



HAL
open science

Microfaune marine (foraminifères et ostracodes) des formations pléistocènes de Normandie

Pierre Stéphan

► **To cite this version:**

Pierre Stéphan. Microfaune marine (foraminifères et ostracodes) des formations pléistocènes de Normandie. Cliquet D., Coutard J.-P. Les environnements des occupations humaines pléistocènes de Normandie (France) et des îles anglo-normandes dans leur cadre chronologique, 145, ERAUL - Presses universitaires de Liège, pp.263-277, 2023, 978-2-87562-349-2. hal-04134006

HAL Id: hal-04134006

<https://hal.science/hal-04134006>

Submitted on 20 Jun 2023

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

Microfaune marine (foraminifères et ostracodes) des formations pléistocènes de Normandie

Pierre Stéphan

Résumé

En Normandie, plusieurs séquences marines du Pléistocène ont livré une abondante microfaune de foraminifères et d'ostracodes, étudiée principalement par P.A. Dupeuble et D. Lefebvre entre 1965 et 1990. Cette microfaune marine a permis de définir l'ambiance climatique (tempéré chaud ou tempéré froid) de la Manche lors des dernières périodes interglaciaires de haut niveau marin. Les espèces de foraminifères, voire les écophénotypes, d'affinité boréale ou arctique, tels que *Elphidium excavatum* (Terquem) *forma clavata* Cushman, *E. excavatum* (Terquem) *forma alba* Feyling-Hanssen, ou *Cassidulina reniforme* Nørvang ont été recherchées. Leur abondance dans les assemblages a permis certaines attributions chronologiques, en distinguant notamment les dépôts correspondant au stade isotopique marin 7, caractérisé par une microfaune d'affinité nordique, et ceux attribués au stade 5e qui se compose d'une microfaune plus tempérée. Ce travail a aidé notamment à l'établissement de corrélations stratigraphiques entre les différentes séquences de la basse vallée de la Seine et de son estuaire.

Abstract

In Normandy, several Pleistocene marine sequences have provided an abundant microfauna of foraminifera and ostracods, studied by P.A. Dupeuble and D. Lefebvre between 1965 and 1990. This marine microfauna helped to define the climatic settings of the English Channel during the last interglacial periods of high relative sea-levels. The coastal deposits corresponding to MIS 7 and 5e were distinguished on the basis of the relative abundance of arctic and boreal foraminifera species, such as E. excavatum (Terquem) forma clavata Cushman, E. excavatum (Terquem) forma alba Feyling-Hanssen, Cassidulina reniforme Nørvang. This work helped stratigraphic correlations, especially in the estuary of the Seine and its lower valley.

Introduction

Les foraminifères doivent leur nom aux petites ouvertures, les « *foramens* » à peine visibles à la loupe binoculaire sur leur coquille. Il s'agit de micro-organismes vivants uniquement dans les eaux marines. Ils se rencontrent dans tous les types milieux sous influence de l'eau de mer : marais maritimes, lagunes, estuaires, sur la plate-forme continentale, dans le domaine bathyal et dans les plaines abyssales. Ils sont constitués d'une seule cellule, ce qui explique que leur taille est le plus souvent inférieure au millimètre. La cellule (*cytoplasme*) est enfermée dans une coquille protectrice que l'on appelle "test" qui contient une ou plusieurs chambres (ou *loges*) interconnectées par une série d'ouvertures : les *foramens* (Loeblich and Tappan, 1987. p 7). Les foramens apparaissent également sur la paroi du test d'où s'échappent des *pseudopodes* filamenteux fins et réticulés, grâce auquel le micro-organisme se fixe sur son substrat, se déplace et capture ses proies. Les foraminifères mènent soit un mode vie « planctonique », évoluant de façon libre dans la colonne d'eau durant une partie, sinon durant toute leur vie, soit un mode de vie « benthique », s'accrochant à un substrat végétal ou rampant dans, ou à travers, les sédiments. A leur mort, le cytoplasme se décompose rapidement et seul le test peut être préservé dans les sédiments. Une chance, car c'est lui qui permet la reconnaissance des principales espèces.

