold, 1982	83
Glossaire	84
Tableau des phylotypes publiés dans la base de données GenBank	88
Index des genres et espèces de foraminifères	89

Foraminifères estuariens

de la façade atlantique française

Guide de détermination

Introduction

Ce guide des foraminifères des estuaires et plus généralement des eaux de transition de la côte atlantique française est conçu pour un public de non-spécialistes, confrontés à ce groupe d'organismes bio-indicateurs dans un contexte de surveillance environnementale et d'évaluation de la qualité des eaux. Ce guide est un des livrables du projet FORESTAT (FORaminifères ESTuariens de la façade Atlantique), cofinancé par l'Office Français de la Biodiversité et l'Université d'Angers. L'objectif de ce projet était d'investiguer la possibilité de développer un indice de qualité environnementale pour les estuaires, basé sur les foraminifères.

Ce guide est une première étape de la diffusion des résultats issus de ce projet à un public francophone bien plus large que les spécialistes de foraminifères. Le guide a donc été conçu comme un document pratique, qui respecte strictement les règles scientifiques de la taxonomie, tout en restant compréhensible pour un public de non-spécialistes. Dans ce guide sont présentées les espèces majeures qui peuplent les estuaires et les eaux de transition de la façade atlantique française. Pour chaque espèce, une fiche présente tout d'abord l'origine du nom avec une ou deux publications internationales, faciles d'accès, où l'espèce en question a été décrite et illustrée. Puis, la description de la coquille (ou « test ») est précisée et systématiquement accompagnée par des images prises sous MEB (microscope électronique à balayage), permettant la mise en évidence des détails des tests. Dans la majorité des cas, des photos prises sous un stéréomicroscope ou microscope binoculaire sont également présentées, afin de montrer à quoi ressemble l'espèce en question en lumière naturelle. Les fiches fournissent ensuite des informations concernant la répartition de chaque espèce dans les estuaires. Et finalement, le lecteur est informé sur les études moléculaires qui ont pu être menées sur l'espèce en question jusqu'à présent. L'ensemble de ces informations est essentiel pour l'interprétation de données sur les foraminifères dans les diagnostics environnementaux.

Dans les paragraphes suivants, nous présentons brièvement les caractéristiques générales des foraminifères. Ensuite nous discutons le contexte écologique imposé par les contraintes environnementales naturelles qui prévalent dans les estuaires, et nous montrons comment les différents groupes de foraminifères répondent à ces contraintes, selon leurs exigences écologiques.

Les foraminifères

Les foraminifères sont des organismes unicellulaires appartenant au super-groupe des Rhizaires (Rhizaria), pour la plupart pourvus d'une coquille. On estime qu'il existe aujourd'hui au moins 5000 espèces différentes, qui dans la grande majorité sont benthiques ; environ 50 espèces sont planctoniques. Bien que les foraminifères vivent surtout en milieu marin, ils sont aussi présents dans les eaux saumâtres, et certains groupes apparaissent même dans les eaux douces.

Le groupe des foraminifères a une très longue histoire, d'au moins 500 Millions d'années. Depuis, ce groupe a montré une évolution importante, avec des dizaines de milliers d'espèces qui se sont succédées au cours des temps géologiques. Grâce à leurs coquilles souvent minéralisées, qui sont préservées dans les archives géologiques, cette évolution est très bien documentée, et par conséquent, les foraminifères sont devenus des indicateurs biostratigraphiques (pour dater les couches sédimentaires) privilégiés, qui sont toujours utilisés dans l'industrie pétrolière.

Au cours des 50 dernières années, l'intérêt sociétal des foraminifères a progressivement changé, et aujourd'hui, ces organismes sont surtout étudiés en tant qu'indicateurs des conditions du milieu, soit pour suivre les changements climatiques (cf. études paléo-environnementales) ou pour détecter des perturbations anthropiques (cf. études d'impact). Dans le dernier cas, leurs fortes abondances dans des échantillons sédimentaires de petite taille, leur diversité spécifique importante, et la grande variabilité des tolérances et exigences écologiques affichées par les différentes espèces, sont autant d'atouts qui font des foraminifères d'excellents bio-indicateurs de la qualité des environnements marins et côtiers. À cela s'ajoute la préservation des coquilles dans le sédiment, qui permet de suivre l'évolution historique des communautés de foraminifères, et d'avoir une image de la composition de la communauté dans des conditions naturelles, avant un potentiel impact anthropique (« l'état de référence »). Tout cela explique pourquoi, depuis une trentaine d'années, l'utilisation des foraminifères dans les diagnostics environnementaux ne cesse de croître.

Dans ce contexte, l'objectif du projet FORESTAT est le développement d'un indice « foraminifère » pour l'évaluation de la qualité des milieux estuariens. La motivation de ce projet est de remédier au manque récurrent de bio-indicateurs fiables dans des eaux de transition côtières où le contexte naturel, très contraignant, est à l'origine d'une faible biodiversité et d'une forte prédominance de quelques espèces tolérantes à divers types de stress environnemental. A cause des caractéristiques particulières de ces écosystèmes, la majorité des méthodes de bioindication existantes les jugent de mauvaise qualité environnementale, même en l'absence de toute perturbation anthropique ! C'est ce qu'on nomme le « paradoxe estuarien ».

La morphologie des foraminifères

Jusqu'à ce jour, la détermination des espèces de foraminifères, avec des exemplaires adultes qui ont en général une taille comprise entre 0,1 et 1 mm, se fait sous microscope binoculaire. Leur classification taxonomique est uniquement basée sur la morphologie de la coquille (le test). Ce test peut être minéralisé (en carbonate de calcium ou composé de grains sédimentaires) ou plutôt mou (constitué d'une enveloppe organique). Dans le dernier cas, le test se contracte dès qu'on sort l'organisme de l'eau, ce qui complique largement sa détermination taxonomique. Par conséquent, les foraminifères à test mou ont été peu étudiés et ce guide traite uniquement les foraminifères à test minéralisé. Les méthodes de détermination basées sur l'ADN environnemental vont en partie lever cette limitation, et les premières études suggèrent que les foraminifères à test mou sont très nombreux dans les eaux à faible salinité.

Les foraminifères à test minéralisé sont traditionnellement répartis en trois groupes morphologiques : 1) les foraminifères agglutinés, qui construisent leur test en utilisant des particules sédimentaires, assemblées par une colle organique ou une matrice carbonatée. Parmi les foraminifères à test en carbonate de calcium (calcite ou aragonite), on distingue 2) les foraminifères à test perforé et 3) les foraminifères porcelanés (miliolés) avec un test dépourvu de pores.

Les pores, qui caractérisent les foraminifères à test carbonaté perforé, sont de petits trous (avec un diamètre de quelques microns) permettant des échanges de gaz avec le milieu extérieur. Le test entier en est couvert, à l'exception, chez certaines espèces, de quelques zones bien délimitées.

Dans les trois groupes de foraminifères à test minéralisé, la coquille est composée de loges, qui sont progressivement ajoutées lors de la croissance de l'individu. Les loges sont séparées par des cloisons, appelées sutures, qui dans la majorité des cas sont visibles à l'extérieur. L'organisation des loges et l'allure des sutures sont des critères essentiels dans la classification taxonomique.

Pour quelques espèces seulement, le test consiste en une seule loge (test monothalame). Cette morphologie est commune chez les foraminifères à test mou. Dans le cas de test avec plusieurs loges, elles peuvent être organisées en spires, dans un seul plan (enroulement planispiralé) ou dans l'espace (enroulement trochospiralé, comme un gastéropode), ce qui donne un aspect arrondi aux foraminifères. Dans le cas d'un enroulement planispiralé, les deux côtés du foraminifère sont symétriques. Dans le cas d'un enroulement trochospiralé, un côté du test (le côté spiral) montre plusieurs tours de spire, tandis que l'autre côté (ombilical) montre uniquement le dernier tour de spire. Au centre du côté ombilical se situe souvent une dépression, l'ombilic.

Pour d'autres espèces, les loges peuvent être disposées en séries, c'est à dire rajoutées d'un seul côté de l'organisme, alternativement de chaque côté de l'axe de croissance,

(avec 1, 2, 3 ou plusieurs loges par série), faisant croître le test dans un seul sens, ce qui lui donne un aspect allongé.

Les miliolles ont une organisation particulière des loges. Non seulement, leurs loges sont ajoutées en séries en respectant un angle fixe (tous les 180°, 144° ou 120° degrés), mais le côté du test où se situe leur ouverture principale alterne systématiquement d'une loge à l'autre.

L'ouverture est l'orifice principal par lequel le foraminifère communique avec le monde extérieur. L'ouverture peut se situer à différents endroits sur la dernière loge. Par cette ouverture, le foraminifère assure le contact entre le protoplasme à l'intérieur (endoplasme) et à l'extérieur (ectoplasme) du test. Elle sert aussi à la nutrition ; en utilisant ses pseudopodes, l'individu transporte les particules à digérer vers l'intérieur du test, en passant par l'ouverture.

Plusieurs groupes de foraminifères disposent d'ouvertures secondaires, qui sont souvent positionnées sur les sutures entre les loges, et qui jouent également un rôle dans les échanges de l'organisme avec le milieu ambiant.

Beaucoup d'espèces de foraminifères ont une coquille ornée, par exemple avec des carènes, côtes, stries, épines ou pustules (voir le glossaire pour une explication de ces termes). Chez de nombreuses espèces à enroulement trochospiralé, l'ombilic est couvert par des pustules, et un ou plusieurs boutons ombilicaux peuvent être présents. En général, ces ornements sont jugés moins importantes pour la classification des espèces.

Aujourd'hui, les études moléculaires sur les foraminifères se développent pour préciser la classification taxonomique des foraminifères. Ces études ont révélé une plus grande diversité, notamment avec la présence de nombreuses espèces cryptique et pseudo-cryptique, c'est-à-dire différentes au niveau génétique mais avec une morphologie totalement (cryptique) ou quasiment (pseudo-cryptique) identique. Il est impossible de discriminer les espèces cryptiques avec des méthodes de détermination traditionnelles. Par contre, il est souvent possible de distinguer des espèces pseudo-cryptiques en utilisant une approche morphométrique, en incluant par exemple la mesure du diamètre des pores du test ou la détermination de l'élévation des sutures.

Particularités des estuaires et autres zones de transition

En milieu marin ouvert, de nombreux facteurs influencent les communautés de foraminifères benthiques, tels que les apports de nourriture, la concentration en oxygène de l'eau, la nature du substrat, la température et la salinité, et aussi des facteurs biologiques, tels que la prédation, la compétition et les relations symbiotiques.

En milieu estuarien, ainsi que dans d'autres milieux de transition, la salinité est le paramètre abiotique principal de forçage de l'environnement, présentant un fort gradient amont-aval et une grande variabilité temporelle due aux marées et aux crues. Ces caractéristiques expliquent que la salinité soit largement considérée comme le principal facteur contrôlant la répartition des organismes dans l'estuaire.

Dans la zone intertidale, comme par exemple sur les vasières de rivage estuarien, la forte variabilité temporelle de la salinité est accompagnée par des changements rapides de température, d'hydrodynamisme (courants, vagues) et aussi de prédation. Ces conditions particulièrement stressantes font des vasières intertidales des zones difficilement habitables, et par conséquent elles sont considérées par la majorité des bio-indicateurs de qualité environnementale comme des environnements de mauvaise qualité, même dans des conditions naturelles prêtes.

Très peu d'organismes sont inféodés à un milieu ambiant saumâtre et/ou tolèrent une large gamme de salinité. Donc très peu d'espèces peuvent être considérées comme strictement estuariennes (Fig. 1).

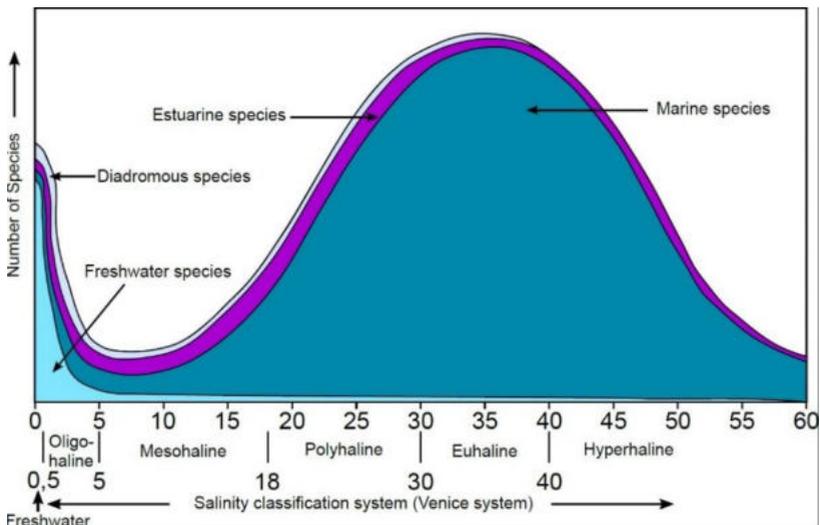


Fig. 1. Répartition des espèces biologiques le long d'un gradient de salinité estuarien (d'après Whitfield et al., 2012, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 97, p. 78–90).

La grande majorité des espèces rencontrées dans les estuaires sont des espèces marines côtières avec une certaine tolérance pour une salinité inférieure à la salinité marine, bien que cette tolérance ne soit pas la même pour les différentes espèces. Certaines de ces espèces sont capables de s'adapter aux salinités plus basses des zones euhaline et polyhaline (Fig. 1). Dans la zone oligohaline, on rencontre surtout des espèces d'eau douce qui ne tolèrent pas ou très peu les salinités trouvées dans la zone mésohaline (Fig. 1). Finalement, on peut retrouver, dans les estuaires, des espèces diadromes ou migratrices, qui passent une partie de leur vie dans de l'eau marine salée et une autre partie dans de l'eau douce du fleuve.

D'autres facteurs environnementaux peuvent également influencer les communautés estuariennes, tels que la température, l'énergie du milieu (courants, vagues), la nature du substrat, les apports en matière organique et différents types de polluants. Néanmoins, l'empreinte de la salinité est souvent très forte, au point d'obscurcir l'impact des autres facteurs, tels que la pollution anthropique. Le défi d'aujourd'hui est de développer des indicateurs capables de montrer l'impact de ces facteurs secondaires, malgré la très forte prévalence de la salinité.

Répartition des foraminifères dans les estuaires

Les foraminifères vivent partout le long du gradient de salinité, des eaux douces fluviales (ou pluviales) jusqu'aux eaux hypersalines trouvées dans les marais salants. En revanche, le gradient de salinité va fortement influencer sur la composition de la communauté de foraminifères le long de l'estuaire. En effet, les espèces observées en amont vont être différentes de celles en aval.

Parmi les espèces de foraminifères observées dans les eaux estuariennes euhalines (salinité similaire à celle de l'eau de mer), on trouve surtout des espèces marines côtières, avec une tolérance limitée pour la sous-salure. Contrairement à d'autres groupes d'organismes, la majorité des espèces de foraminifères qui habitent les zones poly- et mésosaline semblent être strictement estuariennes. Dans les eaux mésosalines, on trouve aussi quelques espèces à test agglutiné, qui sont particulièrement bien adaptées aux conditions de salinité très variable qu'on trouve dans les marais maritimes. Finalement, le groupe de foraminifères à test mou semble le seul à bien tolérer les conditions oligohalines.

Dans une tentative de décrire au mieux la composition de la communauté de foraminifères que l'on peut trouver à un point précis dans un estuaire, nous avons réparti les différentes espèces en quatre groupes écologiques, qui se succèdent le long du gradient estuarien (Fig. 2).

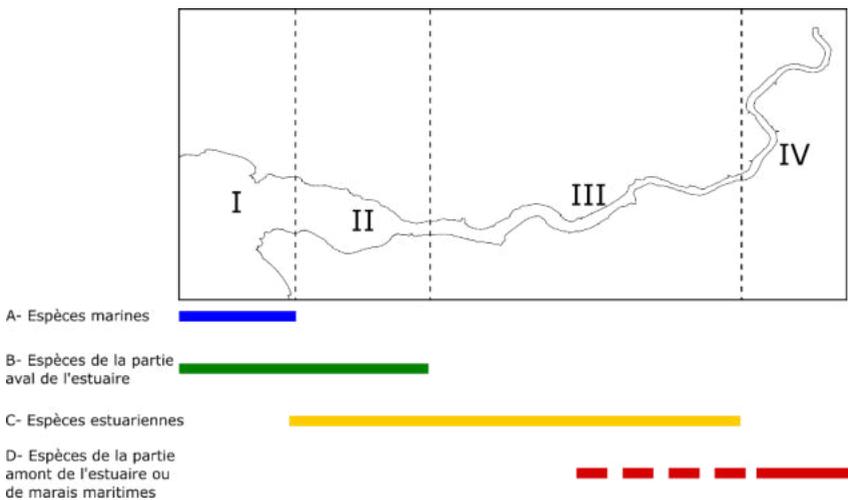


Fig. 2. Répartition de différents groupes de foraminifères le long du gradient de salinité estuarien.

Le premier **groupe (A)** est constitué d'un grand nombre d'espèces strictement marines, qui montrent une intolérance vis-à-vis de la sous-salure, et que l'on ne trouve donc que dans l'estuaire marin (biozone I) et pas à l'intérieur de l'estuaire. Néanmoins, ces espèces typiques des conditions euhalines qui caractérisent le milieu marin ouvert, peuvent occasionnellement être transportées dans la zone de l'estuaire aval (biozone II en figure 2) par des courants de marée ou de tempête.

Un deuxième **groupe (B)** contient des espèces également marines, mais qui ont une tolérance limitée pour la sous-salure. Par conséquent, on les trouve aussi dans la partie aval des estuaires (biozone II). Ce groupe contient plusieurs espèces d'*Elphidium* (*E. decipiens*, *E. gerthi*, *E. magellanicum*, *E. margaritaceum* et *E. selseyense*), ainsi que *Haynesina depressula*.

Le troisième **groupe (C)** contient des espèces strictement estuariennes, qui ont une forte tolérance pour des conditions mésohalines à polyhalines. On les trouve dans les zones aval et médiane de l'estuaire (biozones II et III), mais elles ne résistent pas aux conditions oligohalines trouvées dans la zone interne de l'estuaire (biozone IV). Il s'agit d'abord de *Haynesina germanica*, qui est souvent fortement dominante dans les communautés de foraminifères des estuaires médians. Et ensuite d'un cortège d'autres espèces estuariennes : les différentes espèces d'*Ammonia* (*A. aberdoveyensis*, *A. confertitesta* et *A. veneta*), *Quinqueloculina dimidiata*, *Quinqueloculina jugosa*, *Elphidium oceanense*, *Elphidium williamsoni* et *Eggerelloides scaber*.

Finalement, le **groupe D** contient des espèces tolérantes aux salinités extrêmes (faible ou forte) ainsi qu'aux changements temporels rapides de salinité. Il s'agit d'espèces que l'on trouve également dans les marais maritimes végétalisés : *Entzia macrescens*, *Ammobaculites balkwilli*, *Ammotium morenoi*, *Milliammina fusca* et d'autres espèces à test agglutiné. On trouve ces espèces surtout dans l'estuaire interne (biozone IV), mais dans des cas de fort étiage, et l'apparition de conditions de sursalure sur la partie émergée des vasières, leur territoire peut s'étendre plus en aval (biozone III).

Dans les fiches de ce guide, présentant des espèces rencontrées dans les estuaires, nous avons pour chaque espèce indiqué dans quelle partie de l'estuaire se trouve chaque espèce, et où sa contribution aux communautés de foraminifères est maximale.

Dans un estuaire où les conditions naturelles dominant, sans impact anthropique majeur, la répartition des espèces le long du gradient de salinité estuarien devrait respecter les indications données dans ce guide. Dans le cas d'une pollution sévère, avec un impact environnemental important, on peut s'attendre à des anomalies de répartition, c'est-à-dire, que la succession décrite ci-dessus ne serait pas respectée. Un tel impact peut mener à une baisse de diversité, ou à l'absence de certaines espèces que l'on attendrait sur le site étudié au vu de leur position sur le gradient estuarien. Inversement, dans le cas d'une eutrophisation, menant à une surabondance de

nourriture, certaines espèces très opportunistes pourraient apparaître à des endroits où on ne les attend pas.

Remerciements

Ce guide n'aurait pas pu exister sans l'aide de beaucoup de personnes. Nous remercions particulièrement Elodie Griset pour la mise en forme de la couverture, Luzia Bossé et Sophie Sanchez pour l'aide à l'organisation du workshop FORESTAT 2022 et Sophie Quinchart pour sa contribution aux analyses moléculaires des foraminifères. Katalin Baldi (KBMCS) est remerciée pour sa contribution au travail analytique.

Le projet FORESTAT a été financé par l'Office Français de la Biodiversité et l'Université d'Angers. La contribution de V. Bouchet et J.-C. Pavard (LOG) a été possible grâce au soutien financier des Agences de l'Eau Artois-Picardie et Seine-Normandie pour le projet Foram-INDIC. La contribution de E. Armynot du Châtelet (LOG) a été possible grâce au soutien financier du projet Européen SURICATES.

Les planches – Mode d’emploi

Dans les 34 planches suivantes, les 40 espèces de foraminifères les plus communes dans les estuaires et autres eaux de transition de la façade atlantique française sont présentées. Les espèces sont présentées dans l’ordre traditionnel, d’abord les espèces à test agglutiné, ensuite les espèces à test porcelané imperforé et après les espèces à test hyalin perforé. La dernière planche présente quelques taxons à test mou.

Nous avons décidé de se focaliser dans ce guide sur les espèces à test minéralisé, trouvées dans la fraction >125µm. D’abord, parce que l’analyse de cette fraction est souvent suffisante pour obtenir un diagnostic environnemental et ensuite parce que la détermination des foraminifères dans la fraction inférieure à 125 µm s’avère difficile pour les non spécialistes. Nous avons néanmoins ajouté trois planches (n° 31-33, pages 76-81) avec les plus importantes espèces de petite taille. Des exemplaires adultes de ces espèces peuvent apparaître en quantité limitée dans la fraction >125 µm.

Les descriptions sont systématiquement accompagnées par deux types d’images, afin de faciliter la comparaison avec les individus à déterminer :

1) des images acquises avec un **microscope électronique à balayage (MEB)** : des images en noir et blanc (**nuances de gris**)

2) des images acquises avec un **stéréomicroscope ou microscope binoculaire** : images **en couleurs**. Les foraminifères présentant des teintes rosées ont été colorés au rose Bengale, pour ceux avec des teintes jaune et gris, ce n’est pas le cas.

Toutes les images montrant le même individu portent le même numéro, tandis que les différentes vues d’un même individu sont indiquées avec des lettres (Fig. 1a, 1b, etc.). Les barres d’échelle mesurent toujours 100 µm (0.1 mm) sauf sur la planche 33, où les barres d’échelle représente 50 µm et sur la planche 34, où la barre d’échelle représentent 200 µm.

Dans la diagnose, les différences avec les espèces morphologiquement les plus proches sont données.

Ensuite, un court chapitre décrit la distribution de l’espèce en question dans les estuaires et autres zones de transition. Les indications des biozones I à IV font référence au schéma présenté dans l’introduction. Le cas échéant, le caractère exotique et/ou invasif de certaines espèces est mentionné.

Finalement, quelques renseignements sont donnés concernant les études moléculaires qui ont pu reconnaître les espèces traitées, afin de faciliter la lecture de données d’ADN environnemental.

Nous espérons que ces textes permettront aux différents acteurs des estuaires et d'autres eaux de transition de pouvoir estimer si les communautés de foraminifères reflètent des conditions naturelles, ou si elles sont clairement affectées par des activités anthropiques.

Ammobaculites balkwilli Haynes, 1973

Ammobaculites balkwilli – Haynes, 1973, Cardigan Bay Recent Foraminifera (Cruises of the R. V. Antur, 1962-1964). *Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology*. **Suppl. 4**, p. 25-27, fig. 4, pl. 2, figs. 2-3, pl. 29, figs. 5-6.

Ammobaculites balkwilli Haynes, 1973 – Murray & Alve, 1999, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **146**, p. 195-209, pl. 1, fig. 1-5.

Ammobaculites balkwilli Haynes, 1973 – Murray & Alve, 2011, *Palaeontologia Electronica*, **14**, 14A, p. 25, fig. 15/1.

Description

- Test agglutiné de grande taille (longueur jusqu'à 700 µm).
- Partie initiale planispiralée, arrondie, involute, avec environ 5 loges visibles, puis arrangement unisérié avec 2 à 5 loges successives.
- Partie unisériée arrondie en coupe transversale.
- Sutures peu visibles dans la partie planispiralée, sutures horizontales distinctes entre les loges de la partie unisériée.
- Ouverture terminale arrondie, de grande taille, avec une lèvre.

Diagnose

Ammobaculites balkwilli se distingue d'*Ammotium morenoi* par les sutures horizontales entre les loges de la partie unisériée. Chez *A. morenoi*, les loges sont fortement obliques, surtout entre les loges les plus récentes.

Distribution

Ammobaculites balkwilli est une espèce typique des schorres végétalisés. On la retrouve dans la partie intérieure des estuaires (biozone 4), où elle peut représenter jusqu'à 30% de la communauté.

Identification moléculaire

Il n'existe pas de séquence publiée identifiée sous le nom *Ammobaculites balkwilli*.