Le mot « ostracode » est dérivé du mot grec *ostrakon* qui signifie « coquille ». Les ostracodes sont de petits crustacés qui occupent pratiquement tous les environnements aquatiques du globe. Dans les océans actuels, on les retrouve depuis les profondeurs abyssales jusqu'au littoral. En domaine continental, ils peuplent également les estuaires, les lagunes saumâtres, les lacs et étangs d'eau douce, les cours d'eau, les sources hydrothermales, les marécages et se rencontrent même dans l'eau retenue à la base des

feuilles des broméliacées (Athersuch *et al.*, 1989). Au même titre que les foraminifères, les diverses espèces d'ostracodes sont soit « planctoniques », soit « benthiques ». Les ostracodes sont des bivalves qui disposent d'une carapace calcaire capable d'envelopper totalement le corps mou et les membres des individus, mais d'où s'échappent des appendices servant à la locomotion, à l'alimentation et à la reproduction. C'est la forme de cette carapace qui permet de déterminer les différentes espèces d'ostracodes entre elles. C'est grâce à elle que les spécimens peuvent être étudiés à l'état de fossile dans les archives sédimentaires. A la différence des foraminifères qui exigent la présence d'eau marine, les ostracodes peuvent se rencontrer en domaine continental. Pour cette raison, ces deux microfaunes marines sont souvent étudiées conjointement dans les stratigraphies car ils soulignent nettement les phases de continentalisation du milieu ou d'invasion par la mer.

Méthode d'analyse micropaléontologique

L'étude des microfaunes marines suppose, avant toute interprétation des données, l'identification, la détermination, puis le comptage des spécimens contenus dans le sédiment. Aussi, la première étape consiste bien souvent à définir une stratégie d'échantillonnage en fonction du type d'information que l'on désire obtenir. Si l'on veut simplement caractériser d'un point de vue paléoenvironnemental les niveaux d'une même séquence stratigraphique, un seul prélèvement sédimentaire par type de dépôt peut suffire. C'est le plus souvent ce type d'approche qui a été adopté dans l'étude des séquences pléistocènes de Normandie. Toutefois, si les niveaux rencontrés présentent un litage ou des lamines traduisant l'accumulation de couches sédimentaires successives au cours du temps, un échantillonnage vertical peut être envisagé afin d'étudier les changements temporels d'un type d'environnement spécifique.

300 minimum

Quel que soit le type de sédiment qui les renferme, les foraminifères et ostracodes sont rarement représentés par une seule espèce. Généralement, on note la présence d'un groupement de spécimens différents que l'on appelle « assemblage », et dans lequel quelques espèces dominent, tandis que d'autres sont présentes de façon minoritaire. Pour être statistiquement représentatif, pour que la part de chaque espèce qui compose l'ensemble soit fidèle à la réalité, on estime que le comptage doit porter sur un minimum de 300 individus. Cette exigence peut amener à prélever de grandes quantités de sédiments lorsque la microfaune n'est pas très abondante. A l'inverse, quelques cm³ de matériel sédimentaire peuvent être suffisants si les coquilles et tests sont présents en grand nombre. Notons que ce nombre de 300 est un idéal qui est rarement atteint lorsqu'il s'agit de sédiments pléistocènes.

Tamissage et comptage

Après prélèvement, le sédiment est passé sur un premier tamis, d'une maille de 50 ou de 63 µm, afin d'éliminer les éléments les plus fins (limons et argiles). Le refus de ce premier tamisage contiendra la quasi-totalité des foraminifères et ostracodes puisque leur taille est généralement supérieure à cette maille. Ce tamisage se fait à l'eau. Dans certains cas, un second tamisage est nécessaire, sur un tamis d'une maille de 500 µm pour les foraminifères, afin d'écarter les éléments les plus grossiers. Ensuite, les refus de tamis sont séchés à l'étuve à 40°C. Une fois sec, le matériel est disposé sur une plaque de comptage quadrillée et observé à la loupe binoculaire. Si la microfaune est peu abondante, les tests et coquilles peuvent être concentrés par flottation dans un solvant (trichloréthylène, tétrachlorure de carbone). Les grains de minéraux étant généralement plus dense, ils coulent dans le solvant, tandis que les éléments carbonatés flottent à la surface et peuvent être récupérés.

Reconnaissance des espèces

Cette reconnaissance s'effectue sur la base de classifications, dont l'une des plus utilisées est celle de Loeblich and Tappan, publiée en 1987. Depuis sa parution, cette classification a fait l'objet de multiples révisions, avec la découverte de nouvelles espèces. Plus récemment, le développement des méthodes de phylogénie moléculaire basées sur le séquençage d'ADN amènent à revoir, ou préciser, le canevas

général de la classification du vivant jusqu'alors basé principalement sur les aspects morphologiques. En ce qui concerne les foraminifères, certaines espèces dévoilent désormais une diversité bien plus importante que le laissait penser leurs seules caractéristiques morphologiques. C'est le cas d'un des genres les plus répandus à travers le monde : le genre *Ammonia* (Hayward *et al.*, 2004). Tantôt décliné en plusieurs espèces (voire sous-espèces), tantôt ramené à l'état d'espèce unique présentant plusieurs variétés (*beccarii*, *parkinsoniana*, *tepida*) (Walton & Sloan, 1990), le genre *Ammonia* a fait l'objet d'une étude phylogénétique détaillée au début des années 2000 par Hayward *et al.* (2004). Les auteurs ont démontré, par le séquençage ADN de plus de 200 spécimens récoltés à travers le monde, que le nombre d'espèces du genre *Ammonia* se situe plutôt aux alentours de 25-30.

La détermination des espèces de foraminifères s'appuie sur quatre grands critères morphologiques. Le premier est la composition du test qui se décline en trois grandes catégories. A) Les tests « **agglutinés** » sont formés par une accumulation de particules détritiques, généralement minérales, mais parfois organiques. Ainsi, les principales espèces de foraminifères qui peuplent les marais littoraux sont-elles caractérisées par un test formé par l'agglomérat de particules végétales présentes en quantité dans ce type de milieu. Certaines espèces opèrent même une sélection dans le choix des grains qui serviront à former leur test. C'est le cas de *Saccammina micaceus* qui utilise uniquement les grains de micas pour constituer sa coquille. B) La seconde catégorie de tests sont dits « **porcelanés** » car ils sont constitués de petits cristaux de calcites entièrement secrétée par l'animal qui leur donnent une apparence très blanche et opaque évoquant la porcelaine. C) Enfin, une troisième catégorie rassemble les tests « **hyalins** », également secrétés par les individus, présentant de nombreuses perforations et un aspect vitreux, transparent ou translucide. À cet aspect extérieur des loges s'ajoute un deuxième critère de classification : leur agencement, définissant la morphologie d'ensemble des spécimens. Il existe une grande diversité morphologique des tests: test uniloculaire (une seule loge), test unisériel, bi-sériel ou tri-sériel (selon la disposition des loges en séries), planispiralé (loges en spirale plane), streptospiralé (enroulement des loges en spirales incomplètes), trochospiralé (enroulement des loges en spirales non-planes). L'ornementation du test constitue un troisième critère de détermination. Ce dernier présente souvent des excroissances (côtes, épines, ponts suturaux...) et des dépressions qui permettent de distinguer des espèces à première vue similaires. Enfin, un quatrième critère est la morphologie de l'ouverture principale et sa position.

Principes des interprétations paléo-environnementales

Après le temps des premières observations (18^e siècle), celui des premières descriptions et des grandes monographies systématiques (19^e siècle), l'utilisation pratique des foraminifères benthiques et des ostracodes a débuté au début du 20^e siècle lorsque quelques chercheurs comme Joseph Cushman (pour les foraminifères) a développé leur emploi comme marqueur biostratigraphique et chronostratigraphique (Cushman, 1928). Ces premiers travaux ont trouvé une application importante dans le cadre de l'exploration des ressources pétrolières sous-marines. Au début des années 1930, Natland (1933) a utilisé pour la première fois les foraminifères benthiques d'une façon strictement paléo-environnementale pour déterminer la profondeur de dépôt des sédiments dans le bassin de Ventura (in Jorissen *et al.*, 2007). Au cours des décennies qui suivirent, les foraminifères et ostracodes ont été utilisés très largement pour déterminer les conditions paléoenvironnementales en domaine marin grâce à une meilleure connaissance de leur écologie.