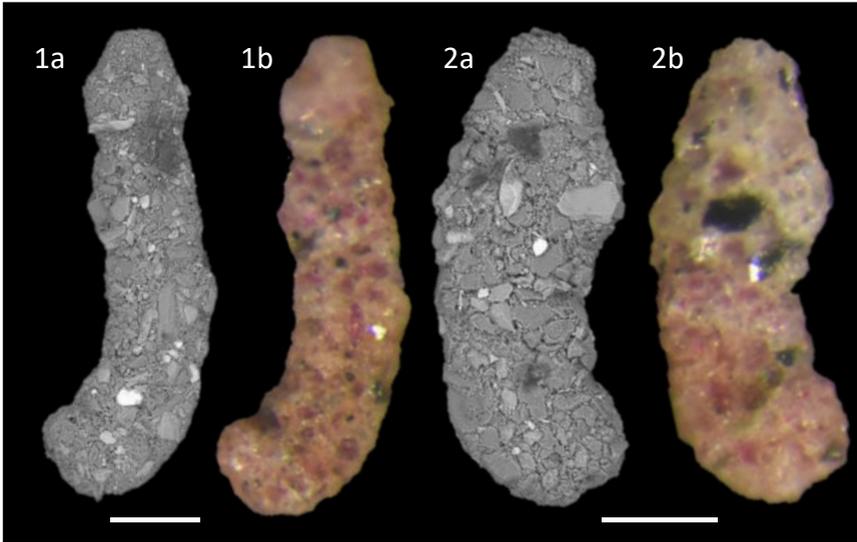


Planche 1 - *Ammobaculites balkwilli* Haynes, 1973, Estuaire d'Auray. Fig. 1 et 2 : vue générale. Échelle = 100 μ m.

Ammoscalaria runiana (Heron-Allen & Earland, 1916)

Haplophragmium runianum – Heron-Allen & Earland, 1916, The Foraminifera of the West of Scotland. Collected by on the cruise of the S.Y. 'Runa,' July-Sept. *Transactions of the Linnean Society of London (Zoology)*, **11**, p. 224, pl. 40, 15-18.

Ammoscalaria runiana (Heron-Allen & Earland, 1916) – Höglund, 1947, *Zoologiska Bidrag från Uppsala*, **26**, p. 162-163, pl. 9, fig. 23-24

Ammoscalaria runiana (Heron-Allen & Earland, 1916) – Murray & Alve, 1999, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **149**, fig. 2M.

Ammoscalaria runiana (Heron-Allen & Earland, 1916) – Murray & Alve, 2011, *Palaeontologia Electronica*, **14**, p. 25, fig. 15/2-5.

Description

- Test grossièrement agglutiné, arrondi, de taille moyenne (diamètre jusqu'à 300 µm).
- Test planispiralé, nombreuses loges (8 à 12) dans le dernier tour de spire.
- Sutures quasiment invisibles.
- Exceptionnellement, les dernières loges peuvent être unisériées.
- Ouverture terminale arrondie.

Diagnose

Cette espèce est caractérisée par son test grossièrement agglutiné, souvent arrondi (sans loges unisériées), avec une ouverture terminale. La grande majorité des individus présentent uniquement le stade planispiralé, sans stade unisérié terminal.

Distribution

Ammoscalaria runiana est une espèce typique des schorres végétalisés. On la retrouve également dans la partie intérieure des estuaires (biozone IV), où elle peut représenter jusqu'à 5% de la communauté.

Identification moléculaire

Aucune espèce de ce genre n'a été séquencée.

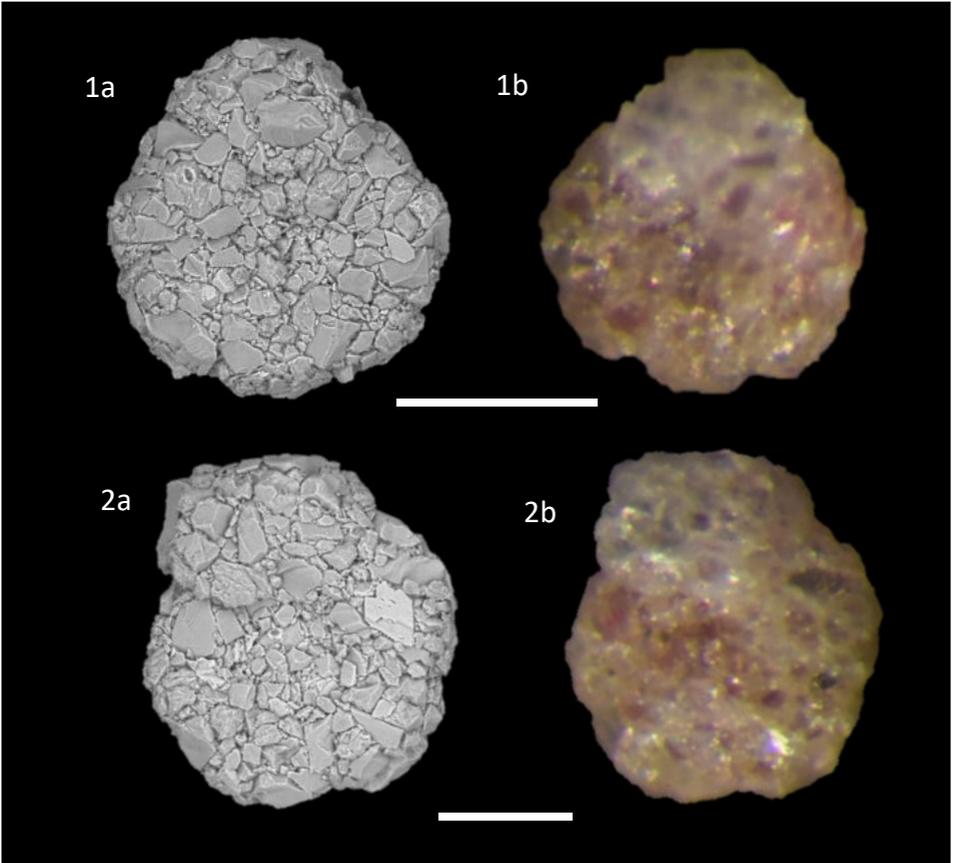


Planche 2 – *Ammoscalaria runiana* (Heron-Allen & Earland, 1916), Estuaire d'Auray.
Fig. 1 et 2 : Vue latérale. Échelle = 100 μ m.

Ammotium morenoi (Acosta, 1940)

Ammobaculites morenoi – Acosta, 1940, Nuevos Foraminiferos de la Costa Sur de Cuba. *Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural "Felipe Poey"*. **14**, p. 272 pl. 49 figs. 1, 3, 8.

Ammobaculites salsus – Cushman & Brönnimann, 1948, *Contribution to Laboratory for Foraminiferal Research*, **24**, p. 16, pl. 3, figs. 7-9.

Ammotium morenoi (Acosta, 1940) – Brönnimann & Whittaker, 1993, *Bulletin of the Natural History Museum (Zoology)*, **59**, p. 112-113, Figs. 32-34.

Ammotium salsum (Cushman & Brönnimann, 1948) - Murray & Alve, 1999, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **149**, 183-197, Fig. 2J.

Description

- Test agglutiné de grande taille (longueur jusqu'à 500 µm).
- Partie initiale planispiralée, arrondie, involute, avec environ 5 loges visibles.
- Suivie d'une partie unisériée flabelliforme avec 2 à 5 loges, ovale en coupe transversale.
- Partie initiale planispiralée légèrement plus large que la partie unisériée.
- Sutures peu visibles, obliques dans la partie unisériée, l'angle avec l'horizontal devenant plus important vers le haut.
- Ouverture terminale, arrondie, de grande taille, avec une lèvre.

Diagnose

Ammotium morenoi diffère d'*Ammobaculites balkwilli* par la forme en éventail (flabelliforme) de la partie unisériée, avec des sutures qui deviennent de plus en plus verticales vers les dernières loges. Dans la littérature, on trouve souvent cette espèce sous le nom d'*Ammotium salsum*, qui est considéré comme un synonyme plus récent.

Distribution

Ammotium morenoi est une espèce typique des schorres végétalisés. On la retrouve également dans la partie intérieure des estuaires (biozone IV), où elle peut représenter jusqu'à 40% de la communauté.

Identification moléculaire

Il n'existe pas de séquence publiée sous le nom *Ammotium morenoi*, mais une séquence identifiée sous le nom d'*Ammobaculites* sp. 2457 pourrait correspondre.

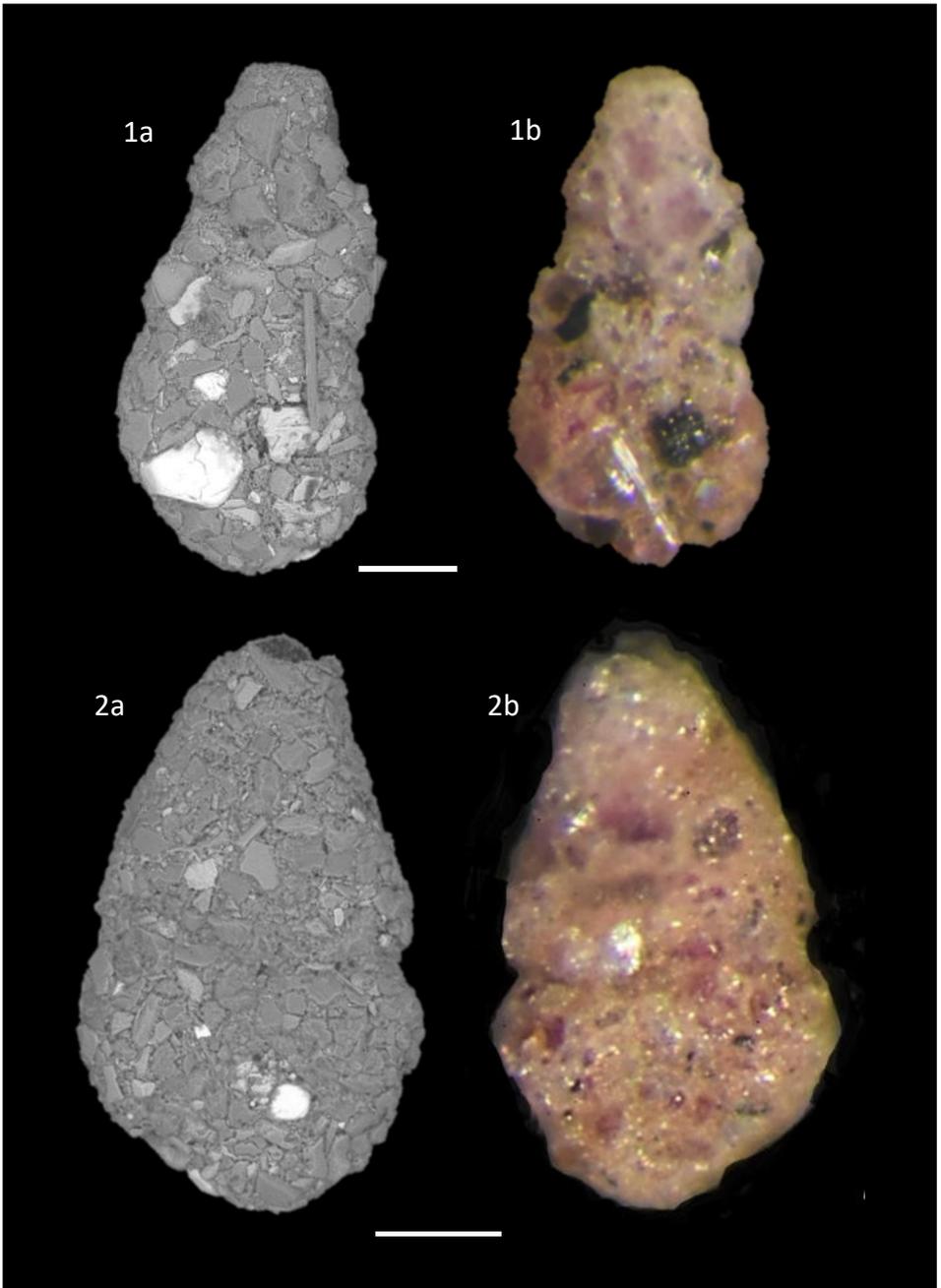


Planche 3 - *Ammotium morenoi* (Acosta, 1940), Estuaire d'Auray. Fig. 1 et 2 : vue générale. Échelle = 100 μ m.

Eggerelloides scaber (Williamson, 1858)

Bulimina scabra – Williamson, 1858, On the recent foraminifera of Great Britain, p. 65, pl. 5, figs. 136-137.

Eggerella scabra (Williamson, 1858) – Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p. 45, pl. 15.

Eggerelloides scabrus (Williamson, 1858) – Milker & Schmiedl, 2012. Palaeontologia Electronica, **15**, p. 37, Fig. 10/9.

Eggerelloides scaber (Williamson, 1858) – Schönfeld et al., 2013. *Journal of Micropaleontology*, **32**, p. 161-182, pl. 1, figs. 8-10, 23-26, 41-43.

Description

- Test agglutiné de grande taille (jusqu'à 600 µm) avec des grains de taille hétérogène.
- Partie initiale trochospiralée, puis trisériée.
- Les loges augmentent vite en taille, la dernière loge représente environ la moitié du test.
- Ouverture arrondie en arche, située à la base de la dernière loge.

Diagnose

Cette espèce se distingue des autres espèces de foraminifères à test agglutiné par l'organisation trisériée des loges et par l'aspect rugueux du test.

Distribution

Eggerelloides scaber est une espèce marine côtière qu'on trouve également dans la partie moyenne à externe des estuaires (biozones II et III), occasionnellement en quantité importante (jusqu'à 15% de la communauté). Cette espèce présente de fortes densités sur les vasières intertidales du Golfe du Morbihan.

Identification moléculaire

L'espèce morphologique *Eggerelloides scaber* est composée de plusieurs phylotypes qui peuvent être considérés comme des espèces différentes. Des analyses morphométriques seront nécessaires pour voir si ces espèces peuvent être distinguées morphologiquement ou s'il s'agit d'espèces cryptiques. Les individus récoltés dans le Golfe du Morbihan appartiennent au moins à trois espèces différentes.

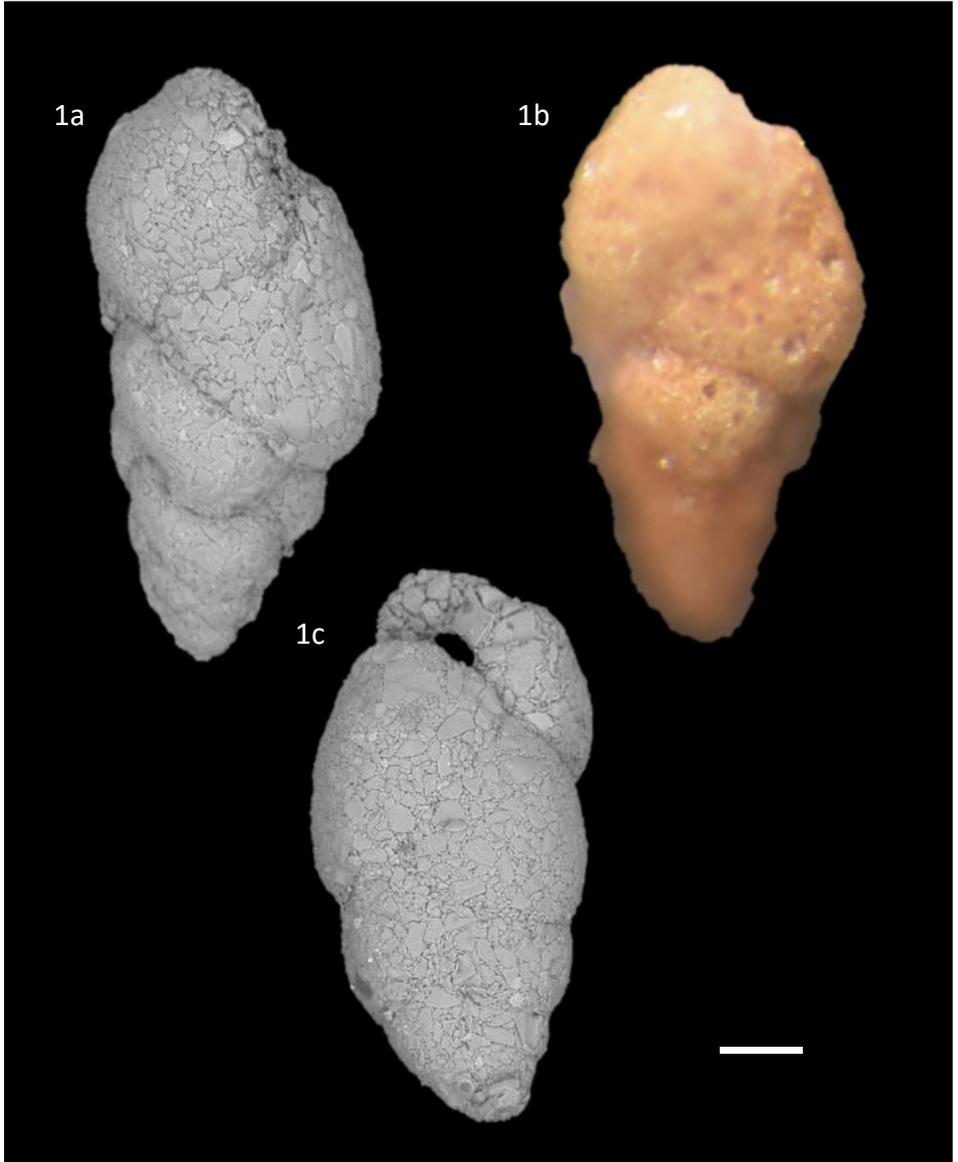


Planche 4 – *Eggerelloides scaber* (Williamson, 1858), Estuaire d’Auray. Fig. 1a-b : vue générale. Fig. 1c : vue aperturale. Échelle = 100 μ m.

Entzia macrescens (Brady, 1870)

Trochammina inflata (Montagu, 1808), var. *macrescens* – Brady, 1870. The Ostracoda and Foraminifera of tidal rivers. With an analysis and descriptions of the Foraminifera. *Annals and Magazine of Natural History*, **6**, p. 290, pl. 11, fig. 5.

Jadammina macrescens (Brady, 1870) - Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.41, pl. 13.

Entzia macrescens (Brady, 1870) – Holzmann & Pawlowski, 2017, *Grzybowski Foundation Special Publication*, **22**, p. 75-79, pl. 1.

Entzia macrescens (Brady, 1870) – Kaminski et al., 2020. *Geology, Geophysics & Environment*, **46**, p. 189-204, pl. 2, fig. A-1.

Description

- Test planispiralé, très finement agglutiné, de taille moyenne (jusqu'à 400 µm).
- Paroi très mince et flexible, qui s'effondre souvent au séchage.
- 6 à 10 loges très peu distinctes dans le dernier tour de spire, sutures peu distinctes.
- Ouverture en fente, à la base de la dernière loge, avec une lèvre peu distincte.
- Parfois, présence d'ouvertures secondaires arrondies sur la face aperturale.

Diagnose

Cette espèce se distingue des autres espèces agglutinées par son test très finement agglutiné, souvent déformé de par sa fragilité, pouvant donner un aspect très irrégulier.

Distribution

Entzia macrescens est une espèce typique pour les schorres végétalisés, où elle peut dominer la communauté des foraminifères. On la trouve également dans la partie intérieure des estuaires (biozone IV).

Identification moléculaire

Cette espèce a été caractérisée génétiquement avec une dizaine de séquences publiées.

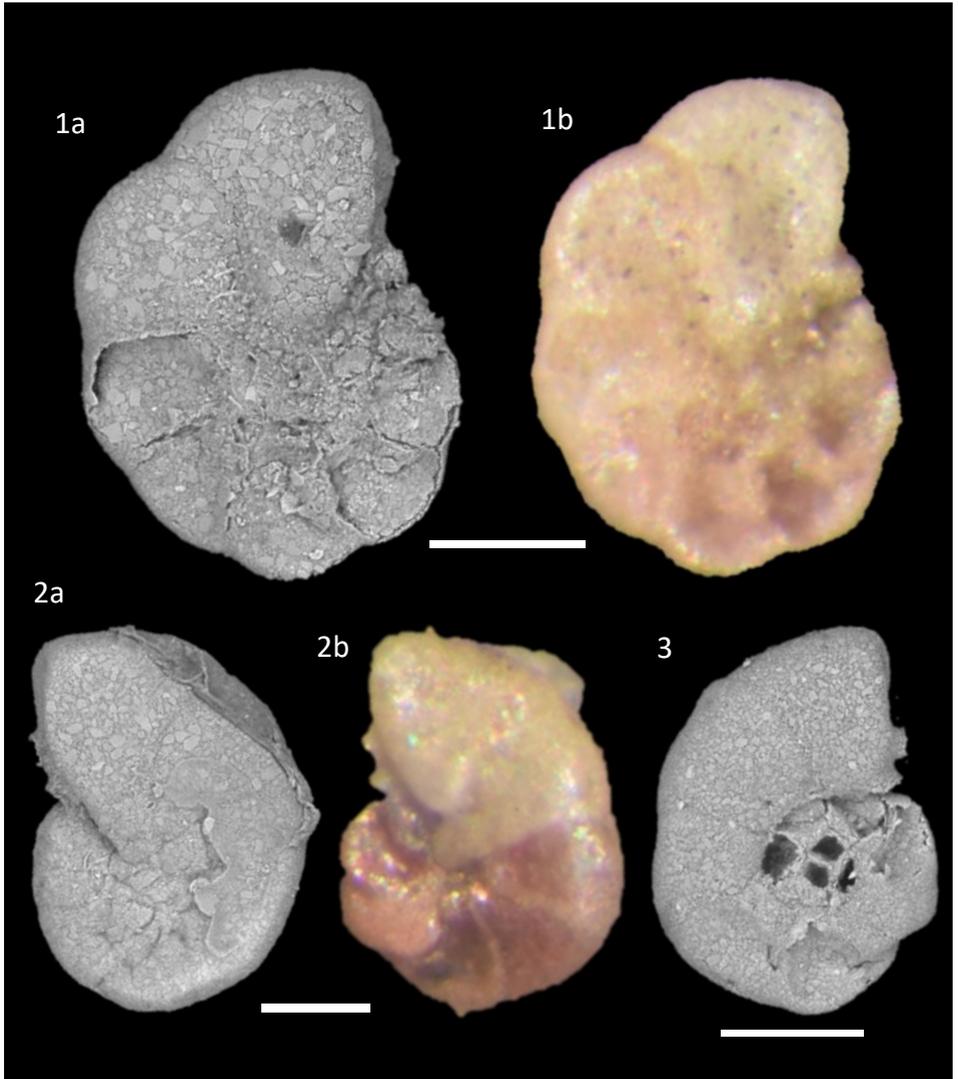


Planche 5 – *Entzia macrescens* (Brady, 1870), Estuaire d’Auray. Fig. 1-3 : vue latérale. Échelle = 100 μ m.

Polysaccammina hyperhalina Medioli, Scott & Petrucci, 1983

Polysaccammina hyperhalina – Medioli, Scott & Petrucci, 1983, Evaluation of the usefulness of foraminifera as sea level indicators in the Venice lagoon (N. Italy). *Acta Naturalia de l'Ateneo Parmense*, **19**, p. 73-74, pl. 1-2.

Polysaccammina hyperhalina Medioli, Scott & Petrucci, 1983 – Camacho et al., 2015, *Palaeontologia Electronica*, 18.1.17A: 1-27, fig 2/4-6.

Description

- Test agglutiné très allongé de grande taille (longueur jusqu'à 800 µm)
- Partie initiale globuleuse, streptospiralée.
- Partie adulte unisériée, avec un grand nombre (10-15) de loges, à peu près deux fois plus larges que hautes, de forme circulaire en coupe transversale.
- Partie initiale plus large que la partie unisériée.
- Ouverture terminale, ronde.

Diagnose

Cette espèce se distingue des autres espèces à test agglutiné par sa forme très allongée, avec la partie initiale plus large que la partie unisériée.

Distribution

Polysaccammina hyperhalina est une espèce estuarienne qu'on trouve sur les schorres végétalisés ainsi que dans la partie intérieure des estuaires (biozone IV). Elle peut représenter jusqu'à 10% de la communauté.

Identification moléculaire

Ce genre n'a pas encore été séquencé.



Planche 6 – *Polysaccamina hyperhalina* Medioli, Scott & Petrucci, 1983, Estuaire d'Auray. Fig. 1-3 : vue générale. Échelle = 100 μ m.

Reophax nana Rhumbler, 1913

Reophax nana Rhumbler, 1913. Die Foraminiferen (Talamophoren) der Plankton-Expedition. Zweiter Teil: Systematik. *Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung*, **3**, p. 471, pl. 8, figs. 6-12.

Reophax nana Rhumbler, 1913 - Camacho et al., 2015, *Palaeontologia Electronica*, **18.1.17A**: 1-27, fig. 2/11-14.

Reophax nana Rhumbler, 1913 – Capotondi et al., 2019. *Marine Micropaleontology*, **147**, 25-42, fig. 2/4.

Description

- Test agglutiné d'aspect rugueux, unisérié, de petite taille (longueur jusqu'à 200 µm), arrondi en coupe transversale.
- 8 à 11 loges plus larges que hautes, légèrement involutes, qui augmentent en taille vers les loges les plus récentes.
- Sutures distinctes, bien enfoncées.
- Ouverture terminale arrondie.

Diagnose

Reophax nana se distingue des autres espèces du genre *Reophax* par sa forme très allongée et très régulière.

Distribution

Reophax nana est une espèce marine côtière, qu'on peut trouver dans la partie extérieure des estuaires (biozones I et II). Elle est aussi trouvée occasionnellement dans les ports estuariens. Sa contribution dépasse rarement 1% de la communauté des foraminifères.

Identification moléculaire

Cette espèce n'a pas encore été séquencée.

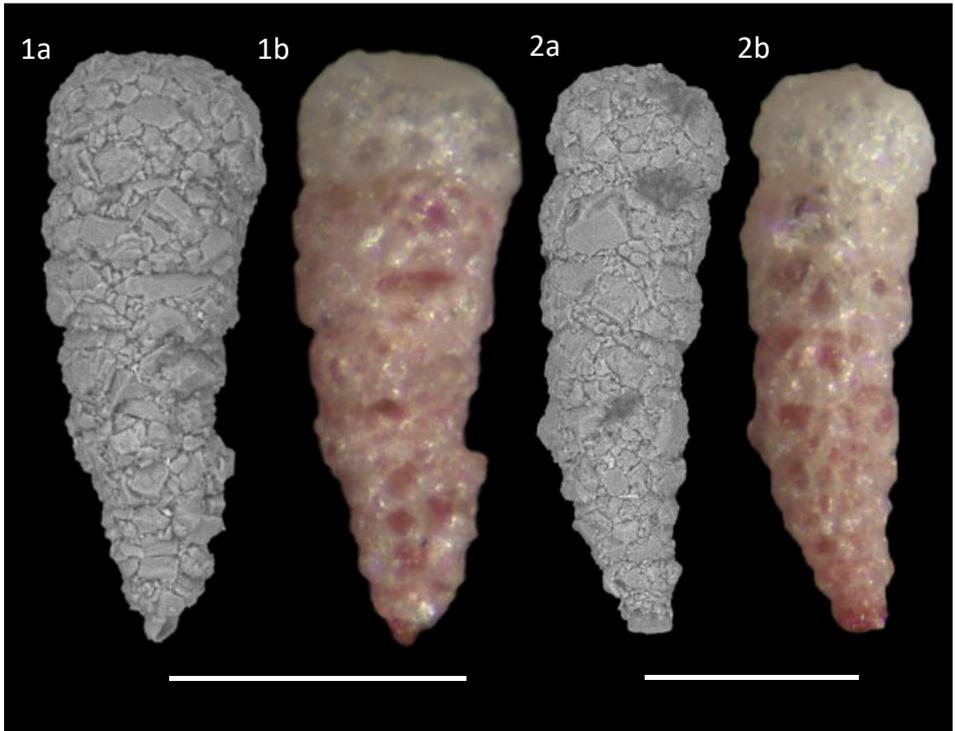


Planche 7 – *Reophax nana* Rhumbler, port de Calais (zone subtidale). Fig. 1 et 2 : vue générale. Échelle = 100 μ m.

Textularia earlandi Parker, 1952

Textularia tenuissima Earland, 1933. Foraminifera, Part II, South Georgia. *Discovery Reports*, **7**, p. 95, pl. 3, figs 21-30 (Nomen nudum).

Textularia earlandi Parker, 1952, Foraminiferal distribution in the Long Island Sound - Buzzards Bay area. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, **106**, p. 458, pl. 2, fig. 4-5.

Textularia earlandi Parker, 1952 – Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p. 33, pl. 9.

Textularia earlandi Parker, 1952 – Alve & Goldstein, 2010, *Journal of Sea Research*, **63**, 36-51, Pl. 2, fig. 4.

Description

- Test agglutiné allongé de petite taille (longueur maximale 300 µm), droit à légèrement courbé, ovale en coupe transversale.
- Premières loges spiralées, puis de nombreuses loges (12 à plus) bisériées
- Loges distinctes, à peine plus larges que hautes, augmentant en taille, dernières loges enflées.
- Sutures distinctes, horizontales
- Ouverture en arche, à la base de la dernière loge.

Diagnose

Textularia earlandi se distingue des autres espèces du genre *Textularia* par son test plus allongé, ses loges à peine plus larges que hautes, et ses sutures horizontales bien marquées.

Distribution

Textularia earlandi est une espèce marine côtière qu'on peut trouver dans la zone externe des estuaires (biozones I et II). Elle est aussi trouvée dans des ports estuariens de la Manche, où elle représente entre 1 et 5% des communautés.

Identification moléculaire

Trois séquences reconnues comme appartenant à cette espèce ont été publiées, l'une sous le nom de *Textularia porrecta* et les deux autres sous le nom de *Spiroplectamina* sp.

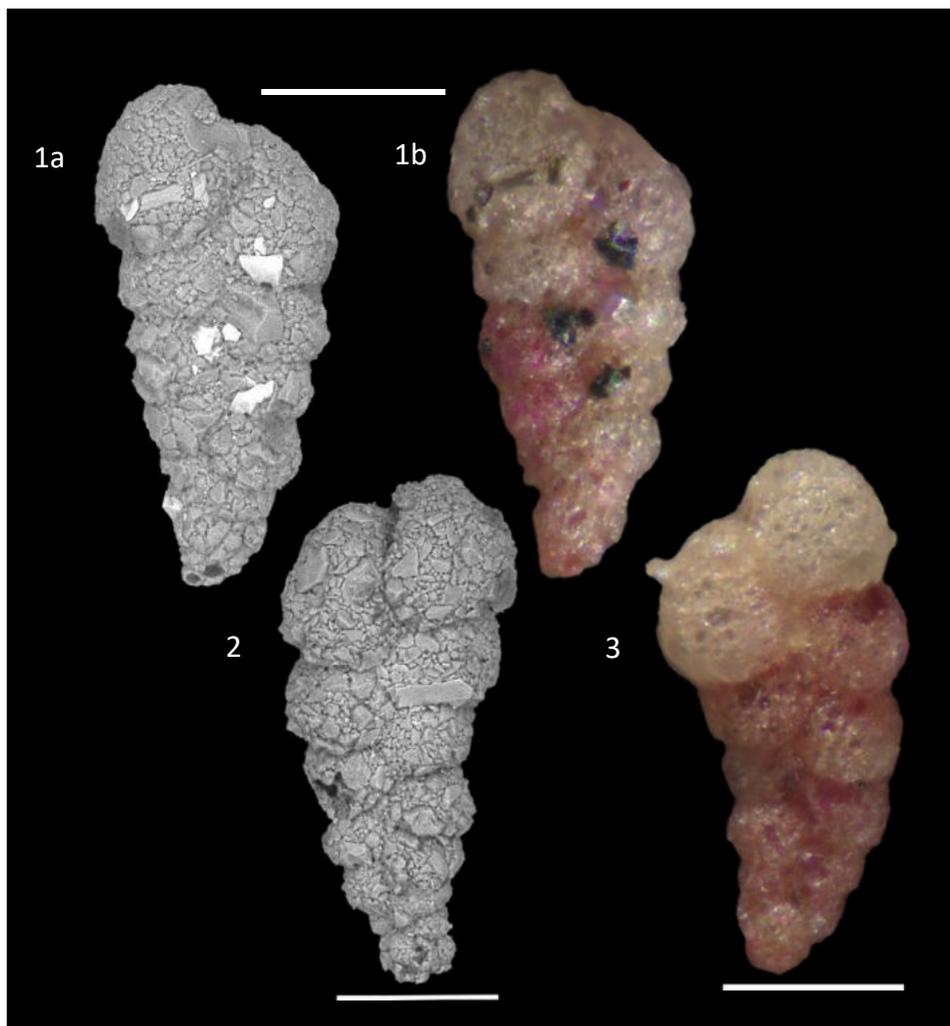


Planche 8 – *Textularia earlandi* Parker, 1952, Port ouest de Dunkerque (zone subtidale). Fig. 1-3 : vue générale. Échelle = 100 μ m.

Trochammina hadai Uchio, 1962

Espèce exotique

Trochammina hadai - Uchio, 1962. Influence of the River Shinano on foraminifera and sediment grain size distributions. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*, 1962, **10**, p. 387-388, pl. 18, fig. 9a-c.

Trochammina hadai Uchio, 1962 – McGann et al., 2012. *Northwest Science*, **86**, p. 9-26, fig. 3/1-3.

Trochammina hadai Uchio, 1962 – Nesbitt & Martin, Illustrated Guide to Benthic Foraminifera of Puget Sound. Website <https://depts.washington.edu/forams/by-species/genus-trochammina-2/>.

Trochammina hadai Uchio, 1962 – Bouchet et al., 2023. *Aquatic Invasions*, **18**, fig. 3.

Description

- Test agglutiné de taille moyenne (jusqu'à 250 µm), trochospiralé et planoconvexe.
- 2-4 tours de spire, 4-6 loges (la plupart du temps 5) globuleuses dans le dernier tour de spire.
- Face ombilicale plate, avec un ombilic profond
- Sutures bien visibles, légèrement courbées sur la face spirale, presque radiales sur la face ombilicale
- Ouverture en fente arquée à la base de la face aperturale de la dernière loge.

Diagnose

Cette espèce se distingue de *Trochammina inflata* par son test plus globuleux et par les grains plus grossiers qui le composent.

Distribution

Trochammina hadai habite la partie extérieure des estuaires (biozones I et II). On la trouve aussi dans plusieurs ports estuariens de la façade atlantique (Le Havre et Caen-Ouistreham). Elle peut représenter jusqu'à la moitié de la communauté de foraminifères. Cette espèce estuarienne est non-indigène, originaire d'Asie et invasive en Europe.

Identification moléculaire

Vingt-cinq séquences identifiées comme appartenant à cette espèce ont été publiées.

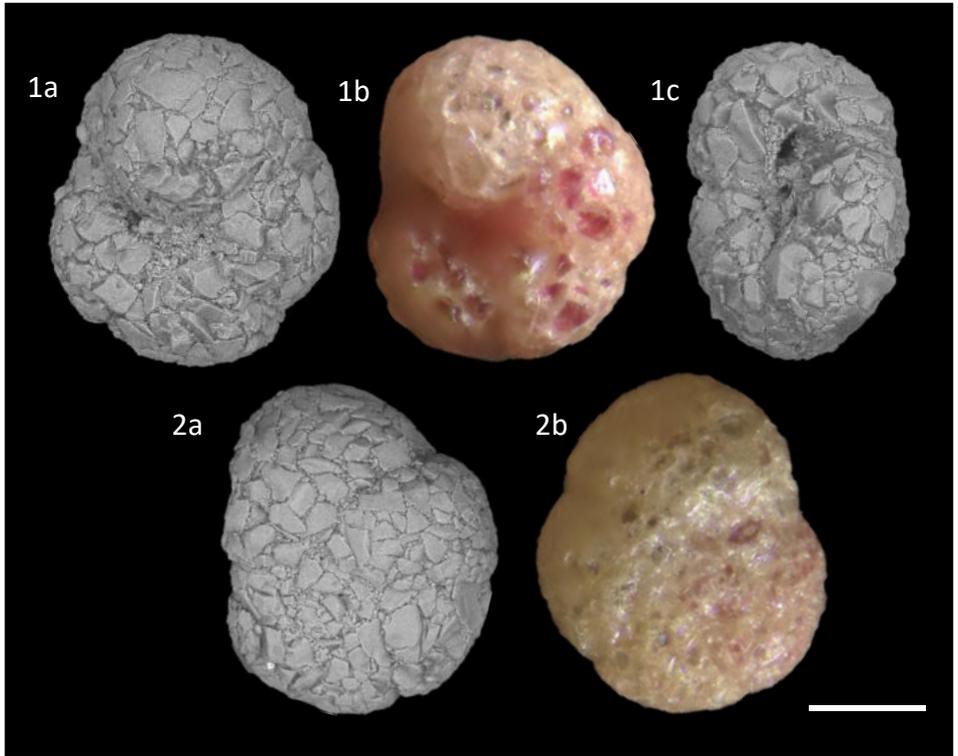


Planche 9 – *Trochammina hadai* Uchio, 1962, Port du Havre (zone subtidale). Fig. 1a, 1b et 2b : face ombilicale. Fig. 1c : vue de l'ouverture. Fig. 2a : face spirale. Échelle = 100 μm .

Trochammina inflata (Montagu, 1808)

Nautilus inflatus – Montagu, 1808, Supplement to Testacea Britannica, p. 81, pl. 18, fig. 3.

Trochammina inflata (Montagu, 1808) – Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p. 35, pl. 10.

Trochammina inflata (Montagu, 1808) – Armynot du Châtelet et al., 2009, *Revue de Micropaléontologie*, **52**, p. 75-84. Pl. 1, fig. 3.

Trochammina inflata (Montagu, 1808) – Nesbitt & Martin, Illustrated Guide to Benthic Foraminifera of Puget Sound. Website <https://depts.washington.edu/forams/by-species/genus-trochammina-2/>.

Description

- Test finement agglutiné, aplati, de taille moyenne (jusqu'à 250 µm).
- Test trochospiralé, 5 à 6 loges dans le dernier tour de spire.
- Face spirale plate avec des sutures peu incisées.
- Face ombilicale avec des loges enflées et des sutures fortement incisées.
- Ombrilic profond.
- Ouverture en fente à la base de la dernière loge, pourvue d'une lèvre peu distincte, bien visible au MEB.

Diagnose

Cette espèce se distingue de *Trochammina hadai* par son test plus aplati et plus finement agglutiné.

Distribution

On trouve *Trochammina inflata* dans les schorres végétalisés et dans la partie intérieure des estuaires (biozone IV), où elle peut représenter jusqu'à 20% de la communauté.

Identification moléculaire

Vingt séquences identifiées comme appartenant à *Trochammina inflata* ont été publiées.



Planche 10 – *Trochammina inflata* (Montagu, 1808), Estuaire de la Vie. Fig. 1. Face spirale, Fig. 2. Face ombilicale. Échelle = 100 μm .

Miliammina fusca (Brady, 1870)

Quinqueloculina fusca – Brady, 1870, The Ostracoda and Foraminifera of tidal rivers. With an analysis and descriptions of the Foraminifera. *Annals and Magazine of Natural History*. **6(34)**, p. 286, pl. 11, fig. 2a-c.

Miliammina fusca (Brady, 1870) - Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p. 21, pl. 3, fig. 1-6.

Description

- Test imperforé, agglutiné à l'extérieur, de taille moyenne à grande (jusqu'à 500 µm)
- Arrangement quinqueloculin des loges : 4 loges visibles d'un côté, 3 de l'autre.
- Sutures et segments bien visibles, verticaux.
- Ouverture arrondie avec un col faiblement développé et une dent peu visible.

Diagnose

Miliammina fusca se distingue des taxons à test agglutinés traitées dans ce guide par l'arrangement quinqueloculin des loges. Elle diffère des espèces imperforées avec arrangement quinqueloculin par l'aspect agglutiné du test.

Distribution

Miliammina fusca est une espèce estuarienne commune, typique de la partie interne des estuaires (biozone IV), ainsi que des zones de schorre. C'est souvent une espèce subsidiaire ($\leq 5\%$), mais exceptionnellement, elle peut dominer la communauté des foraminifères.

Génétique

Les séquences de quatre spécimens identifiés morphologiquement comme *Miliammina fusca* ont été publiées. Ces séquences se séparent en deux groupes suffisamment distincts pour appartenir à des espèces différentes. Cela permet de dire qu'il y a au moins deux espèces cryptiques au sein de l'espèce morphologique *M. fusca*.



Planche 11 – *Miliammina fusca* (Brady, 1870), Estuaire d'Auray. Fig. 1-2 : face avec 4 loges visibles. Échelle = 100 μm .

Miliolinella subrotunda (Montagu, 1803)

Vermiculum subrotundum - Montagu, 1803. Testacea Britannica or natural history of British shells, marine, land, and fresh-water, including the most minute: Systematically arranged and embellished with figures. J. White, London, Vol. 2, p. 521.

Miliolinella subrotunda (Montagu, 1803) – Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.73, pl. 28.

Miliolinella subrotunda (Montagu, 1803) – Milker & Schmiedl, 2012. Palaeontologia Electronica, **15**, p. 63, Fig. 16 (31–32).

Description

- Test porcelané imperforé lisse, non orné, arrondi, de taille moyenne (jusqu'à 400 µm).
- Arrangement triloculin ou quinqueloculin des loges : 3 ou 4 loges visibles d'un côté, 2 ou 3 de l'autre.
- Ouverture en arc (sans base) arrondi à la fin de la dernière loge, parfois avec un col.
- Pas de dent, mais parfois une bande large renflée surélevée à la base de l'ouverture.

Diagnose

Cette espèce se différencie de *Quinqueloculina seminulum* par sa forme plus ronde et massive et par l'absence d'une dent simple ou bifide dans l'ouverture.

Distribution

Miliolinella subrotunda est une espèce marine côtière (biozone I) qu'on rencontre parfois en nombres restreints dans la zone externe des estuaires.

Identification moléculaire

Il n'existe pas de séquence publiée identifiée sous le nom de cette espèce.

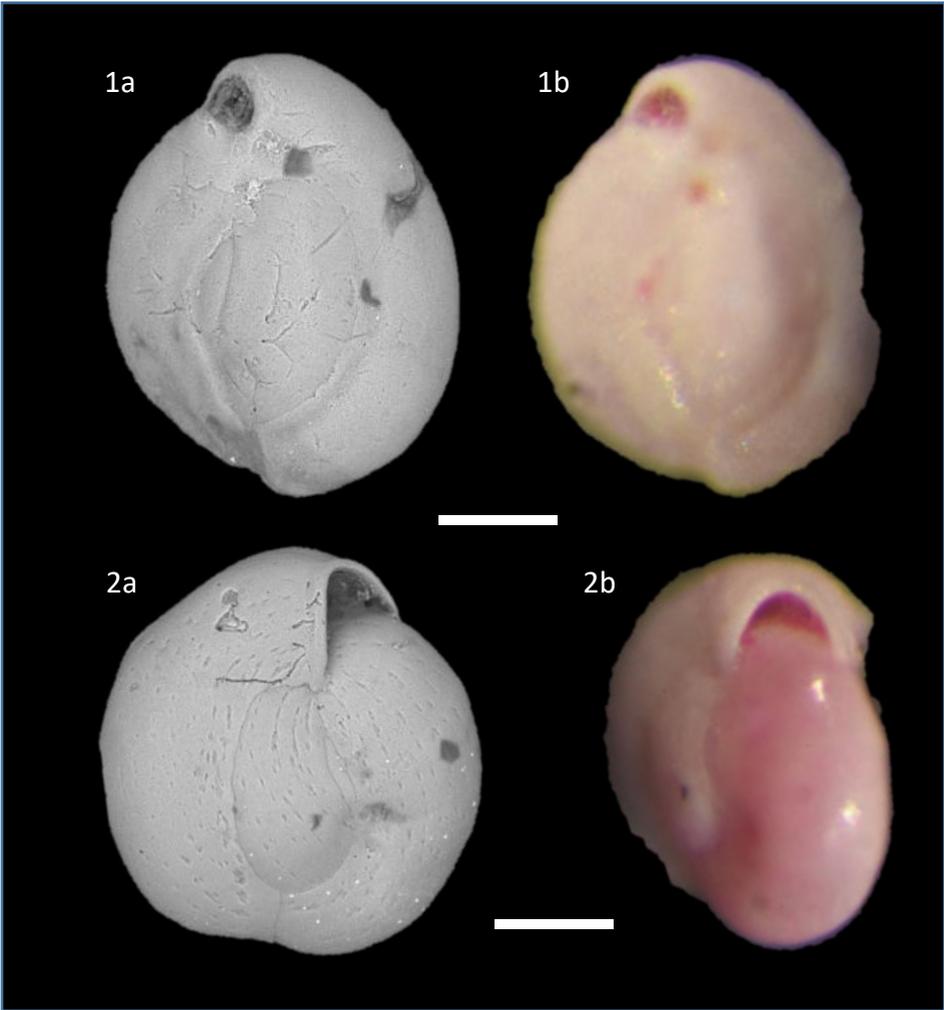


Planche 12 – *Miliolinella subrotunda* (Montagu, 1803), Estuaire de la Vie. Fig. 1 et 2a : face avec 4 loges visibles. Fig. 2b : face aperturale. Échelle = 100 μ m.

Quinqueloculina carinatastriata (Wiesner, 1923)

Espèce exotique

Adelosina milletti Wiesner var. *carinata-striata* Wiesner, 1923, Die Miliolideen der östlichen Adria, p. 76-77, Pl. 14, figs. 190-191.

Quinqueloculina carinata-striata (Wiesner, 1923) - Buzas & Severin, 1982, *Smithsonian Contributions to Marine Sciences*, p. 25, pl. 2, figs. 11-13.

Quinqueloculina carinatastriata (Wiesner, 1923) – Bouchet et al., 2007, *Journal of Foraminiferal Research*, 37, p. 204-212, pl. 1.

Description

- Test porcelané imperforé, allongé, de taille moyenne (longueur jusqu'à 400 µm).
- Arrangement quinqueloculin des loges : 4 loges visibles d'un côté, 3 de l'autre.
- Test orné d'environ 12 côtes très marquées, qui se rejoignent au niveau de l'extrémité des loges.
- Carène visible depuis l'ouverture jusqu'à la base de la dernière loge.
- Ouverture terminale arrondie avec un cou surélevé, souvent avec une lèvre, petite dent simple ou bifide.

Diagnose

Quinqueloculina carinatastriata se distingue de *Q. jugosa* par son ornementation plus marquée (côtes au lieu de stries), et la position de l'ouverture à la fin d'un col surélevé par rapport aux loges antérieures.

Distribution

Quinqueloculina carinatastriata est une espèce marine, qu'on peut trouver dans la zone externe des estuaires (biozones I et II). On l'a observée dans les vasières intertidales des Pertuis Charentais et du bassin d'Arcachon. Elle peut représenter jusqu'à la moitié de la communauté des foraminifères. Il s'agit d'une espèce introduite invasive, dont l'aire de distribution naturelle comprend la Mer Rouge et la Mer Méditerranée.

Identification moléculaire

Il n'existe pas de séquence publiée identifiée sous le nom de cette espèce de *Quinqueloculina*.

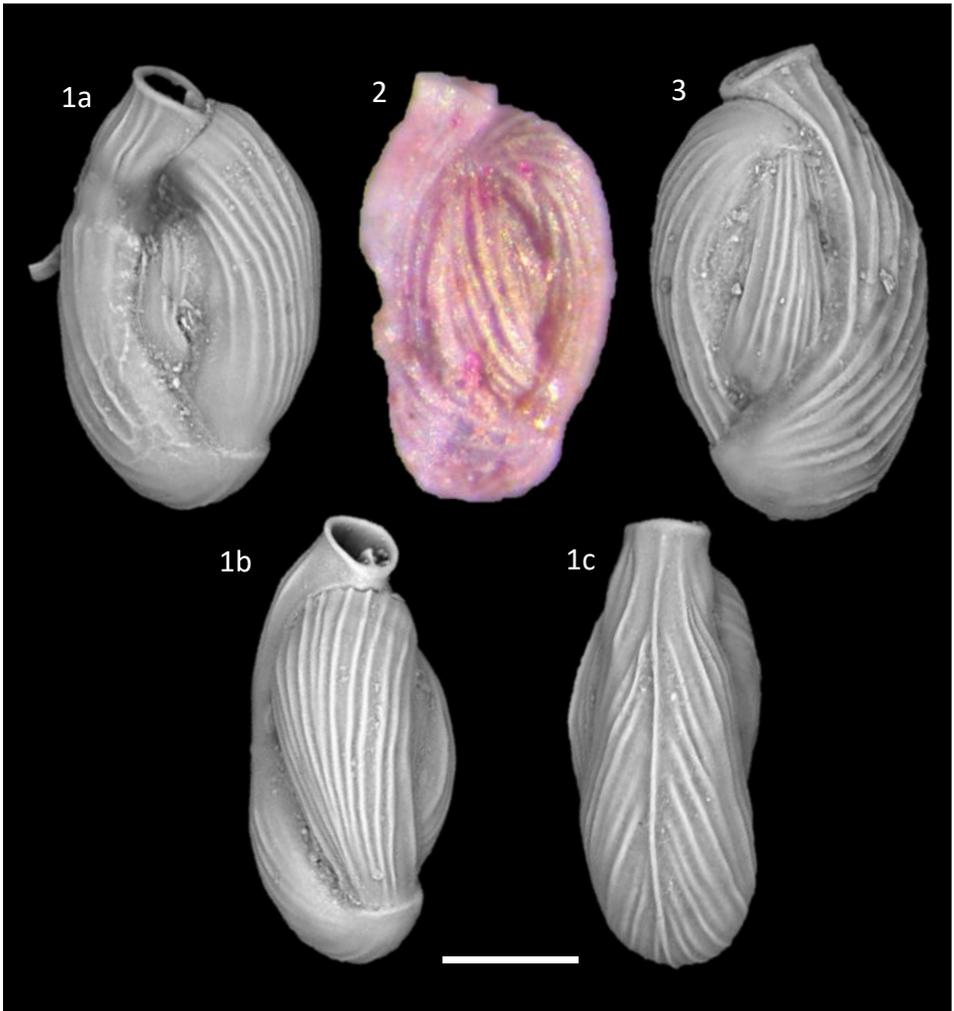


Planche 13 – *Quinqueloculina carinatastriata* (Wiesner, 1923), vasières intertidales des Pertuis Charentais. Fig. 1a et Fig. 2 : face avec 4 loges visibles. Fig. 1b : vue de l'aperture. Fig. 1c : vue de la périphérie. Fig. 3 : vue avec 3 loges visibles. Échelle = 100 μ m.

Quinqueloculina carinatastriata (Wiesner, 1923)

Espèce exotique

Adelosina milletti Wiesner var. *carinata-striata* Wiesner, 1923, Die Miliolideen der östlichen Adria, p. 76-77, Pl. 14, figs. 190-191.

Quinqueloculina carinata-striata (Wiesner, 1923) - Buzas & Severin, 1982, *Smithsonian Contributions to Marine Sciences*, p. 25, pl. 2, figs. 11-13.

Quinqueloculina carinatastriata (Wiesner, 1923) – Bouchet et al., 2007, *Journal of Foraminiferal Research*, 37, p. 204-212, pl. 1.

Description

- Test porcelané imperforé, allongé, de taille moyenne (longueur jusqu'à 400 µm).
- Arrangement quinqueloculin des loges : 4 loges visibles d'un côté, 3 de l'autre.
- Test orné d'environ 12 côtes très marquées, qui se rejoignent au niveau de l'extrémité des loges.
- Carène visible depuis l'ouverture jusqu'à la base de la dernière loge.
- Ouverture terminale arrondie avec un cou surélevé, souvent avec une lèvre, petite dent simple ou bifide.

Diagnose

Quinqueloculina carinatastriata se distingue de *Q. jugosa* par son ornementation plus marquée (côtes au lieu de stries), et la position de l'ouverture à la fin d'un col surélevé par rapport aux loges antérieures.

Distribution

Quinqueloculina carinatastriata est une espèce marine, qu'on peut trouver dans la zone externe des estuaires (biozones I et II). On l'a observée dans les vasières intertidales des Pertuis Charentais et du bassin d'Arcachon. Elle peut représenter jusqu'à la moitié de la communauté des foraminifères. Il s'agit d'une espèce introduite invasive, dont l'aire de distribution naturelle comprend la Mer Rouge et la Mer Méditerranée.

Identification moléculaire

Il n'existe pas de séquence publiée identifiée sous le nom de cette espèce de *Quinqueloculina*.

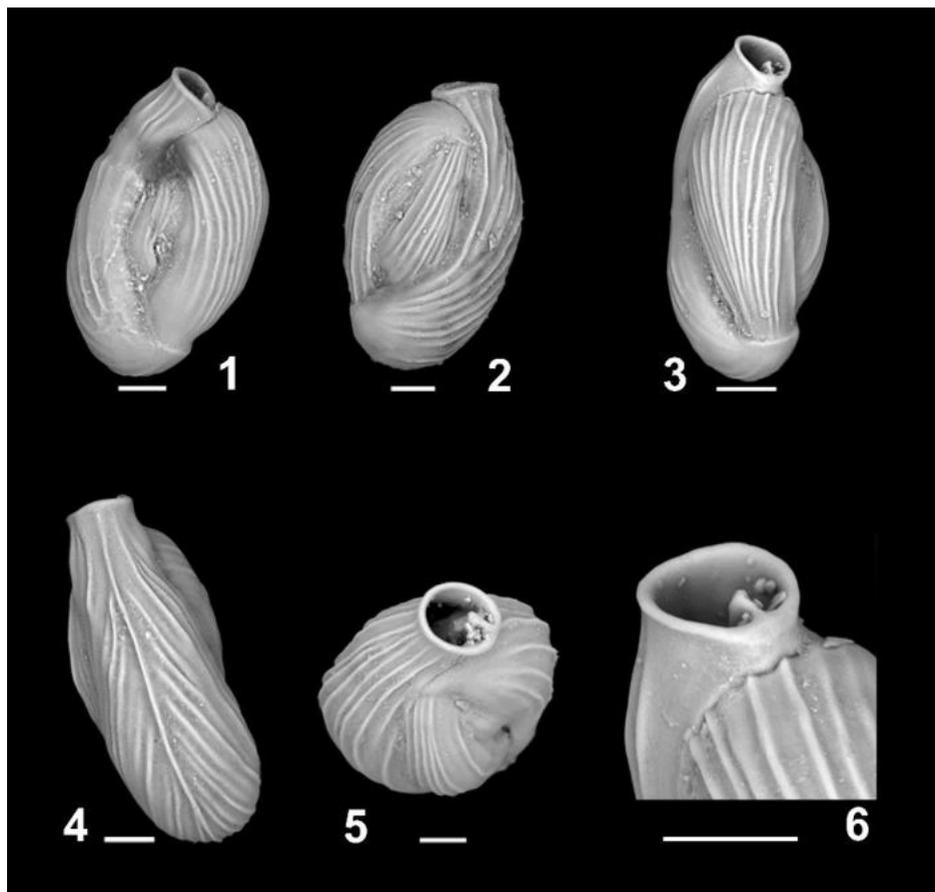


Planche 13 – *Quinqueloculina carinatastriata* (Wiesner, 1923), vasières intertidales des Pertuis Charentais. Fig. 1 : face avec 4 loges visibles. Fig. 2 : face avec 3 loges visibles. Fig. 3-4 : vue de la périphérie. Fig. 5-6 : vue de l'aperture. Échelle = 100 μ m.

Quinqueloculina dimidiata Terquem, 1876

Quinqueloculina dimidiata – Terquem, 1876, Essai sur le classement des animaux qui vivent sur la plage et dans les environs de Dunkerque. *Mémoires de la Société dunkerquoise pour l'encouragement des sciences, des lettres et des arts*, **20**, p. 172, pl. 11, fig. 5.

Quinqueloculina dimidiata Terquem, 1876 - Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p. 61, pl. 22, fig. 5-8.

Description

- Test porcelané imperforé lisse, non orné, de taille moyenne (longueur jusqu'à 350 µm)
- Arrangement des loges quinqueloculin : 4 loges visibles d'un côté, 3 de l'autre.
- Sutures et segments visibles des loges antérieures obliques.
- Ouverture arrondie à la fin de la dernière loge, sans col, avec une dent simple.

Diagnose

Quinqueloculina dimidiata se distingue de *Q. seminulum* par sa plus petite taille et par ses sutures (ainsi que les segments des loges antérieures) obliques. Elle diffère de *Q. jugosa* par la quasi-absence d'ornementation.

Distribution

Quinqueloculina dimidiata est une espèce estuarienne commune, sans préférence pour une partie spécifique des estuaires (biozone III). C'est une espèce subsidiaire, qui représente 2 à 10%, dans des cas extrêmes jusqu'à 20%, de la communauté.

Identification moléculaire

Il n'existe pas de séquence publiée identifiée sous le nom de cette espèce de *Quinqueloculina*.

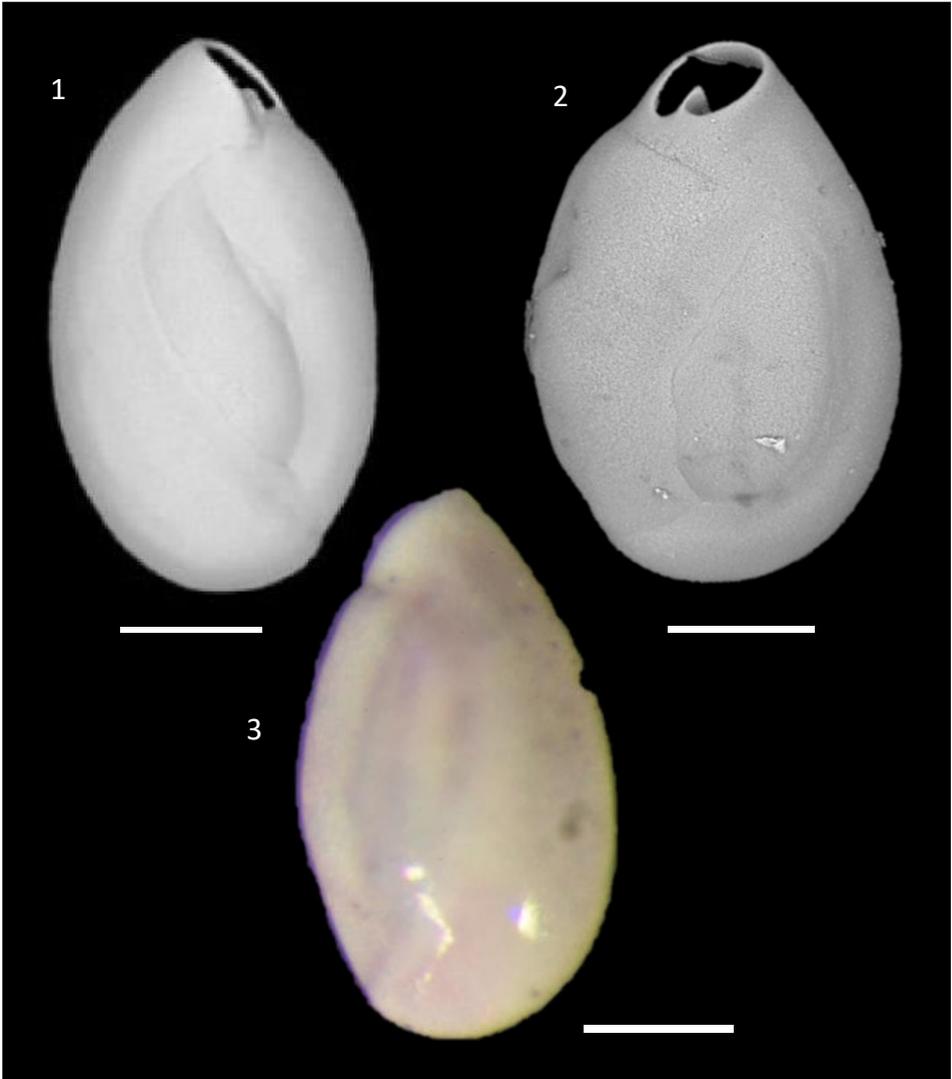


Planche 14 – *Quinqueloculina dimidiata* Terquem 1876, Estuaire de la Vie. Fig. 1-3 : face avec 4 loges visibles. Échelle = 100 μ m.

Quinqueloculina jugosa, Cushman, 1944

Quinqueloculina seminulum Linnaeus, 1758), var. *jugosa* – Cushman, 1944. Foraminifera from the shallow water of the New England coast. *Cushman Lab. Foram. Res., Special Publ.*, **12**, p. 13, pl. 2, fig. 15.

Description

- Test porcelané imperforé de forme allongée, orné de nombreuses stries, de taille moyenne (longueur jusqu'à 350 µm)
- Arrangement des loges quinqueloculin : 4 loges visible d'un côté, 3 de l'autre.
- Sutures et segments verticaux, visibles au niveaux des loges antérieures.
- Ouverture arrondie à la fin de la dernière loge, sans col, avec une dent bifide.

Diagnose

Quinqueloculina jugosa se distingue de *Q. dimidiata* par la présence de nombreuses stries, et de *Q. carinatastriata* par son ornementation moins marquée (stries au lieu de côtes) et l'absence d'un cou surélevé autour de l'ouverture.

Distribution

Quinqueloculina jugosa est une espèce estuarienne commune, sans préférence pour une partie spécifique des estuaires (biozones II et III). Elle apparaît souvent ensemble avec *Q. dimidiata* et peut représenter jusqu'à 10% de la communauté de foraminifères.

Identification moléculaire

Il n'existe pas de séquence publiée identifiée sous le nom de cette espèce de *Quinqueloculina*.

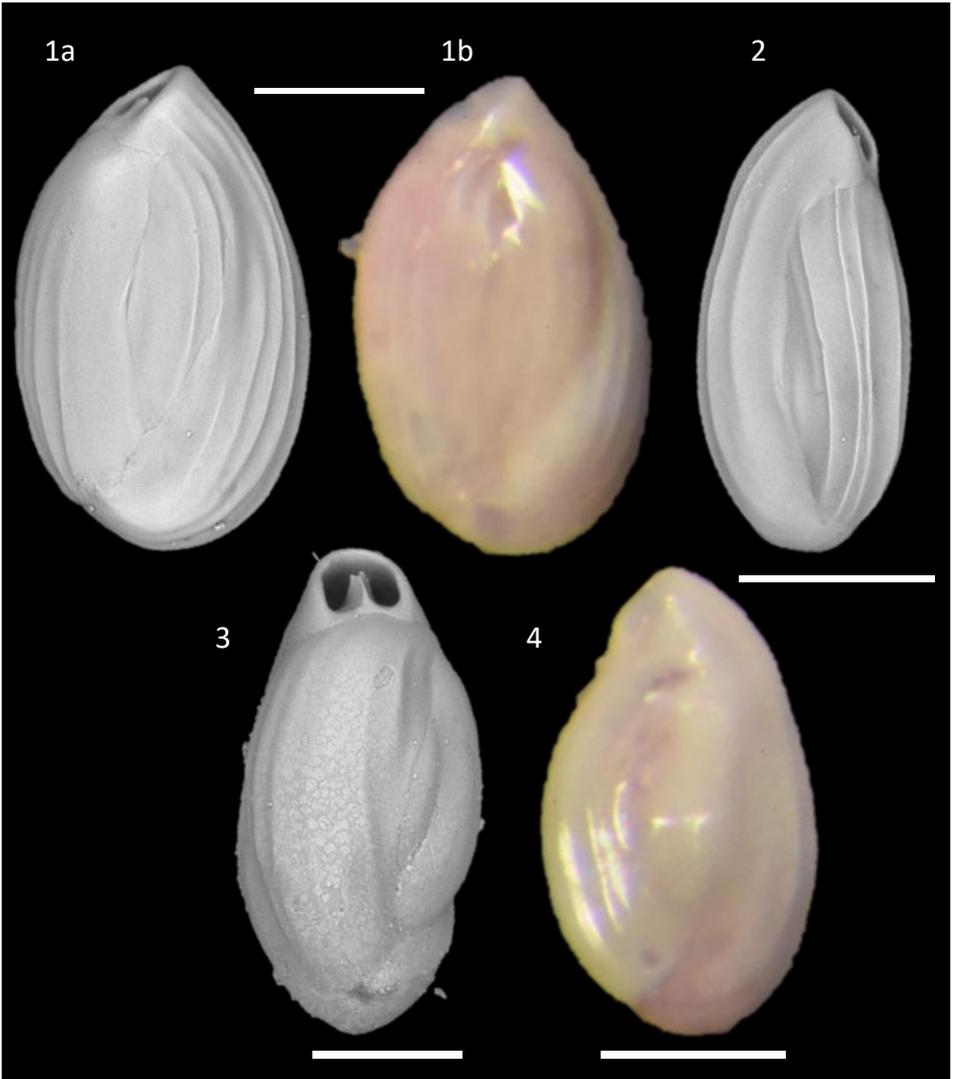


Planche 15 – *Quinqueloculina jugosa*, Cushman, 1944, Estuaire de la Vie. Fig. 1 et Fig. 4 : Face avec 4 loges visibles. Fig. 2 : Face avec 3 loges visibles. Fig. 3 : Face aperturale. Échelle = 100 μ m.

Quinqueloculina seminulum (Linnaeus, 1758)

Serpula seminulum – Linnaeus, 1758, *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. 10^{ème} édition, vol. 1, p. 786.

Quinqueloculina seminulum (Linnaeus, 1758) – Murray, 1971, *Atlas of Recent British Foraminiferids*. Heineman, p.65, pl. 24.

Quinqueloculina seminula (Linnaeus, 1758) – Milker & Schmiedl, 2012. *Palaeontologia Electronica*, **15**, p. 59, fig. 15/30-31.

Quinqueloculina seminula (Linnaeus, 1758) – Schönfeld et al., 2013. *Journal of Micropaleontology*, **32**, p. 161-182, pl. 1, figs. 4, 20-22, 40.

Quinqueloculina seminula (Linnaeus, 1758) – Durand et al., 2018, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **511**, 12–28, fig. 6/8.

Description

- Test porcelané imperforé lisse, non orné, allongé (~1.5 fois plus long que large), de grande taille (longueur jusqu'à 600 µm), légèrement triangulaire en coupe transversale.
- Arrangement des loges quinqueloculin : 4 loges visibles d'un côté, 3 de l'autre.
- Sutures et segments verticaux, visibles au niveau des loges antérieures.
- Ouverture arrondie à la fin de la dernière loge, sans col, avec une dent simple ou bifide.

Diagnose

Quinqueloculina seminulum est l'espèce du genre la plus communément identifiée. L'espèce *Q. seminulum* présente une large variabilité morphologique, qui traduit probablement une diversité pseudo-cryptique. *Quinqueloculina seminulum* diffère de *Q. dimidiata* par sa plus grande taille et par l'aspect vertical des sutures et des segments des loges antérieures (obliques pour *Q. dimidiata*).

Distribution

Quinqueloculina seminulum est une espèce marine côtière qu'on peut rencontrer dans les zones externes des estuaires (biozones I et II).

Identification moléculaire

Plus d'une dizaine de séquences d'ADN identifiées comme *Quinqueloculina seminula* ou *Q. seminulum* ont été publiées. Ces séquences appartiennent à au moins trois phylotypes différents. Des analyses morphométriques seront nécessaires pour voir si ces phylotypes peuvent être distingués ou s'il s'agit d'espèces cryptiques.

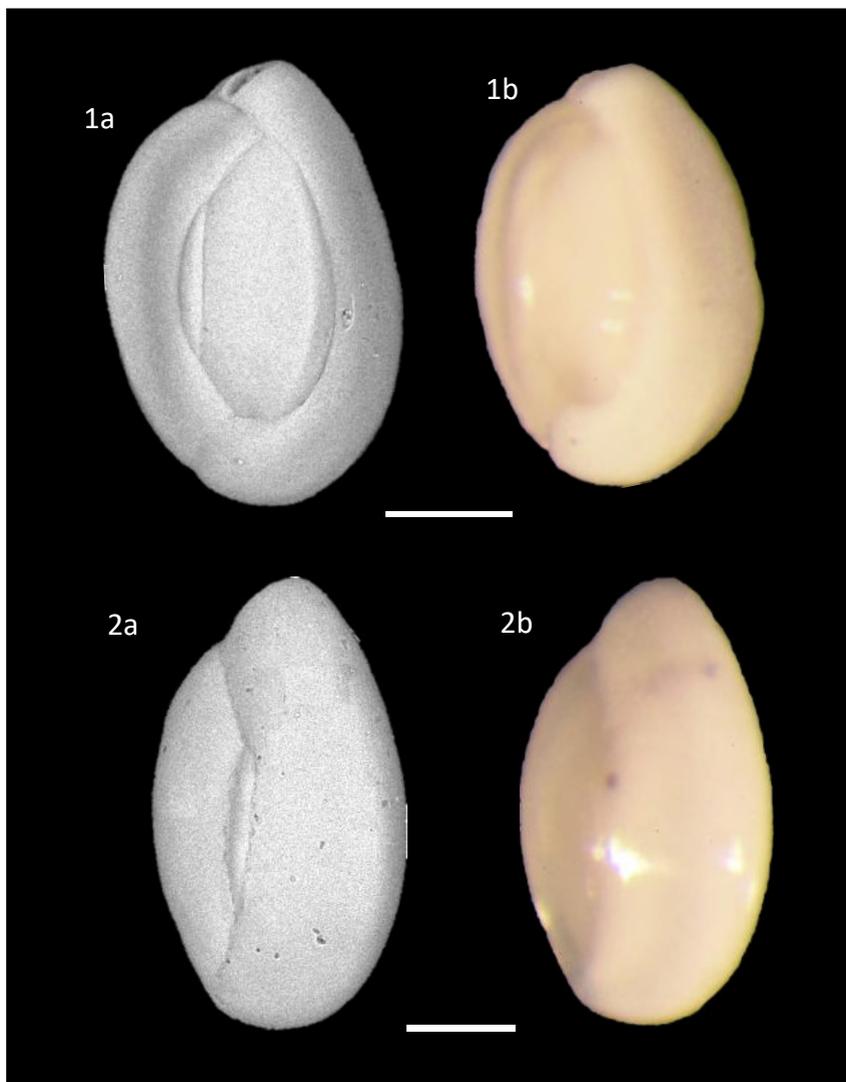


Planche 16 – *Quinqueloculina seminulum* (Linnaeus, 1758), estuaire de la Loire. Fig. 1a-b : face avec 4 loges visibles. Fig. 2a-b : face avec 3 loges visibles. Échelle = 100 μm .

Ammonia aberdoveyensis Haynes, 1973

Ammonia aberdoveyensis – Haynes, 1973, *Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology. Suppl.* **4**, p. 184, pl. 18, fig. 15, text fig. 38, n° 1-7.

Ammonia sp. T2 – Hayward et al., 2004, *Marine Micropaleontology*, **50**, p. 237-271, pl. II, T2, pl. III, T2, pl. IV, T2.

Ammonia sp. T2 – Richirt et al., 2019, *Journal of Foraminiferal Research*, **49**, p. 76–93, fig. 7, T2.

Ammonia aberdoveyensis Haynes, 1973 – Hayward et al., 2021, *Micropaleontology*, **67**, p. 141-143, Plate 2, figures 1–2; Plate 3, figures 1–2; Plate 4, figures 1–2.

Description

- Test hyalin perforé trochospiralé arrondi de taille moyenne (jusqu'à 500 µm) légèrement planoconvexe.
- 2,5 tours de spire ; 6 à 10 loges dans le dernier tour de spire.
- Omphalium rempli de pustules, pas de bouton ombilical proéminent, mais parfois quelques petits boutons.
- Sur la face spirale : les sutures sont plates, ni surélevées, ni incisées, sauf pour les 2 dernières loges, où les sutures peuvent être légèrement enfoncées.
- Pores de petite taille, pas visibles au microscope binoculaire, ce qui donne au test un aspect vitreux.
- Ouverture à la base de la dernière loge, intéro-marginale.

Diagnose

Ammonia aberdoveyensis est morphologiquement proche d'*Ammonia confertitesta* et d'*Ammonia veneta*. La différenciation de ces espèces sous microscope binoculaire est très difficile. Dans la littérature plus ancienne, ces trois espèces sont souvent regroupées sous le nom d'*Ammonia tepida*. *Ammonia aberdoveyensis* se distingue des deux autres espèces par des pores beaucoup plus petits, difficilement visibles sous un microscope binoculaire. *Ammonia beccarii* est plus grande que ces trois espèces (jusqu'à 600 µm) et est caractérisée par des sutures de spire fortement incisées sur la face spirale, et par des ornements (pustules, boutons) le long des sutures séparant les loges sur la face ombilicale.

Distribution

Ammonia aberdoveyensis est une espèce estuarienne qu'on retrouve dans tout l'estuaire, sans préférence pour une partie précise (biozones II-III). Elle affiche une légère préférence pour les parties basses des vasières. C'est une espèce subsidiaire de la communauté, avec une contribution relative jusqu'à 5%.

Identification moléculaire

Malgré leur ressemblance morphologique, *Ammonia aberdoveyensis* (*Ammonia* sp. T2) se distingue très bien génétiquement d'*A. confertitesta* (T6) et *A. veneta* (T1). Ces trois

espèces pseudocryptiques font partie de lignages très différents et n'ont pas d'ancêtre commun plus proche que les autres espèces d'*Ammonia*.

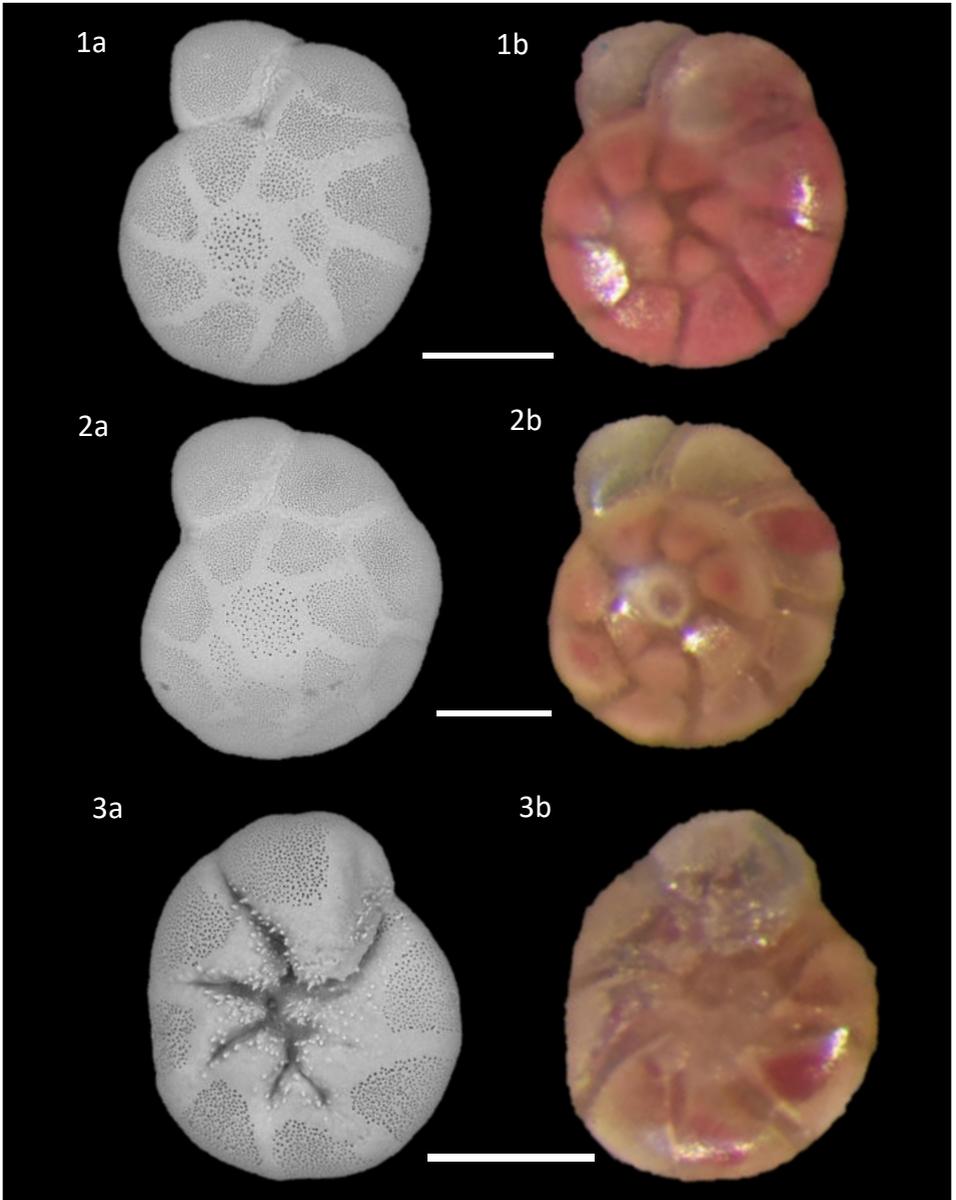


Planche 17 – *Ammonia aberdoveyensis* Haynes, 1973, Estuaire de l'Elorn. Fig. 1-2 : face spirale. Fig. 3 : face ombilicale. Échelle = 100 µm.

Ammonia confertitesta Zheng, 1978

Espèce exotique

Ammonia confertitesta – Zheng, 1978, *Studia Marina Sinica*, **13**, pl. VI, fig. 1-2.

Ammonia sp. T6 – Hayward et al., 2004, *Marine Micropaleontology*, **50**, p. 237-271, pl. II, T6, pl. III, T6, pl. IV, T6.

Ammonia sp. T6 – Richirt et al., 2019, *Journal of Foraminiferal Research*, **49**, p. 76–93, fig. 7, T6.

Ammonia confertitesta Zheng, 1978 – Hayward et al., 2021, *Micropaleontology*, **67**, p. 157-159, Pl. 5, fig. 6–8; Pl. 6, fig. 6–8; Pl. 7, fig. 4–5.

Description

- Test hyalin perforé trochospiralé arrondi de taille moyenne (jusqu'à 500 µm) légèrement planoconvexe
- 2 à 3 tours de spire ; 7 à 10 loges dans le dernier tour de spire.
- Omphalium rempli de pustules, pas de bouton omphalial proéminent, mais parfois quelques petits boutons.
- Sur la face spirale : les sutures sont plates, ni surélevées, ni incisées, sauf pour les deux dernières loges, où les sutures peuvent être légèrement enfoncées.
- Pores de grande taille, bien visibles sous un microscope binoculaire.
- Ouverture à la base de la dernière loge, intéro-marginale.

Diagnose

Ammonia confertitesta est morphologiquement proche d'*Ammonia aberdoveyensis* et *Ammonia veneta*. La différenciation de ces espèces sous un microscope binoculaire est très difficile. Dans la littérature plus ancienne, ces trois espèces sont souvent regroupées sous le nom d'*Ammonia tepida*. *Ammonia confertitesta* et *A. veneta* se distinguent d'*A. aberdoveyensis* par des pores de plus grande taille, visibles sous binoculaire. *Ammonia confertitesta* diffère d'*A. veneta* par l'aspect lisse de la face spirale ; les sutures au centre du test de la face spirale ne sont pas surélevées. Les sutures de spirale (face spirale) peuvent être incisées pour les deux dernières loges (2 à 4 loges pour *A. veneta*). *Ammonia beccarii* est plus grande que ces trois espèces (jusqu'à 600 µm) et est caractérisée par des sutures de spire fortement incisées sur la face spirale et des ornements (pustules, boutons) le long des sutures séparant les loges sur la face omphaliale.

Distribution

Ammonia confertitesta est une espèce estuarienne qu'on retrouve dans tout l'estuaire, sans préférence pour une partie précise (biozones II-III). Cette espèce est considérée comme exotique (originale d'Asie de l'Est) et invasive. Sa distribution est irrégulière ; dans certains estuaires elle est (encore ?) absente, dans d'autres elle est fortement dominante. C'est une espèce très opportuniste qui peut atteindre des densités très importantes, et peut représenter jusqu'à 95% de la communauté des foraminifères.

Identification moléculaire

Malgré leur ressemblance morphologique, *Ammonia confertitesta* (*Ammonia* sp. T6) se distingue très bien génétiquement d'*A. aberdoveyensis* (T2) et *A. veneta* (T1). Ces trois espèces pseudocryptiques font partie de lignages très différents et n'ont pas d'ancêtre commun plus proche que les autres espèces d'*Ammonia*. *Ammonia confertitesta* a une répartition discontinue, elle a été génétiquement identifiée en Chine et au Japon ainsi que sur les côtes européennes.

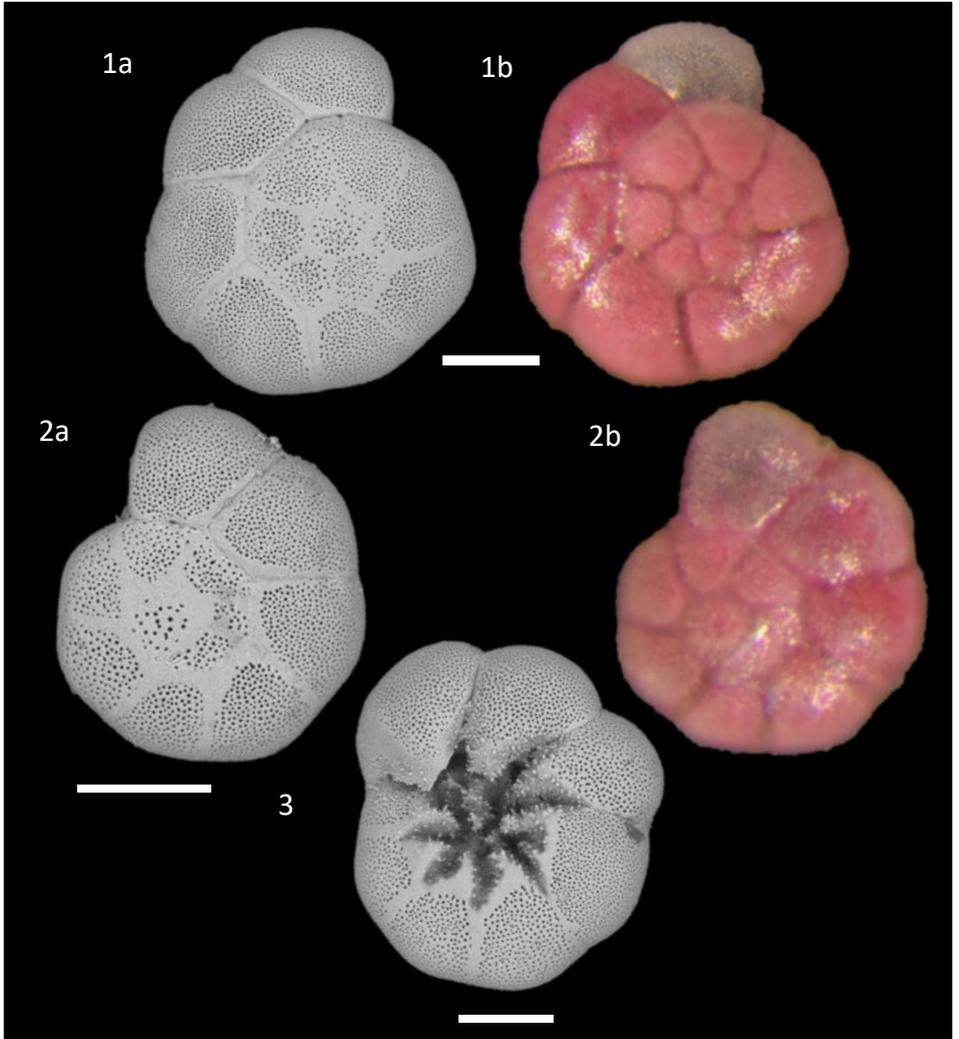


Planche 18 – *Ammonia confertitesta* Zheng, 1978, Estuaire de la Vilaine. Fig. 1 et 2. Face spirale. Fig. 3. Face ombilicale. Échelle = 100 μ m.

Ammonia veneta (Schultze, 1854)

Rotalia veneta – Schultze, 1854, Über den Organismus der Polythalamien (Foraminiferen), nebst Bemerkungen über die Rhizopoden im allgemeinen. *Ingelmann, Leipzig*, p. 59, pl. 3, fig. 1-5.

Ammonia sp. T1 – Hayward et al., 2004, *Marine Micropaleontology*, **50**, p. 237-271, pl. II, T1, pl. III, T1, pl. IV, T1.

Ammonia sp. T1 – Richirt et al., 2019, *Journal of Foraminiferal Research*, **49**, p. 76–93, fig. 7, T1.

Ammonia veneta (Schultze, 1854) – Hayward et al., 2021, *Micropaleontology*, **67**, p. 192-195, Pl. 11, fig. 1–4; Pl. 12, fig. 1–4; Pl. 13, fig. 1–3; Pl. 33, fig. 1–3.

Description

- Test hyalin perforé trochospiralé arrondi de taille moyenne (jusqu'à 400 µm), légèrement planoconvexe
- 2 à 2,5 tours de spire, 6 à 8 loges dans le dernier tour de spire
- Omphalium rempli de pustules, pas de bouton ombilical proéminent, mais parfois quelques petits boutons.
- Sur la face spirale : sutures au centre du test surélevées et calcifiées ; sutures des spires incisées pour les dernières 2 à 4 loges.
- Pores de grande taille, visibles sous un microscope binoculaire.
- Ouverture à la base de la dernière loge, intéro-marginale.

Diagnose

Ammonia veneta est morphologiquement proche d'*Ammonia aberdoveyensis* et *Ammonia confertitesta*. La différenciation de ces espèces sous un microscope binoculaire est très difficile. Dans la littérature plus ancienne, ces trois espèces sont souvent regroupées sous le nom d'*Ammonia tepida*. *Ammonia veneta* et *A. confertitesta* se distinguent d'*A. aberdoveyensis* par des pores de plus grande taille, visibles sous un microscope binoculaire. *Ammonia veneta* diffère d'*A. confertitesta* par l'aspect surélevé des sutures dans la partie centrale du test (face spirale) et les sutures de spirale incisées pour les dernières 2 à 4 loges (jusqu'à 2 loges pour *A. confertitesta*). *Ammonia beccarii* est plus grande que ces trois espèces (jusqu'à 600 µm) et est caractérisée par des sutures de spire fortement incisées sur la face spirale, et par des ornements (pustules, boutons) le long des sutures sur la face ombilicale.

Distribution

Ammonia veneta est une espèce estuarienne qu'on retrouve dans tout l'estuaire, sans préférence pour une partie précise (biozones II-III). Elle affiche une légère préférence pour les parties basses des vasières. C'est souvent une espèce dominante, avec une contribution relative jusqu'à 25%. *Ammonia veneta* a tendance à être absente, ou faiblement représentée dans les estuaires où *A. confertitesta* est abondante.

Identification moléculaire

Malgré leur ressemblance morphologique, *Ammonia veneta* (*Ammonia* sp. T1) se distingue très bien génétiquement d'*A. aberdoveyensis* (T2) et *A. confertitesta* (T6). Ces trois espèces pseudocryptiques font partie de lignages très différents et n'ont pas d'ancêtre commun plus proche que les autres espèces d'*Ammonia*.

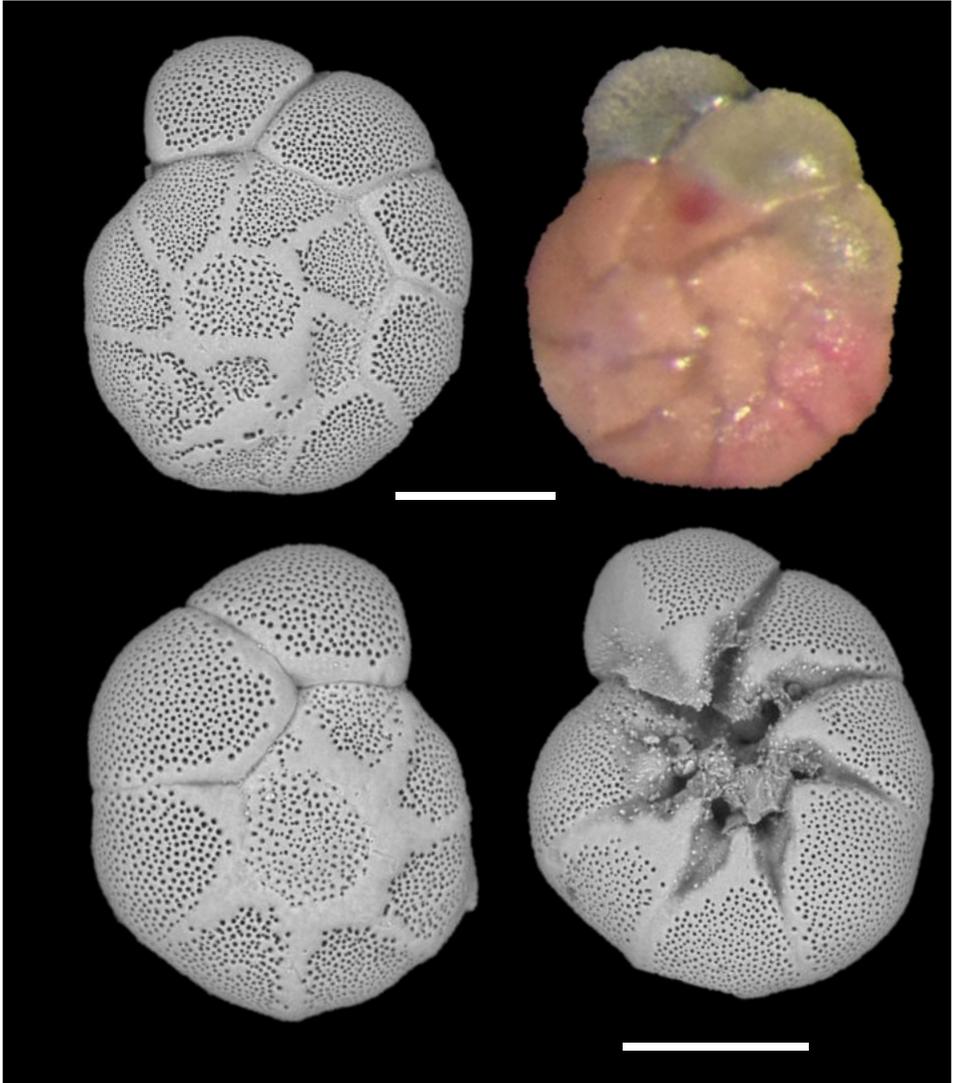


Planche 19 – *Ammonia veneta* (Schultze, 1854), Estuaire de l'Elorn. Fig. 1 et 2a : face spirale. Fig. 2b : face ombilicale. Échelle = 100 µm.

Elphidium decipiens (Costa, 1856)

Polystomella decipiens – Costa, 1856, Paleontologia del regno di Napoli : contenente la descrizione e figura di tutti gli avanzi organici fossili racchiusi nel suolo di questo regno. *Atti dell' Accademia Pontaniana Napoli*, p. 224, pl. 19, fig. 13.

Elphidium translucens (Natland, 1938) – Hansen & Lykke-Andersen, 1976, *Fossils and Strata*, 10, p.11, pl.7, fig. 1-11.

Elphidium poeyanum (d'Orbigny, 1839) forma *decipiens* (Costa, 1856) – Jorissen, 1987, *Marine Micropaleontology*, 12, pl. 2, fig. 6.

Elphidium decipiens (Costa, 1856) – Milker & Schmiedl, 2012. *Palaeontologia Electronica*, 15, p. 121, Fig. 27(15–16).

Description

- Test hyalin perforé planispiralé arrondi involute, de taille moyenne (jusqu'à 500 µm).
- Test comprimé latéralement, à périphérie arrondie.
- 9 à 13 loges dans le dernier tour de spire.
- Sutures couvertes par 7 à 9 ponts suturaux très larges, séparés par des ouvertures secondaires de petite taille.
- Région ombilicale très légèrement voire pas du tout enfoncée, remplie avec une masse vitreuse transparente.
- Ouverture représentée par une série de petits orifices à la base de la dernière loge.

Diagnose

Cette espèce se distingue facilement des autres espèces d'*Elphidium* par sa région ombilicale couverte d'une masse vitreuse transparente. Dans la littérature ancienne on peut la trouver sous les noms d'*Elphidium cuvillieri* ou d'*Elphidium translucens*.

Distribution

Elphidium decipiens est une espèce marine côtière qu'on trouve régulièrement en faible densité (au maximum 1% de la communauté) dans la zone externe des estuaires (biozones I et II).

Identification moléculaire

Cette espèce forme un nouveau phylotype, distinct des autres *Elphidium*, qui n'a pas encore été décrit ni publié.

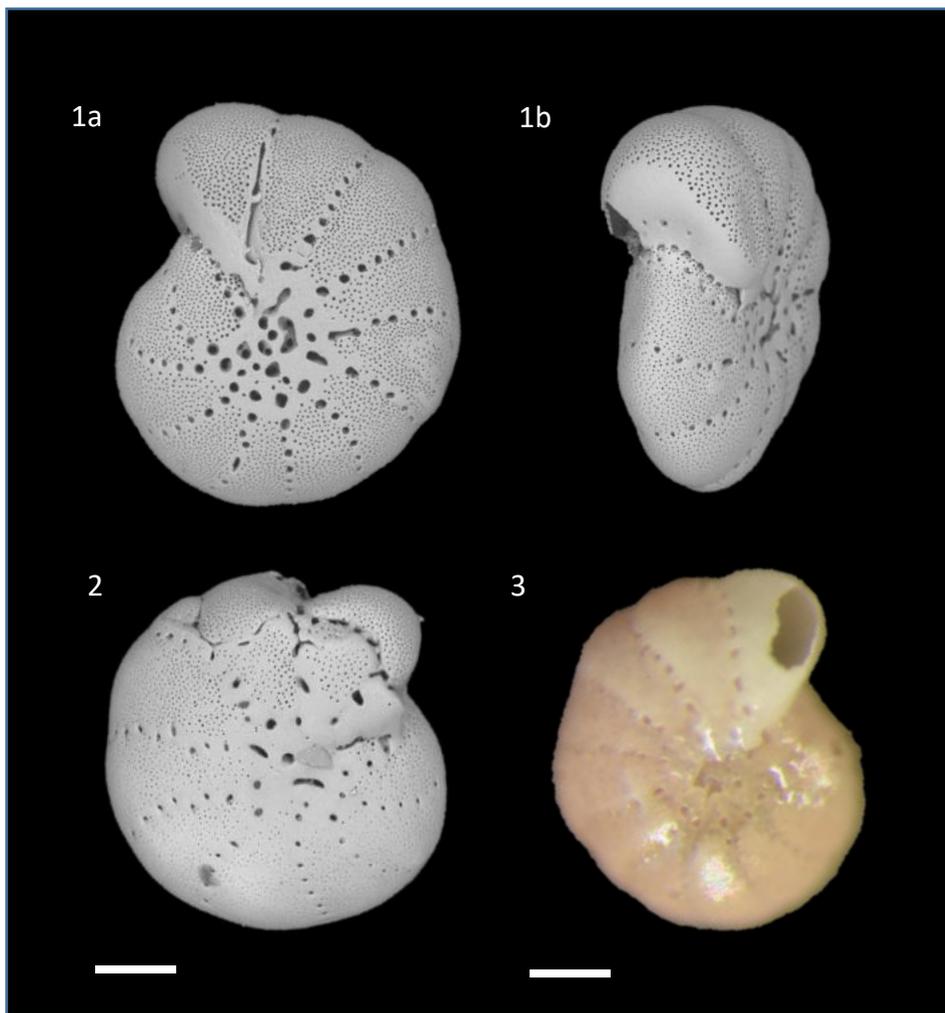


Planche 20 – *Elphidium decipiens* (Costa, 1856), Estuaire d'Auray. Fig. 1a : vue latérale. Fig. 1b : face aperturale. Fig. 2 : exemplaire cassé et régénéré. Fig. 3 : vue latérale. Échelle = 100 μ m.

Elphidium gerthi Van Voorthuysen, 1957

Elphidium gerthi – Van Voorthuysen, 1957, Foraminiferen aus dem Eemien (Riss-Würm-Interglazial) in der Bohrung Amersfoort 1. Meded. Geol. Sticht., **11**, p. 25, Pl. 2, fig. 19.

Elphidium gerthi Van Voorthuysen, 1957 – Hansen & Lykke-Andersen, 1976, *Fossils and Strata*, **10**, p. 10, pl. 5, fig. 7-12.

Elphidium gerthi Van Voorthuysen, 1957 – Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p. 161, pl. 67.

Elphidium gerthi Van Voorthuysen, 1957 – Darling et al., 2016, *Marine Micropaleontology*, **129**, p. 9, Fig. 3A-S2, 4b.

Description

- Test hyalin perforé planispiralé arrondi involute de taille moyenne (jusqu'à 400 µm).
- Faiblement comprimé latéralement, légèrement biconvexe, à périphérie triangulaire arrondie, entièrement couvert par des pores de petite taille.
- 10 à 12 loges dans le dernier tour de spire.
- Sutures incurvées vers l'arrière, profondément incisées, avec 4 à 6 ponts suturaux bien définis, assez étroits.
- Ouverture principale consistant en une série de petits orifices à la base de la dernière loge. Région aperturale couverte de petites pustules.
- Ouvertures secondaires entre les ponts suturaux pourvues de petites épines.
- Ombilic rempli de petites pustules, avec un bouton ombilical proéminent. Les extensions des loges forment une collerette autour de la région ombilicale.

Diagnose

Cette espèce se distingue des autres espèces d'*Elphidium* par des sutures et des ouvertures suturales très larges, des sutures et une région de l'ouverture fortement ornées (pustules et épines), un bouton ombilical plat et lisse et une collerette autour de l'ombilic, pas toujours complètement délimitée. A l'exception des ouvertures suturales et la région ombilicale, la surface du test est le plus souvent lisse, ce qui peut rendre la discrimination avec *Elphidium williamsoni* difficile. Généralement, *E. gerthi* a moins de ponts suturaux et un bouton ombilical mieux défini qu'*E. williamsoni*.

Distribution

Elphidium gerthi est une espèce marine côtière qu'on trouve en faible densité (au maximum 2% de la communauté) dans la zone externe des estuaires (biozones I et II).

Identification moléculaire

Elphidium gerthi correspond au phylotype *Elphidium* S2 et appartient au clade des *Elphidium* à loges étroites et aux ponts suturaux bien définis, comme *E. margaritaceum* et *E. williamsoni*.



Planche 21 – *Elphidium gerthi* Van Voorthuysen, 1957, Estuaire d’Auray. Fig. 1a et 1b : vue latérale, Fig. 1c : agrandissement de la région ombilicale (720X), Fig. 3 : face aperturale. Échelle = 100 µm.

Elphidium incertum (Williamson, 1858)

Polystomella umbilicatula (Walker, 1784) var. *incerta* – Williamson, 1858, On the recent foraminifera of Great Britain, p. 44, Pl. 3, fig. 82a.

Elphidium incertum (Williamson, 1858) – Hansen and Lykke-Andersen, 1976, *Fossils and Strata*, **10**, p. 15, pl. 12, fig. 5-9.

Elphidium incertum (Williamson, 1858) – Darling et al., 2016. *Marine Micropaleontology*, **129**, p. 19, tab. 6, fig. 3b-S6, 4f.

Elphidium incertum (Williamson, 1858) – Schönfeld, 2018. *Journal of Micropalaeontology*, **37**, p. 383-393, pl. 1, fig. 1-2, 6-15.

Description

- Test hyalin perforé planispiralé arrondi involute, de taille moyenne (jusqu'à 400 µm).
- Test fortement comprimé latéralement, périphérie arrondie.
- 8 à 10 loges dans le dernier tour de spire.
- Sutures profondément incisées dans la partie centrale, avec 1 à 4 ponts suturaux assez étroits.
- Ouverture principale consistant en une série de petits orifices à la base de la dernière loge.
- Ouvertures secondaires entre les ponts suturaux pourvues de pustules.
- Omphalocentre entièrement couvert par des extensions des 2 ou 3 dernières loges.

Diagnose

Cette espèce se distingue des autres espèces d'*Elphidium* par son aspect très aplati et les extensions des dernières loges, qui couvrent entièrement la région ombilicale. Dans la littérature ancienne, cette espèce est parfois déterminée comme *E. voorthuyseni* (Haake, 1962). Elle se distingue de *Haynesina germanica* par la présence de ponts suturaux et par la région ombilicale couverte par les extensions des dernières loges.

Distribution

Elphidium incertum est une espèce marine côtière, qu'on ne trouve qu'exceptionnellement dans la zone externe des estuaires (biozone I). A l'embouchure de l'estuaire de la Vie, il existe une population dense et pérenne, qui forme une communauté quasiment monospécifique.

Identification moléculaire

Elphidium incertum correspond au phylotype *Elphidium* S6.

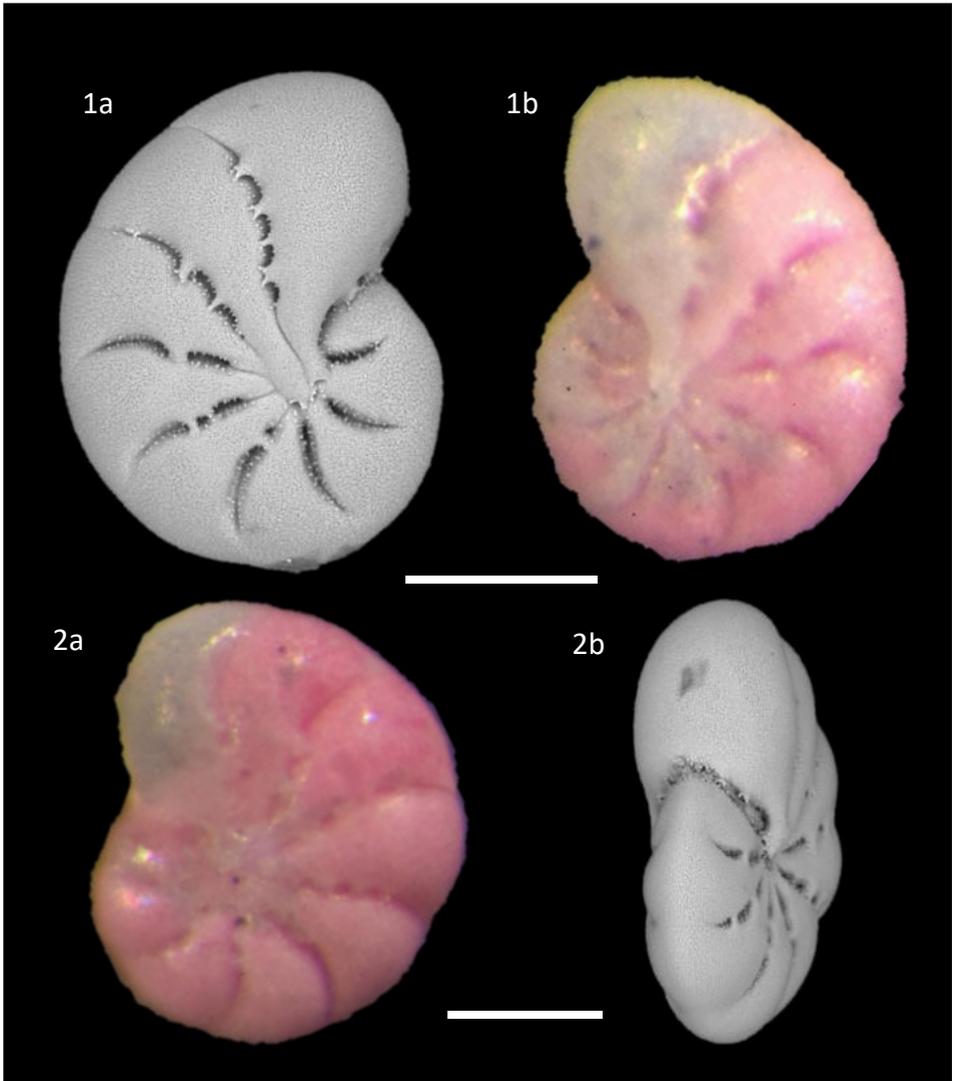


Planche 22 – *Elphidium incertum* (Williamson, 1858), Estuaire de la Vie. Fig. 1 et 2a : vue latérale. Fig. 2b : face aperturale. Échelle = 100 µm.

Elphidium magellanicum Heron-Allen & Earland, 1932

Elphidium (Polystomella) magellanicum – Heron-Allen & Earland, 1932, The ice-free area of the Falkland Islands and adjacent seas. Discovery Reports, **4**, p. 440, Pl. 16, fig. 26-28.

Elphidium magellanicum Heron-Allen & Earland, 1932 - Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.163, pl. 68.

Elphidium magellanicum Heron-Allen & Earland, 1932 – Hansen & Lykke-Andersen, 1976, *Fossils and Strata*, **10**, p. 15, pl. 13, fig. 2-6.

Elphidium magellanicum Heron-Allen & Earland, 1932 – Gustafsson and Nordberg, 1999. *Journal of Sea Research*, **41**, 163-178, Fig. 3/6-7.

Description

- Test hyalin perforé planispiralé arrondi involute, de taille moyenne (jusqu'à 400 µm).
- Test comprimé latéralement avec une périphérie arrondie.
- 6 à 7 loges dans le dernier tour de spire.
- Sutures larges, qui s'élargissent vers l'ombilic, entièrement couvertes de pustules.
- 2 à 4 ponts suturaux par suture, très peu visibles à cause de l'ornementation pustuleuse.
- Entre les sutures très larges, les loges peuvent être non ornementées, ou entièrement couvertes de pustules.
- Région ombilicale très large, entièrement couverte de pustules.
- Ouverture à la base de la dernière loge, très peu visible à cause de l'ornementation pustuleuse.

Diagnose

Cette espèce se distingue des autres espèces d'*Elphidium* par le fait qu'une très grande partie du test est ornée de pustules, ainsi que par sa région ombilicale très large, également entièrement couverte de pustules. *Elphidium magellanicum* diffère d'*Elphidium margaritaceum* par un nombre de loges beaucoup plus petits (6 à 7 dans le dernier tour de spire, comparé à 9 à 12 pour *E. margaritaceum*) et des ponts suturaux très peu distincts.

Distribution

Elphidium magellanicum est une espèce marine côtière qu'on trouve régulièrement en faible densité (au maximum 2% de la communauté) dans la zone externe des estuaires (biozones I et II).

Identification moléculaire

Elphidium magellanicum a pu être séquencé et correspond au phylotype *Elphidium* S24.

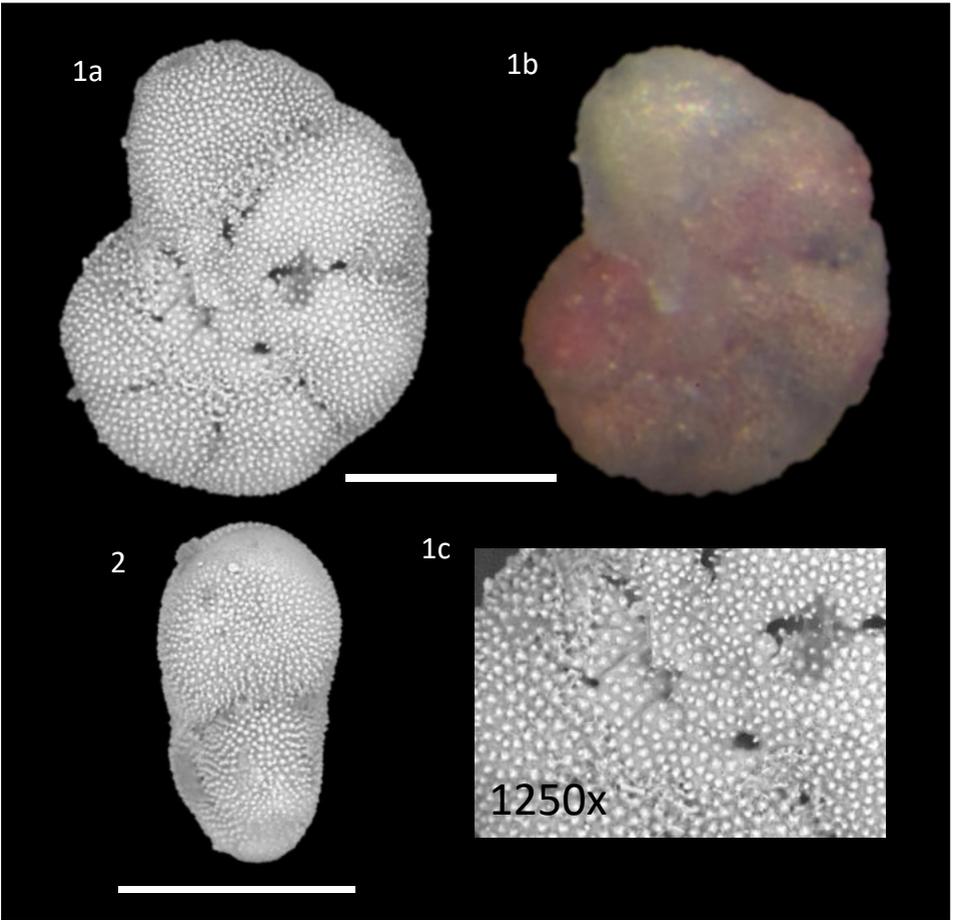


Planche 23 – *Elphidium magellanicum* Heron-Allen & Earland, 1932, Estuaire de la Vie.
Fig. 1a et 1b : vue latérale. Fig. 1c : détail de la région ombilicale. Fig. 2 : vue aperturale. Échelle = 100 μ m.

Elphidium margaritaceum Cushman, 1930

Elphidium advenum (Cushman, 1922) var. *margaritaceum* – Cushman, 1930, The foraminifera of the Atlantic Ocean. Bull. U.S. Mus. Nat. Hist., **104**, tome 7, p. 25, pl. 10/3.

Elphidium margaritaceum Cushman, 1930 – Hansen & Lykke-Andersen, 1976, *Fossils and Strata*, **10**, p. 8, pl. 3, fig. 2-6.

Elphidium margaritaceum Cushman, 1930 – Darling et al., 2016. *Marine Micropaleontology*, 129, p. 19, tab. 6, fig. 3a-S9, 4i.

Description

- Test hyalin perforé planispiralé arrondi involute, de taille moyenne (jusqu'à 400 µm).
- Test fortement comprimé latéralement, avec une périphérie pointue.
- 9 à 12 loges dans le dernier tour de spire, toutes courbées vers l'arrière.
- Sutures peu visibles, chacune largement couverte de 4 à 12 ponts suturaux très larges.
- Test entièrement couvert de pustules, donnant un aspect « neigeux » ou « velouté ».
- Région ombilicale partiellement couverte par les extensions des dernières loges.
- Ouverture à la base de la dernière loge, peu visible à cause de l'ornementation pustuleuse.

Diagnose

Cette espèce se distingue par son test entièrement couvert de pustules, et les ponts suturaux assez larges. Il y a une variabilité morphologique importante, notamment concernant le nombre de ponts suturaux. *Elphidium margaritaceum* diffère d'*Elphidium magellanicum* par le plus grand nombre de loges dans le dernier tour de spire (9 à 12, comparé à 6 à 7 pour *E. magellanicum*) et les ponts suturaux beaucoup plus visibles.

Distribution

Elphidium margaritaceum est une espèce estuarienne qui peut atteindre des densités importantes (jusqu'à 20% de la communauté) dans la zone externe des estuaires (biozones I et II).

Identification moléculaire

Elphidium margaritaceum correspond au phylotype *Elphidium* S9 et appartient au clade des *Elphidium* à loges étroites et ponts suturaux bien définis, comme *E. williamsoni* et *E. gerthi*.

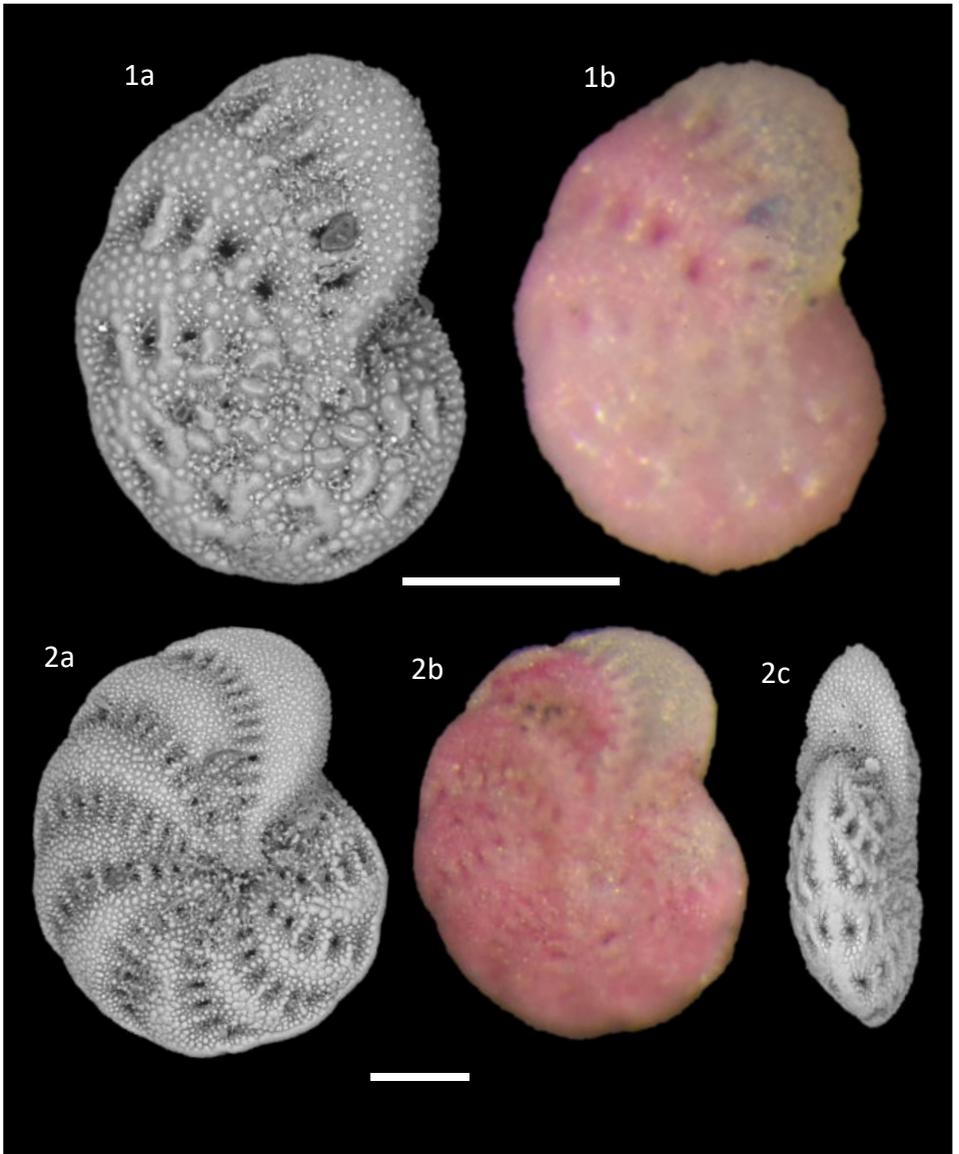


Planche 24 – *Elphidium margaritaceum* Cushman, 1930. Estuaire d’Auray. Fig. 1a,b et 2a,b : vue latérale. Fig. 2c : vue aperturale. Échelle = 100 μ m.

Elphidium oceanense (d'Orbigny, 1826, in Fornasini, 1904)

Polystomella oceanensis – d'Orbigny, 1826, *Annales de Sciences naturelles*, vol. 7, p. 285, no. 8 (nomen nudum).

Polystomella oceanensis d'Orbigny 1826 – Fornasini, 1904, *Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Classe di Scienze Fisiche*. Ser. 6, vol. 1, p. 13, pl. 3, fig. 10.

Elphidium oceanensis (d'Orbigny, 1826) - Murray, 1971, *Atlas of Recent British Foraminiferids*. Heineman, p.165, pl. 69.

Elphidium oceanense (d'Orbigny, 1826) – Darling et al., 2016. *Marine Micropaleontology*, **129**, p. 19, tab. 6, fig. 3f-S3, 4c.

Elphidium gunteri Cole, 1931 – Schönfeld, 2018. *Journal of Micropalaeontology*, **37**, p. 383-393, pl. 1, figs. 19-20.

Elphidium oceanense (d'Orbigny, 1826) – Fouet et al., 2022. *Water*, **14**, 645, Fig. 2/6.

Description

- Test hyalin perforé planispiralé, légèrement biconvexe, involute, à périphérie arrondie.
- Taille moyenne (jusqu'à 400 µm).
- Test entièrement couvert de pores de grande taille.
- 6 à 10 loges dans le dernier tour de spire.
- Chaque suture présente jusqu'à 4 ponts suturaux assez larges, pas toujours bien définis.
- Entre les ponts suturaux des ouvertures secondaires rectangulaires, avec des petites épines sur les bords.
- Ombilic rempli de pustules et un ou plusieurs boutons ombilicaux.
- Ouverture en fente à la base de la dernière loge.
- Région aperturale avec de nombreuses épines et pustules.

Diagnose

Cette espèce se distingue facilement grâce à ses pores de grande taille, et les boutons ombilicaux très proéminents. La coloration au rose Bengale donne une couleur rouge brique très typique. Dans la littérature, on la trouve parfois avec le nom *Elphidium gunteri*, qui est considéré comme un synonyme plus jeune.

Distribution

Elphidium oceanense est une espèce estuarienne qu'on retrouve dans tout l'estuaire, sans préférence pour une partie précise (biozones II-III), avec une contribution relative jusqu'à 25%.

Identification moléculaire

Phylogénétiquement, *Elphidium oceanense* (*Elphidium* S3) fait partie du clade qui regroupe les espèces anciennement identifiées comme *Elphidium excavatum* et ses variants (comme *E. selseyense*).

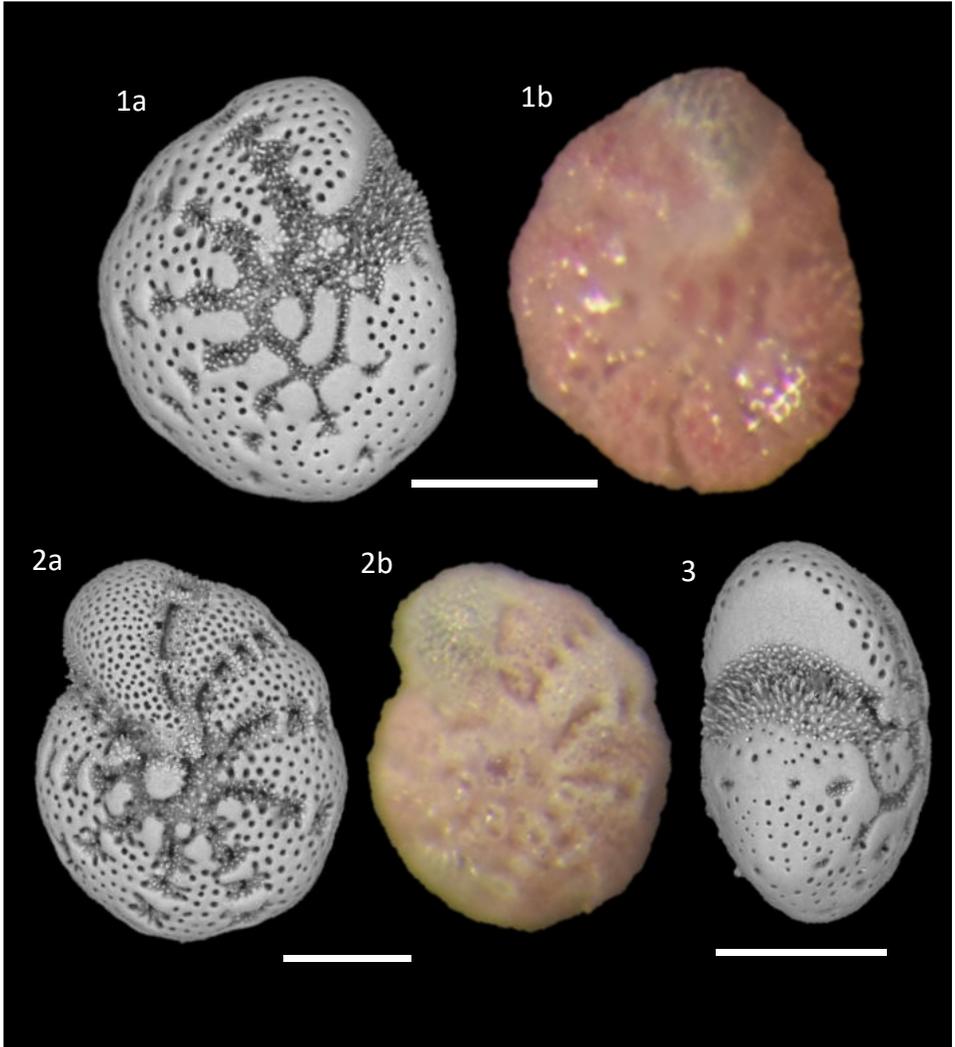


Planche 25 – *Elphidium oceanense* (D'Orbigny, 1826), Estuaire d'Auray. Fig. 1-2 : vue latérale. Fig. 1c : vue aperturale. Échelle = 100 μ m.

Elphidium selseyense (Heron-Allen & Earland, 1911)

- Polystomella striatopunctata* (Fichtel & Moll, 1798) - Heron-Allen and Earland, 1909, On the recent and fossil Foraminifera of the shore-sands of Selsey Bill, Sussex. IV. *Journal of the Royal Microscopical Society*, p. 695, pl. 21, fig. 2.
- Polystomella striatopunctata* (Fichtel & Moll, 1798) var. *selseyensis* - Heron-Allen and Earland, 1911, On the recent and fossil Foraminifera of the shore-sands of Selsey Bill, Sussex - VIII. *Journal of the Royal Microscopical Society*, p. 695.
- Elphidium excavatum* (Terquem, 1876) - Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.159, pl. 66.
- Elphidium excavatum* (Terquem, 1876) – Hansen & Lykke-Andersen, 1976, *Fossils and Strata*, **10**, p. 10, pl. 6, fig. 1-6.
- Elphidium selseyense* (Heron-Allen & Earland, 1911) – Darling et al., 2016. *Marine Micropaleontology*, 129, p. 19, tab. 6, fig. 3f-S5, 4e.

Description

- Test hyalin perforé planispiralé involute, de taille moyenne (jusqu'à 400 µm).
- Test légèrement comprimé latéralement, quelque peu biconvexe, à périphérie arrondie. Surface du test entièrement couverte de pores bien visibles, sauf la face aperturale.
- 8 à 10 loges dans le dernier tour de spire.
- Sutures s'élargissant vers la région ombilicale, avec des petites épines sur les bords. Ponts suturaux pas toujours bien définis, surtout dans les loges les plus centrales.
- Dernières loges parfois avec 1 ou 4 ponts suturaux par loge, qui n'arrivent que rarement à joindre la loge précédente.
- Extensions des dernières loges pouvant atteindre la région ombilicale.
- Région ombilicale remplie de pustules, parfois avec un ou plusieurs boutons ombilicaux.
- Ouverture à la base de la dernière loge, peu visible.
- Face aperturale non perforée, avec de nombreuses épines.

Diagnose

Cette espèce se distingue par sa région ombilicale couverte de pustules, parfois avec des boutons ombilicaux, ses sutures qui s'élargissent vers la région ombilicale et ses ponts suturaux faiblement développés. Il existe une importante variabilité morphologique, notamment en ce qui concerne le développement des boutons ombilicaux. Dans la littérature, cette espèce apparaît aussi avec le nom *E. excavatum*.

Distribution

Elphidium selseyense est une espèce marine côtière qu'on retrouve également dans la partie externe des estuaires (biozones I et II). Le fait qu'elle soit capable de fortement

dominer la communauté des foraminifères (avec des pourcentages jusqu'à 90%) suggère une tendance opportuniste.

Identification moléculaire

Phylogénétiquement, *Elphidium selseyense* (*Elphidium* S5) fait partie du clade qui regroupe les espèces anciennement identifiées comme *Elphidium excavatum* et ses variants (comme *E. oceanense*).

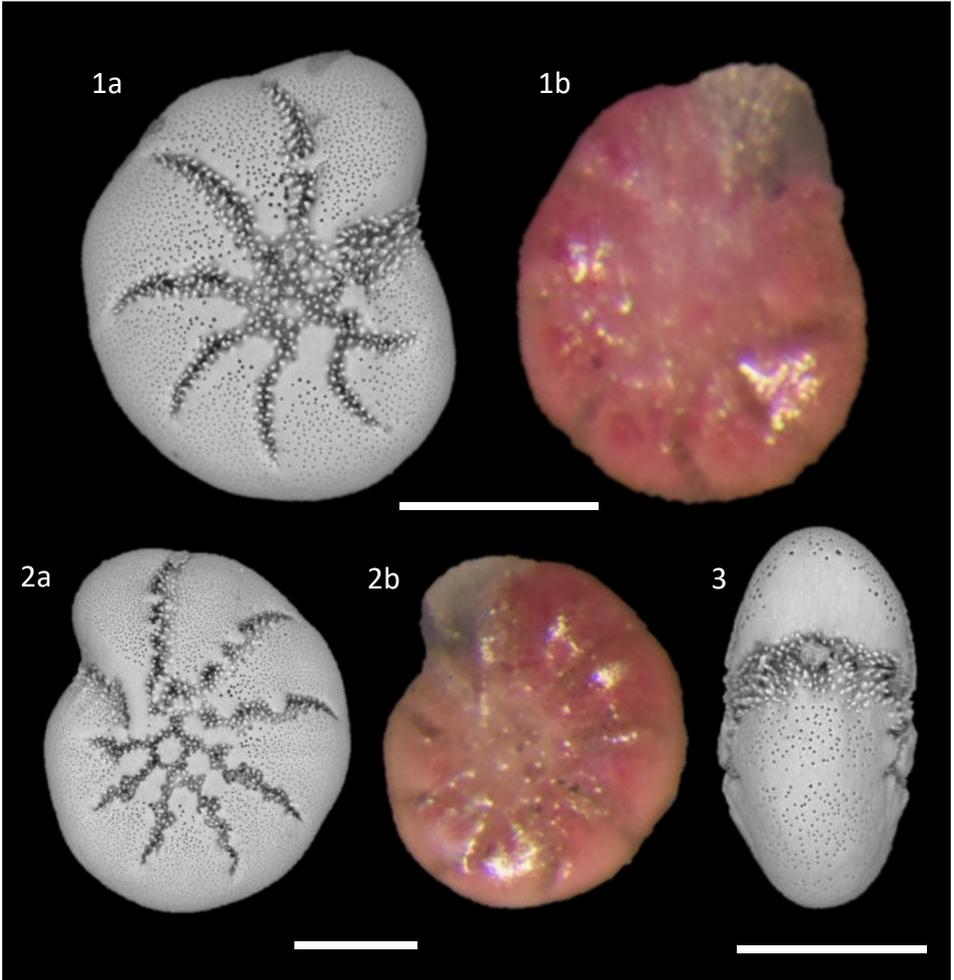


Planche 26 – *Elphidium selseyense* (Heron-Allen & Earland, 1911), Estuaire de la Vie.
Fig. 1-2 : vue latérale. Fig. 3 : vue aperturale. Échelle = 100 μ m.

Elphidium williamsoni Haynes, 1973

Polystomella umbilicatula (Walker and Jacob, 1798) – Williamson, 1858, On the recent foraminifera of Great Britain, p.42, pl.3, fig.81-82 (≠ fig. 82a).

Elphidium articulatum (d'Orbigny, 1839) – Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.153, pl. 63.

Elphidium williamsoni – Haynes, 1973, Cardigan Bay recent foraminifera. Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology, **4**, p. 207, pl. 24 fig. 7, pl. 25, fig. 6, pl. 27, fig. 1-3.

Elphidium williamsoni Haynes, 1973 – Hansen & Lykke-Andersen, 1976, *Fossils and Strata*, **10**, p. 9-10, pl. 5, fig. 1-6.

Elphidium williamsoni Haynes, 1973 – Darling et al., 2016. *Marine Micropaleontology*, **129**, p. 19, tab. 6, fig. 3a-S1, 4a.

Description

- Test hyalin perforé planispiralé, arrondi et involute, de grande taille (jusqu'à 500 µm).
- Test comprimé latéralement, à périphérie arrondie.
- 10 à 16 loges dans le dernier tour de spire.
- Sutures peu incisées, largement couvertes de 4 à 10 ponts suturaux qui s'amincissent vers les loges antérieures.
- Test entièrement couvert par des pores de petite taille.
- Région ombilicale étroite, souvent largement occupée par quelques petits boutons ombilicaux.
- Ouverture une rangée de petits trous à la base de la dernière loge, peu visible à cause de l'ornementation pustuleuse.

Diagnose

Cette espèce se distingue des autres espèces d'*Elphidium* par ses nombreuses loges, chacune pourvue de plusieurs (4 à 9) ponts suturaux bien visibles, et sa région ombilicale réduite. *Elphidium williamsoni* peut être distingué d'*Elphidium gerthi* par ses ponts suturaux plus nombreux et sa région ombilicale constituée de plusieurs petits boutons.

Distribution

Elphidium williamsoni est une espèce estuarienne sans préférence pour une partie précise des estuaires (biozones II-III). Bien que sa densité soit souvent faible, à certains sites, elle peut faire partie des espèces dominantes (jusqu'à 40% de la communauté).

Identification moléculaire

Elphidium williamsoni correspond au phylotype *Elphidium* S1 et appartient au clade des *Elphidium* à loges étroites et ponts suturaux bien définis comme *E. margaritaceum* et *E. gerthi*.

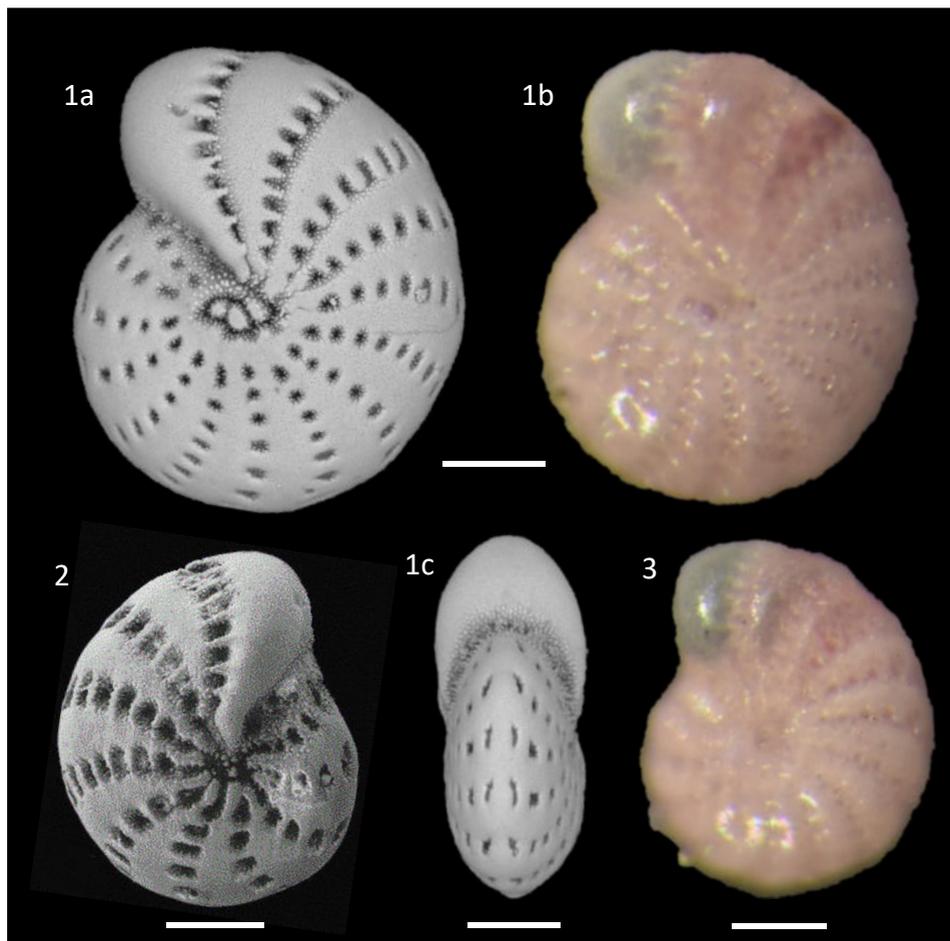


Planche 27 – *Elphidium williamsoni* Haynes, 1973, Estuaire de l'Odet (Fig. 1 et 3) et Estuaire de la Vie (Fig. 2). Fig. 1a, 1b, 2 et 3 : vue latérale. Fig. 1c : vue aperturale. Échelle = 100 μ m.

Haynesina depressula (Walker & Jacob, 1798)

Nautilus depressulus – Walter & Jacob, 1798, dans: Kanmacher F. (1798). Essays on the microscope. The Second Edition, with considerable additions and improvements. p. 641, pl. 14, fig. 33.

Nonion depressulus (Walker & Jacob, 1798) - Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.169, pl. 82.

Nonion depressulum (Walker & Jacob, 1798) – Hansen & Lykke-Andersen, 1976, *Fossils and Strata*, **10**, p. 21, pl. 19, fig. 3-6.

Haynesina depressula (Walker & Jacob, 1798) – Darling et al., 2016. *Marine Micropaleontology*, **129**, p. 19, tab. 6, fig. 3c-S17, fig. 4q.

Description

- Test hyalin perforé planispiralé involute de taille moyenne (jusqu'à 300 µm).
- Test arrondi à la périphérie, fortement comprimé latéralement
- 8 à 12 loges visibles.
- Ombrilic rempli de pustules, sans bouton ombilical.
- Les sutures séparant les loges s'élargissent et s'approfondissent vers l'ombilic et sont remplies de pustules. Sutures courbées vers l'arrière.
- Ouverture à la base de la dernière loge, intéro-marginale.

Diagnose

Haynesina depressula se distingue de *H. germanica* par sa plus petite taille, son test plus comprimé latéralement, ses loges plus hautes et ses sutures courbées vers l'arrière, près de la région ombilicale plus ouvertes et remplies de pustules. *Haynesina depressula* se distingue des quelques espèces d'*Elphidium* qui lui ressemblent par l'absence totale de ponts suturaires.

Distribution

Haynesina depressula est une espèce marine côtière qu'on retrouve avec des densités parfois élevées (jusqu'à 25% de la communauté) dans la zone externe des estuaires (biozones I et II).

Identification moléculaire

Phylogénétiquement, *Haynesina depressula* est très proche du genre *Elphidium*. L'espèce a été identifiée génétiquement sur la côte atlantique européenne sous le nom d'*Haynesina* S17.

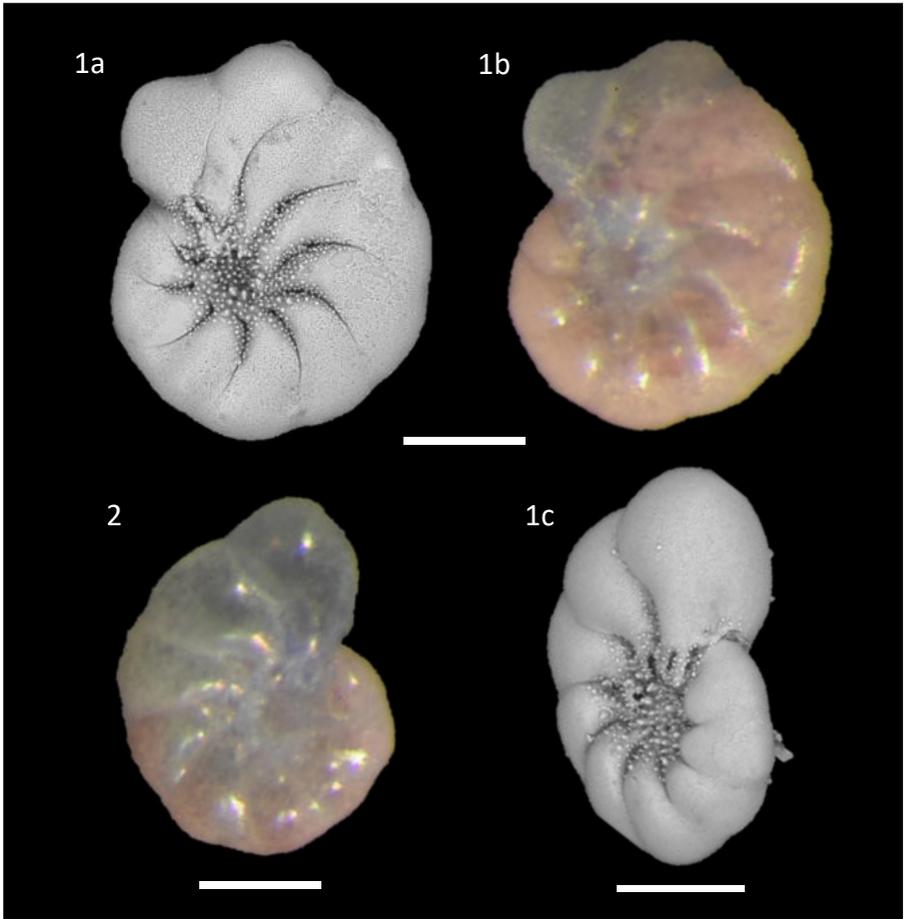


Planche 28 – *Haynesina depressula* (Walker & Jacob, 1798), Estuaire d’Auray. Fig. 1a, 1b et 2 : vue latérale. Fig. 1c : face aperturale. Échelle = 100 μ m.

Haynesina germanica (Ehrenberg, 1840)

- Nonionina germanica* – Ehrenberg, 1840, Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, p. 23.
- Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840) – Banner & Culver, 1978, *Journal of Foraminiferal Research*, **8**, p. 184-200, fig. 2,5, Pl. 4-8, Pl. 9, fig. 1-15, Pl. 10, fig. 1-8.
- Protelephidium anglicum* Murray, 1965 - Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.169, pl. 71.
- Nonion germanicum* (Ehrenberg, 1840) – Hansen & Lykke-Andersen, 1976, *Fossils and Strata*, **10**, p. 21, pl. 19, fig. 7-12.
- Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840) – Darling et al., 2016. *Marine Micropaleontology*, **129**, p. 19, tab. 6, fig. 3c-S16, 4p.
- Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840) – Schönfeld, 2018. *Journal of Micropalaeontology*, **37**, p. 383-393, pl. 1, figs. 21-23.
- Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840) – Fouet et al., 2022, *Water*, **14**, 645, Fig. 2/7.

Description

- Test hyalin planispiralé involute de taille moyenne (jusqu'à 400 µm).
- Test arrondi à la périphérie, quelque peu comprimé latéralement, entièrement perforé de petites pores.
- 7 à 11 loges visibles.
- Omphalium rempli de pustules, sans bouton ombilical.
- Sutures séparant les dernières loges incisées près de l'ombilic, bordées de pustules.
- Ouverture à la base de la dernière loge, intéro-marginale.
- Région aperturale entièrement couverte de pustules.
- Coloration au Rose Bengale d'une couleur fuchsia très typique. Couleur vert-brun quand vivante.

Diagnose

Haynesina germanica se distingue de *H. depressula* par sa plus grande taille, son test moins comprimé latéralement et ses loges moins hautes. Chez *H. depressula*, les sutures plus ouvertes vers la région ombilicale sont couvertes de pustules. *Haynesina germanica* se distingue des quelques espèces d'*Elphidium* qui lui ressemblent par l'absence totale de ponts suturales.

Distribution

Haynesina germanica est une espèce estuarienne fortement euryhaline qu'on retrouve dans tout l'estuaire, sans préférence pour une partie précise (biozone III). C'est souvent une espèce fortement dominante (jusqu'à 95% de la communauté), ce qui témoigne de son caractère opportuniste.

Identification moléculaire

Phylogénétiquement, *Haynesina germanica* est très proche du genre *Elphidium*. L'espèce a été identifiée génétiquement sur la côte atlantique européenne sous le nom d'*Haynesina* S16.

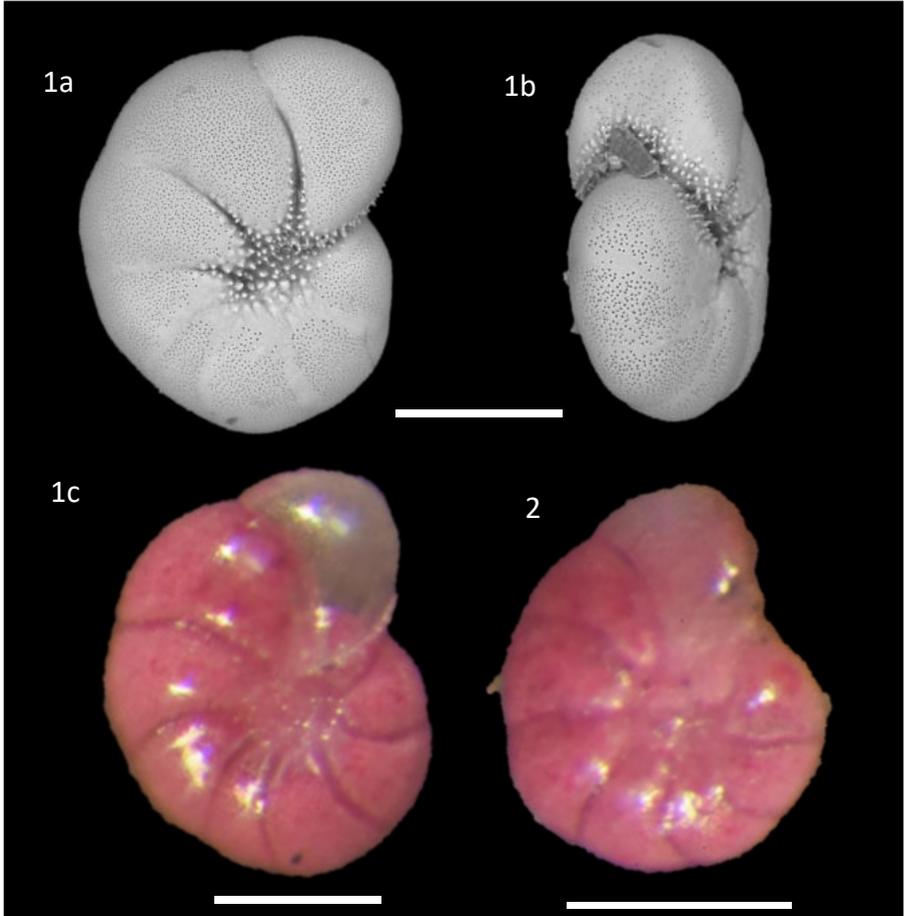


Planche 29 – *Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840), Estuaire de la Vie. Fig. 1a, 1c et 2 : vue latérale. Fig. 1b : face aperturale. Échelle = 100 μ m.

Virgulinea fragilis Grindell & Collen, 1976

Espèce potentiellement exotique

Virgulinea fragilis – Grindell & Collen, 1976. *Virgulinea fragilis* n. sp. (Foraminiferida) from Wellington Harbour, New Zealand. *Revista española de micropaleontología*. **8**, 274-276, fig. 2, pl. 1.

Virgulinea fragilis Grindell & Collen, 1976 – Tsuchiya et al., 2009. *Marine Micropaleontology*, **70**, p. 8-19, pl. 1, fig. 1-3.

Description

- Test hyalin finement perforé de forme allongée, initialement trisérié, puis bisérié.
- Loges très enflées, tout particulièrement la dernière qui peut représenter près de 2/3 de du volume de l'individu.
- Sutures marquées par de grands ponts suturaux élançés. 3 à 5 ponts entre deux loges successives.
- Ouverture circulaire à la base de la dernière loge.

Diagnose

Virgulinea fragilis se distingue facilement d'autre taxa, tels que *Stainforthia* ou *Bulimina*, par ses ponts suturaux de grande taille. La coloration au Rose Bengale est visible, mais assez mate au travers du test.

Distribution

Espèce marine côtière, typique des milieux caractérisés par une forte productivité et/ou des conditions hypoxiques. On la rencontre de manière occasionnelle dans les estuaires (biozone I). Elle peut être abondante ($\leq 20\%$ de la communauté) dans le port de Calais dans des bassins avec une salinité entre 5 et 10. Cette espèce a d'abord été décrite en Nouvelle Zélande. L'observation de cette espèce sur la façade atlantique européenne est relativement récente et suggère qu'il s'agit d'une espèce exotique.

Identification moléculaire

Des individus identifiés morphologiquement comme *Virgulinea fragilis* de plusieurs régions au monde ont été séquencés et se sont révélés très homogènes génétiquement.

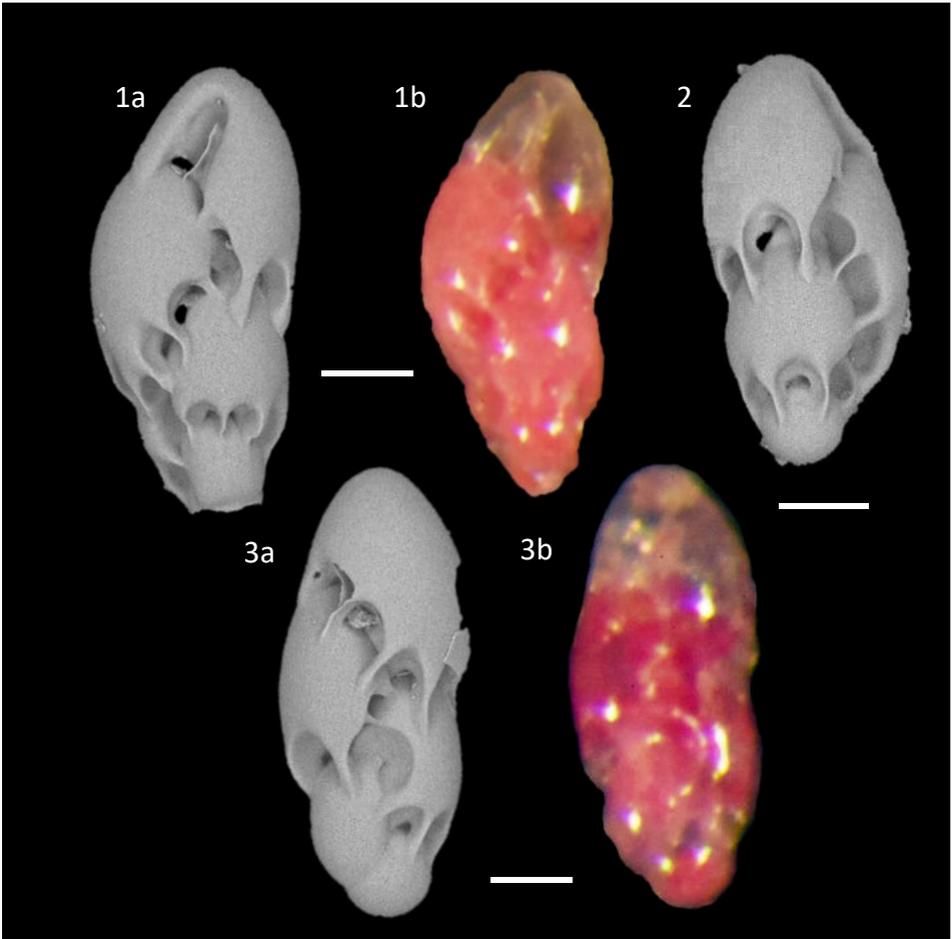


Planche 30 – *Virgulinea fragilis* Grindell & Collen, 1976. Port de Calais. Fig. 1a-b : vue sur l'ouverture. Fig. 2-3 : vue de dos. Échelle = 50 μ m.

Espèces de foraminifères de petite taille (partie 1)

Les espèces suivantes sont généralement de petite taille. On les trouve essentiellement dans la fraction 63-125 µm.

Cribrostomoides jeffreysii (Williamson, 1858)

Nonionina jeffreysii - Williamson, 1858. On the recent Foraminifera of Great Britain, p. 34, pl. 3, figs. 72-73.

Cribrostomoides jeffreysii (Williamson, 1858) – Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p. 23, pl. 4.

Test agglutiné trochospiralé, globuleux, avec 5 à 7 loges dans le dernier tour de spire. Sutures bien marquées. Ouverture en fente, à la base de la dernière loge. Distribution : espèce marine ouverte, accessoire dans les estuaires et dans les bassins ouverts des ports avec quelques individus observés occasionnellement (biozone I).

Portatrochammina murrayi Brönnimann & Zaninetti, 1984

Portatrochammina murrayi – Brönnimann & Zaninetti, 1984. *Revue de Paléobiologie*, 3, p. 72-74, pl. 5, figs. 7, 12-15.

Test agglutiné trochospiralé, globuleux, avec 4 à 5 loges dans le dernier tour de spire. Sutures peu profondes, ombilic peu distinct. Ouverture arrondie au milieu de l'ombilic. Distribution : espèce marine ouverte, accessoire dans les estuaires et dans les bassins ouverts des ports avec quelques individus observés occasionnellement (biozone I).

Cornuspira involvens (Reuss, 1850)

Operculina involvens – Reuss 1850, Neue Foraminiferen aus den Schichten des österreichischen Tertiärbeckens, p. 370, pl. 46, Fig. 30.

Cyclogyra involvens (Reuss, 1950) – Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.53, pl. 18.

Test porcelané imperforé, discoïdal, circulaire et aplati. Surface lisse, non ornée. Proloculus suivi d'une deuxième loge tubulaire non divisée. Périphérie arrondie. Ouverture arrondie à la fin de la loge tubulaire. Distribution : Cette espèce est trouvée avec une abondance relative de 2 à 10 % dans l'estuaire interne et sur le schorre (biozone IV), associée à *Entzia macrescens* et *Trochammina inflata*.

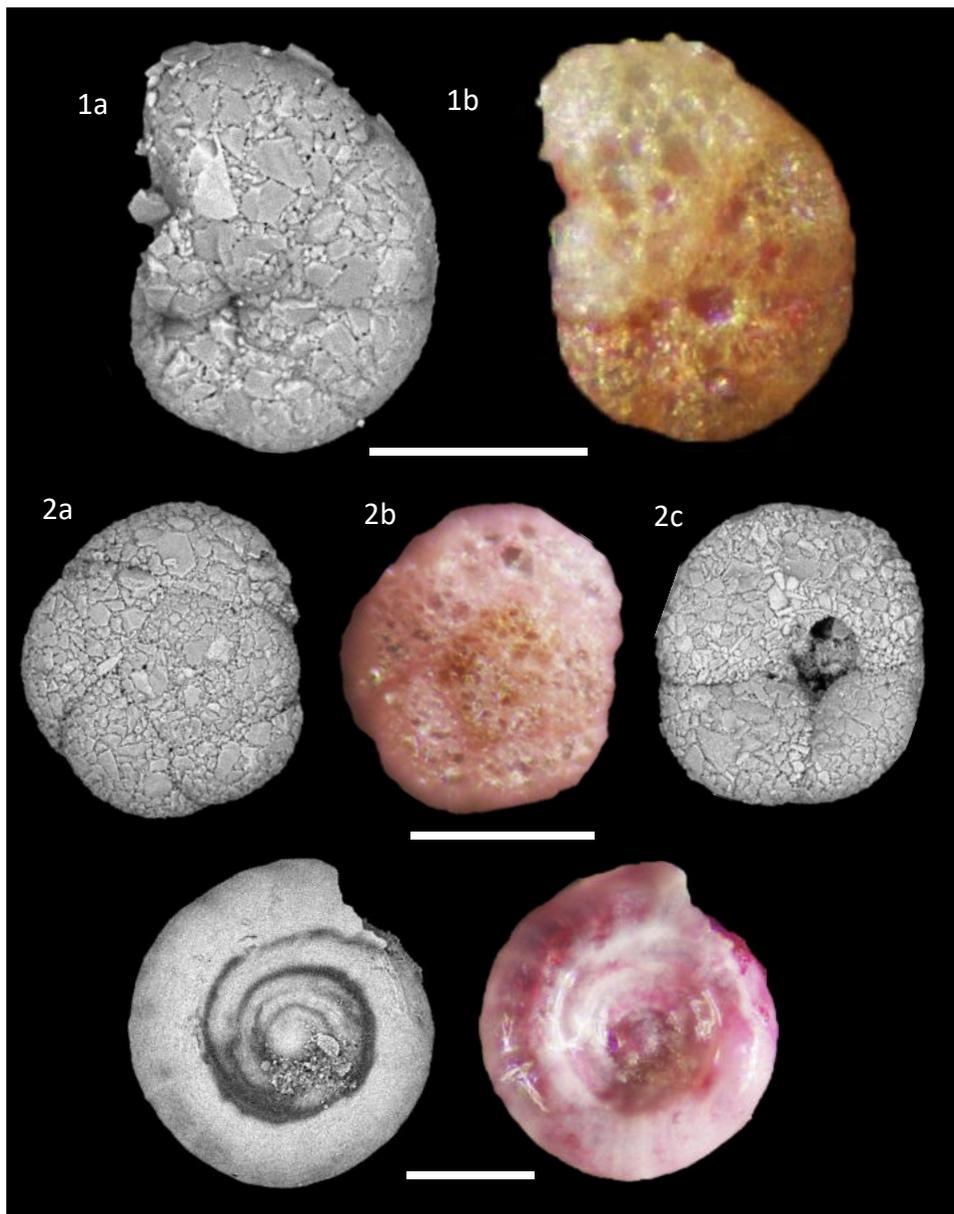


Planche 31 – Fig. 1 : *Cribrostomoides jeffreysii* (Williamson, 1858), Estuaire de l'Authie.
 Fig. 2 : *Portatrochammina murrayi* Brönnimann & Zaninetti, 1984, Estuaire de l'Authie.
 Fig. 2a-b: face spirale, Fig. 2c: face spirale. Fig. 3 : *Cornuspira involvens* (Reuss, 1950),
 Estuaire de la Canche. Échelle = 100 μ m.

Espèces de foraminifères de petite taille (partie 2)

Bolivina dilatata Reuss, 1850

Bolivina dilatata – Reuss, 1850, Neue Foraminiferen aus den Schichten des österreichischen Tertiärbeckens. *Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, **1**, p. 381, pl. 48, figs. 15 a-c.

Bolivina dilatata Reuss, 1850 - Cimmerman and Langer, 1991, Mediterranean foraminifera, p. 59, pl. 62, fig. 2.

Test bisérié, subelliptique en section horizontale. Périphérie arrondie, sutures faiblement déprimées. Ouverture simple intéro-marginale, basale, bordée d'une lèvre et munie d'une plaque dentaire.

Distribution : espèce marine ouverte (biozone I).

Bolivina pseudoplicata Heron-Allen & Earland, 1930

Bolivina pseudoplicata - Heron-Allen & Earland, 1930. The Foraminifera of the Plymouth district. I. *Journal of the Royal Microscopical Society*. **50(1)**, p. 81-82, pl. 3, figs. 36-40.

Bolivina pseudoplicata Heron-Allen & Earland, 1930 – Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.107, pl. 43.

Test bisérié, s'élargissant vers les loges les plus jeunes. Se distingue des autres espèces de *Bolivina* par l'ornementation réticulée sur l'ensemble du test.

Distribution : espèce marine ouverte (biozone I).

Buliminella elegantissima (d'Orbigny, 1839)

Bulimina elegantissima – d'Orbigny, 1839. Voyage dans l'Amérique Méridionale. Foraminifères, pt. 5, p. 51-52, pl. 7, fig. 13-14.

Buliminella elegantissima (d'Orbigny, 1839), Murray, 1971, Atlas of Recent British Foraminiferids. Heineman, p.105, pl. 42.

Test allongé, multisérié, arrondi en section. Nombreuses loges, très hautes et étroites, sutures déprimées. Ouverture terminale arrondie, avec une plaque dentaire en forme de boucle.

Distribution : espèce marine ouverte (biozone I).

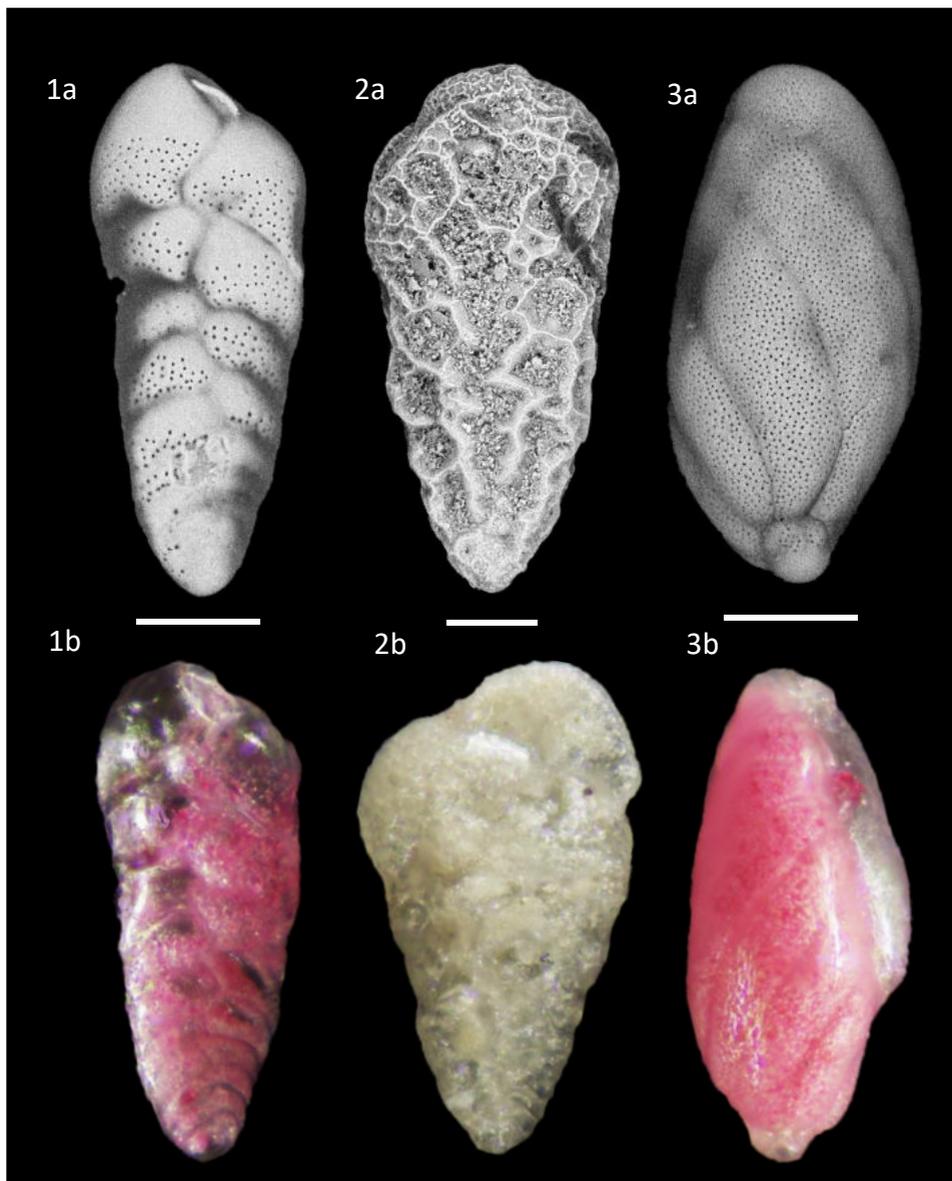


Planche 32 – Fig. 1 : *Bolivina dilatata* Reuss, 1850, Port de Boulogne-sur-Mer. Fig. 2 : *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen & Earland, 1930, Port de Boulogne-sur-Mer. Fig. 3 : *Buliminella elegantissima* (d'Orbigny, 1839), Estuaire de l'Authie. Échelle = 50 μ m.

Espèces de foraminifères de petite taille (partie 3)

Hopkinsina atlantica Cushman, 1944

Hopkinsina pacifica var. *atlantica* – Cushman, 1944, Foraminifera from the shallow water of the New England coast. *Special Publ. Cushman Lab. Foram.*, **12**, Res. 1-37.

Hopkinsina atlantica Cushman, 1944. Armynot du Châtelet et al., 2011, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen*, **262/1**, fig. 9, 29-31.

Test fusiforme, d'abord trisérié, ensuite bisérié, allongé, légèrement comprimé, souvent tordu, finement perforé. Sutures déprimées. Ouverture terminale avec un cou, munie d'une plaque dentaire et une lèvre dentelée.

Distribution : espèce marine ouverte (biozone I).

Stainforthia fusiformis (Williamson, 1858)

Bulimina pupoides var. *fusiformis* – Williamson, 1858. On the recent Foraminifera of Great Britain. p. 63, figs. 129-130 .

Stainforthia fusiformis (Williamson, 1858) – Gooday & Alve, 2001, *Progress in Oceanography*, **50**, 261-283, pl. 3.

Stainforthia fusiformis (Williamson, 1858) – Schönfeld et al., 2013. *Journal of Micropaleontology*, **32**, p. 161-182, pl. 1, figs. 5-7, 18-19, 35-39.

Test fusiforme, allongé, légèrement comprimé, bisérié, finement perforé. Loges enflées, allongées, plus hautes que larges, sutures déprimées. Ouverture à la base de la dernière loge, arrondie, munie d'une plaque dentaire avec une lèvre crénelée.

Distribution : espèce marine ouverte (biozone I).

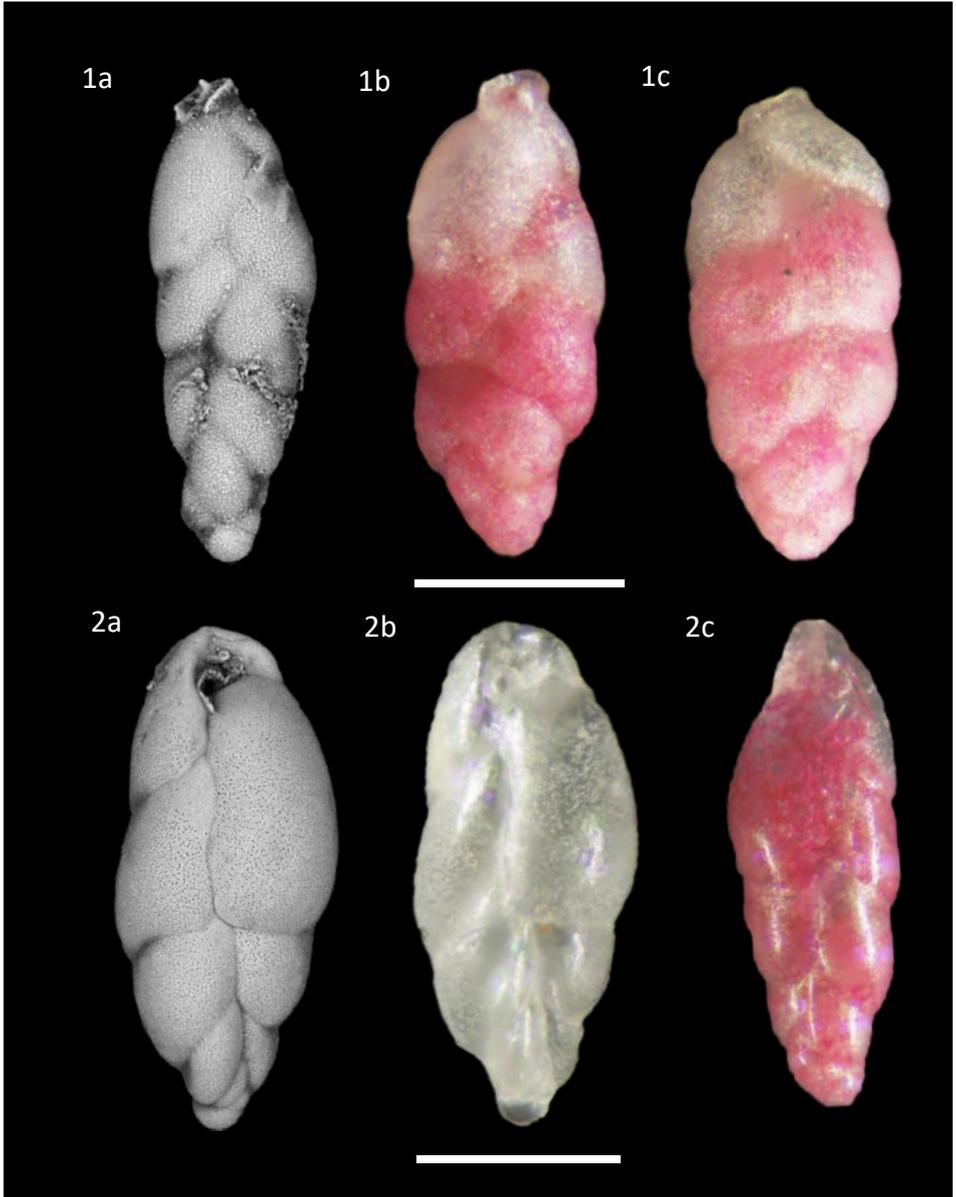


Planche 33 – Fig. 1 : *Hopkinsina atlantica* Cushman, 1944, Port de Boulogne-sur-Mer.
Fig. 2 : *Stainforthia fusiformis* (Williamson, 1858), Port de Boulogne-sur-Mer. Échelle = 100 µm.

Foraminifères à test organique (monothalamides)

Les monothalamides ou foraminifères à test organique (ou à « test mou ») sont un groupe de foraminifères très diversifié avec des espèces vivant en milieu marin benthique mais aussi en eau douce et dans le sol.

Comme les tests disparaissent très vite après la mort des individus, ce groupe est souvent négligé par les études morphologiques, à cause de sa mauvaise préservation dans les sédiments. De plus, les méthodes de fixation classiques des échantillons, en utilisant éthanol et rose Bengale, ne sont pas idéales pour préserver ces espèces, dont les individus fixés se rétractent dans l'éthanol.

Cependant, des études portant sur l'ADN environnemental (ADNe), de l'ADN extrait directement du sédiment ou de l'eau, ont montré que les monothalamides peuvent représenter jusqu'à trois quarts des séquences d'ADN de foraminifères. Ce groupe a donc une importance non négligeable dans les communautés de foraminifères.

Ici nous présentons quelques-uns des taxons de grande taille (>400µm) rencontrés dans les estuaires de la façade atlantique. Les monothalamides peuvent être identifiés au niveau du genre mais la reconnaissance au niveau de l'espèce est beaucoup plus difficile au vu du manque de critères morphologiques disponibles pour ces espèces. Les espèces sont donc généralement identifiées grâce au DNA barcoding ou génotypage.

Le genre *Bathysiphon* Sars, 1872

Il s'agit de foraminifères à test très allongé, ressemblant à un tube ou à un fil, de couleur argentée, blanche ou orangée suivant les espèces. Au moins deux espèces ont été identifiées sur la façade atlantique.

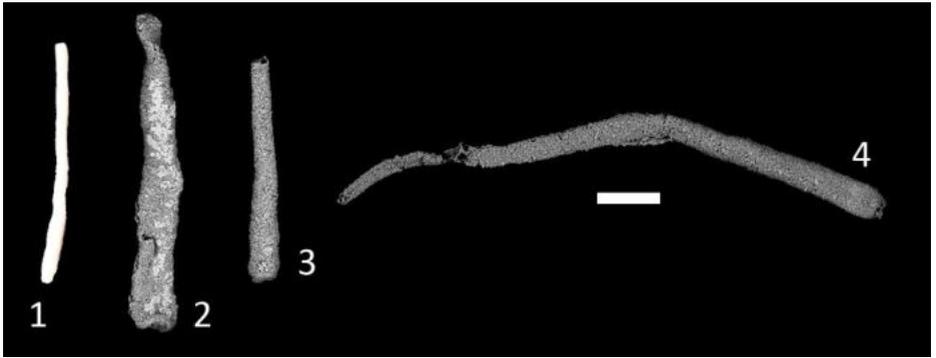


Planche 34 – Fig. 1 : *Bathysiphon* sp., Île d'Yeu. Fig. 2 : *Bathysiphon* sp., Estuaire d'Auray. Figs 3-4 : *Bathysiphon* sp., Estuaire de la Vie. Échelle = 200 μ m. Fig. 1 : image optique, fig. 2-4 : images MEB.

Le genre *Psammophaga* Arnold, 1982

Les *Psammophaga* ont une forme de ballon ovoïde avec une ouverture entourée d'un col. Les spécimens identifiés sont tachetés de blanc, noir et gris ou de couleur gris-beige. Cinq espèces différentes ont été identifiées sur la façade atlantique.



Planche 35 – Figs 1-2 : *Psammophaga* sp., Estuaire du Belon. Figs 3-4 : *Psammophaga* sp., Île de Bailleron. Figs 5-7 : *Psammophaga* sp., Estuaire de la Vie. Échelle = 100 μ m. Fig. 1-4 : images optiques, fig. 5-7 : images MEB.

Glossaire

Dans ce glossaire, les termes techniques utilisés dans cet ouvrage sont expliqués.

Agglutiné - Se dit d'un test (= coquille) composé de grains sédimentaires agglutinés. Un test peut être grossièrement ou finement agglutiné, avec les grains plus ou moins bien triés (de la même taille) et de taille plus ou moins spécifique.

Aperture – L'ouverture principale du test.

Biconvexe – Se dit d'un test latéralement qui a deux faces opposées convexes.

Bisérié – Avec les loges successives organisées en séries de deux, alternativement à gauche et à droite.

Bouton ombilical – Élément surélevé, assez proéminent, dans l'ombilic. Un bouton ombilical peut être lisse ou perforé. Souvent un bouton ombilical contraste avec l'ornementation pustuleuse dans le reste de l'ombilic.

Carène – Bande non perforée à la périphérie d'un test latéralement comprimé. L'aspect non perforé de la carène contraste souvent avec les autres parties du test, qui sont perforées.

Col – Extension de la dernière loge, à la fin de laquelle se situe l'ouverture principale.

Côte – Élément d'ornementation linéaire proéminent. Une côte diffère d'une strie parce qu'elle augmente progressivement en hauteur, tandis qu'une strie est formée comme une lame, augmentant très brusquement en hauteur.

Crénéolé – Dentelé ; ce terme peut être utilisé pour la carène, le col ou la lèvre.

Épine – Élément d'ornementation. Une épine diffère d'une pustule par sa plus grande taille, et son aspect plus surélevé.

Espèce cryptique – Se dit des espèces qui sont morphologiquement pareilles, mais différentes génétiquement.

Espèce pseudo-cryptique – Se dit des espèces qui sont génétiquement différentes, et morphologiquement très semblables. Ces espèces n'avaient pas été différenciées dans la taxonomie traditionnelle, basée sur la morphologie. Un ré-examen des critères morphologiques, assorti d'une analyse morphométrique, permet de trouver des critères discriminants.

Evolute – Dans le cas d'un test spiralé : quand les spires les plus jeunes ne couvrent pas les spires antérieures. Dans le cas idéal, toutes les spires successives sont visibles.

Face aperturale – Côté du test qui montre l'ouverture.

Face ombilicale – Dans le cas d'un test trochospiralé : le côté qui montre uniquement le dernier tour de spire, avec une dépression au milieu (l'ombilic).

Face spirale – Dans le cas d'un test trochospiralé : le côté qui montre tous les tours de spire successifs.

Flabelliforme – En forme d'éventail, avec des loges successives qui augmentent rapidement en largeur.

Fusiforme – Long et mince, élancé

Hyalin – Transparent

Imperforé – Sans pores, ce qui donne un aspect lisse au test. Les tests sans pores sont aussi appelés porcelanés. Le groupe de foraminifères à test imperforé est aussi connu sous le nom de « miliolés » ou « miliolides ».

Intério-marginal – Entre le centre et la périphérie du test, ce terme est surtout utilisé pour décrire la position de l'ouverture.

Involute – Dans le cas d'un test spiralé : quand le dernier tour de spire englobe totalement ou partiellement les spires antérieures.

Lèvre – Bordure enflée imperforée autour de l'ouverture.

Loge – Sous-division du test. Les loges successives sont séparées par des cloisons (sutures) et communiquent entre elle par des ouvertures (à l'intérieur du test) appelées « foramens ».

Miliolés – Groupe de foraminifères avec un test imperforé et un plan d'enroulement des loges particulier, où les loges sont formées en respectant un angle constant, et où la position de l'ouverture alterne de façon régulière entre les loges successives (en haut ou en bas du test).

Multisérié – Lorsque les loges sont disposées en séries, avec plus de trois loges par série.

Ombilic – Dans le cas d'un test trochospiralé : dépression sur la face qui montre uniquement le dernier tour de spire.

Ornementation/Orné – Des éléments qui font que le test d'un foraminifère à test carbonaté n'est pas lisse, tels que les côtes, stries, épines et pustules.

Ouverture (principale) – Orifice par lequel se font la majorité des échanges entre le cytoplasme à l'intérieur et à l'extérieur du test. L'ouverture peut se situer à la base de la dernière loge (basale), en haut de la dernière loge (terminale) ou entre les deux (intério-marginale).

Ouverture secondaire – Ouverture de plus petite taille que l’ouverture principale. Ces ouvertures se situent souvent au croisement des sutures entre les loges et entre les tours de spire.

Planispiralé – Se dit d’un test avec des spires successives (composées de plusieurs loges) enroulées dans un seul plan. Un test parfaitement planispiralé présente une symétrie bilatérale. Un test planispiralé peut être involute (uniquement le dernier tour de spire visible) ou évolute (plusieurs tours de spire visibles).

Planoconvexe – Un test qui est plat d’un côté et bombé de l’autre.

Plaque dentaire – Structure interne sous forme de plaque ou de demi-tube, visible dans l’ouverture.

Pont sutural – Une extension d’une loge vers l’arrière, passant par-dessus la suture, qui forme une connexion entre deux loges successives. Typique pour les espèces du genre *Elphidium*.

Porcelané – Se dit d’un test imperforé (dépourvu de pores), tels qu’on les trouve dans le groupe des milioles.

Pore – Ouverture de petite taille (quelques microns en diamètre au maximum) dans le test d’un foraminifère. Dans la grande majorité des foraminifères à test perforé, le test est densément couvert de pores, à l’exception parfois de quelques zones spécifiques de taille limitée, qui restent imperforées.

Proloculus – Première loge du test.

Pustule – Élément d’ornementation sous forme de petits pics légèrement surélevés, peu proéminents. Pour certaines espèces, de grandes surfaces peuvent être tapissées de pustules, ce qui donne un aspect mat ou velouté au test.

Quinqueloculin – Se dit d’un test avec un enroulement trouvé chez les foraminifères à test porcelané imperforé (« milioles »), où les loges sont ajoutées en série, avec un angle de 144° entre deux loges successives. Le résultat est un test avec cinq loges visibles à l’extérieur : quatre loges visibles d’un côté et trois de l’autre.

Streptospiralé – Se dit d’un test avec des loges successives organisées dans des spires qui sont enroulées comme une boule de laine.

Strie – Élément d’ornementation linéaire, peu proéminent, en forme de lame.

Suture – Séparation entre deux loges, sous forme de cloison. Les sutures sont souvent visibles à l’extérieur, où elles peuvent être lisses ou enfoncées, minces ou épaisses, rectilignes ou incurvées. On distingue 1) les sutures entre les loges d’un même tour de

spire (« chamber sutures ») et 2) les sutures entre les tours de spire successifs (« spiral sutures »).

Taille – Ce guide présente les foraminifères d'une taille supérieure à 125 µm (un huitième de millimètre). Dans ce contexte, une espèce de petite taille ne dépasse pas une longueur de 250 µm, une espèce de taille moyenne peut atteindre 400 µm, et une espèce de grande taille 700 µm.

Terminal – A la fin de la (dernière) loge, le plus avancé en suivant le sens d'enroulement.

Test – Terme technique pour qualifier la coquille. Le test peut être organique, agglutiné (composé de grains sédimentaires), carbonaté imperforé (ou porcelané, le groupe des miliolites) ou carbonaté perforé (ou hyalin), pourvu de nombreux pores.

Triloculin – Se dit d'un test avec un enroulement trouvé chez les foraminifères à test imperforé (« miliolites »), où les loges sont ajoutées en série, avec un angle de 120° entre deux loges successives. Le résultat est un test avec trois loges visibles à l'extérieur : trois loges visibles d'un côté et deux de l'autre. L'organisation triloculine diffère de l'enroulement trisériel par le fait que la position de l'ouverture change systématiquement de côté (en haut ou en bas du test), ce qui est typique des miliolites.

Trisériel – Se dit d'un test où les loges sont ajoutées en séries dans une seule direction, avec 3 loges par série, ce qui donne souvent un aspect conique au test.

Trochospiralé – Se dit d'un test où les spires successives (composées de plusieurs loges) sont enroulées dans un plan tridimensionnel. Dans un test trochospiralé, on peut distinguer une face spirale (qui montre plusieurs tours de spire successifs) et une face ombilicale, qui présente uniquement le dernier tour de spire et qui est souvent pourvue d'une dépression (l'ombilic).

Tubulaire – En forme de tube ; se dit d'une loge très allongée.

Unisériel – Se dit d'un test avec une succession rectiligne de loges, qui s'empilent les unes sur les autres.

Zone aperturale – La zone autour de l'ouverture principale.

Tableau indiquant les phylotypes identifiés à ce jour (avec les espèces cryptiques ou pseudocryptiques) et un exemple de séquence publiée dans GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) pour les espèces morphologiques décrites dans ce guide.

Espèce morphologique	Phylotype – identification	Séquence GenBank
<i>Ammonia aberdoveyensis</i>	<i>Ammonia</i> sp. T2	MH200675
<i>Ammonia confertitesta</i>	<i>Ammonia</i> sp. T6	MH200702
<i>Ammonia veneta</i>	<i>Ammonia</i> sp. T1	MH200651
<i>Ammoscalaria runiana</i>		non
<i>Ammotium morenoi</i>	<i>Ammobaculites</i> sp. 2457	HG425223
<i>Bolivina dilatata</i>		non
<i>Bolivina pseudoplicata</i>		non
<i>Buliminella elegantissima</i>	plusieurs phylotypes non déterminés	DQ452702
<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>		non
<i>Cornuspira involvens</i>		non
<i>Eggerelloides scaber</i>	<i>Eggerelloides</i> sp. GF3	ON818357
<i>Eggerelloides scaber</i>	<i>Eggerelloides</i> sp. Au2	AJ317982
<i>Elphidium decipiens</i>		non
<i>Elphidium gerthi</i>	<i>Elphidium</i> S2	KP347016
<i>Elphidium incertum</i>	<i>Elphidium</i> S6	KP347019
<i>Elphidium magellanicum</i>	<i>Elphidium</i> S24	ON818461
<i>Elphidium margaritaceum</i>	<i>Elphidium</i> S9	KP347006
<i>Elphidium oceanense</i>	<i>Elphidium</i> S3	MH748140
<i>Elphidium selseyense</i>	<i>Elphidium</i> S5	KX962840
<i>Elphidium williamsoni</i>	<i>Elphidium</i> S1	MH523444
<i>Entzia macrescens</i>	<i>Jadammina macrescens</i>	AJ307742
<i>Haynesina depressula</i>	<i>Haynesina</i> S17	KP347039
<i>Haynesina germanica</i>	<i>Haynesina</i> S16	KY347799
<i>Hopkinsina atlantica</i>		non
<i>Miliammina fusca</i>	<i>Miliammina</i> sp. 1	AY822040
<i>Miliammina fusca</i>	<i>Miliammina</i> sp. 2	FN396827
<i>Miliolinella subrotunda</i>		non
<i>Portatrochammina murrayi</i>		non
<i>Polysaccammina hyperhalina</i>		non
<i>Quinqueloculina carinatastriata</i>		non
<i>Quinqueloculina dimidiata</i>		non
<i>Quinqueloculina jugosa</i>		non
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	<i>Quinqueloculina</i> sp. 1	FN396828
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	<i>Quinqueloculina</i> sp. 2	ON818402
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	<i>Quinqueloculina</i> sp. 3	Z69605
<i>Reophax nana</i>		non
<i>Stainforthia fusiformis</i>	plusieurs phylotypes non déterminés	AY934744
<i>Textularia earlandi</i>	<i>Textularia porrecta</i> / <i>Spiroplectammina</i> sp.	ON818367
<i>Trochammina hadai</i>	<i>Trochammina hadai</i>	Z69612
<i>Trochammina inflata</i>	<i>Trochammina inflata</i>	MZ707238
<i>Virgulinea fragilis</i>	<i>Virgulinea fragilis</i>	AY359190

Index des genres et espèces de foraminifères

N.B. Les numéros en gris indiquent la page, les numéros en gras la planche.

Ammobaculites

balkwilli 16, **1**

Ammonia

aberdoveyensis 48, **17**

confertitesta 50, **18**

veneta 52, **19**

Ammoscalaria

runiana 18, **2**

Ammotium

morenoi 20, **3**

Bathysiphon 83, **34**

Bolivina

dilatata 78, **32**

pseudoplicata 78, **32**

Buliminella

elegantissima 78, **32**

Cornuspira

involvens 76, **31**

Cribrostomoides

jeffreysii 76, **31**

Eggerelloides

scaber 22, **4**

Elphidium

decipiens 54, **20**

gerthi 56, **21**

incertum 58, **22**

magellanicum 60, **23**

margaritaceum 62, **24**

oceanense 64, **25**

selseyense 66, **26**

williamsoni 68, **27**

Entzia

macrescens 24, **5**

Haynesina

depressula 70, **28**

germanica 72, **29**

Hopkinsina

atlantica 80, **33**

Miliammina

fusca 36, **11**

Miliolinella

subrotunda 38, **12**

Polysaccamina

hyperhalina 26, **6**

Portatrochammina

murrayi 76, **31**

Psammophaga 83, **35**

Quinqueloculina

carinatastriata 40, **13**

dimidiata 42, **14**

jugosa 44, **15**

seminulum 46, **16**

Reophax

nana 28, **7**

Stainforthia

fusiformis 80, **33**

Textularia

earlandi 30, **8**

Trochammina

hadai 32, **9**

inflata 34, **10**

Virgulinea

fragilis 74, **30**