Indicateur paléoenvironnemental ?

Néanmoins, les foraminifères peuvent permettre de mieux caractériser les environnements de dépôts, en appui aux observations et aux analyses sédimentologiques. L'écologie des foraminifères étant de mieux en mieux connue, il est désormais possible de dire si les assemblages identifiés dans les archives sédimentaires sont caractéristiques de milieux tels que les marais maritimes, les lagunes saumâtres, les estuaires, les fonds marins de la plateforme continentale, de la zone bathyale ou des plaines abyssales (Murray, 2006). Chacun de ces milieux présentent, en effet, des conditions de température, de salinité,

d'oxygène, de disponibilité en nourriture, de type de substrat qui permet la présence et le développement d'associations de foraminifères bien spécifiques.

D'une façon générale, il existe un étagement en profondeur des diverses associations de foraminifères depuis le littoral jusqu'aux abysses (Leckie & Olson, 2003). A mesure que l'on s'éloigne des côtes pour rejoindre le domaine profond, le nombre d'espèces présentes dans les assemblages tend également à augmenter. Près des côtes, les foraminifères planctoniques sont quasi-absents. La diversité en espèces est donc limitée aux formes benthiques.

Les assemblages des marais maritimes et des vasières intertidales

Dans les environnements littoraux, tels que les marais maritimes, les lagunes et les estuaires, la diversité en foraminifères est relativement faible. Sur les schorres et prés-salés, les formes agglutinées sont très abondantes. On y rencontre notamment *Jadammina macrescens*, *Trochammina inflata* et *Miliammina fusca* (Murray, 2006). Sur les vasières et fonds sableux intertidaux et subtidaux, les genres *Ammonia* et *Elphidium* dominent en association avec *Haynesina germanica*. Ces environnements sont soumis à une large gamme de conditions environnementales et présentent de fortes contraintes écologiques liées au va-et-vient quotidien de la mer, causant de fortes variations journalières de température et de salinité. Ainsi, les paramètres environnementaux varient en fonction d'un gradient altitudinal et abouti à un étagement très strict des assemblages dans ce type de milieu (Scott & Medioli, 1979, 1980). Cette caractéristique, propre aux marais maritimes, a été mise à profit pour reconstituer les anciens niveaux marins à partir des assemblages fossiles contenus dans les séquences sédimentaires (Barlow *et al.*, 2013). Toutefois, cette approche se limite aux dépôts d'âge holocène car les formes agglutinées se dégradent rapidement et sont souvent peu abondantes dans les sédiments pléistocènes.

Les assemblages estuariens

Dans les estuaires, où se mélangent les eaux fluviales et marines, les assemblages sont constitués en majorité d'espèces carbonatées à tests le plus souvent hyalins, tandis que les espèces à tests agglutinés qui dominaient sur les marges végétalisées tendent à disparaître. Dans la zone tempérée, les zones estuariennes se caractérisent par une prédominance du genre *Ammonia* et des espèces suivantes : *Haynesina germanica*, *Elphidium excavatum* et *E. williamsoni*. *Haynesina depressula* s'ajoute à cette liste dès lors que l'on se situe à l'embouchure des estuaires tempérés, comme les estuaires de la côte sud de l'Angleterre (Murray & Alve, 2000). L'espèce *Planorbulina mediterraneensis* peut également être présente en forte proportion, comme dans le bassin d'Arcachon (Le Campion, 1970 in Murray, 2006) dès que se présentent de vastes zones d'herbiers à zostères sur lesquels cette espèce épiphyte peut se développer.

Les assemblages des zones subtidales

Sur les plages, les avant-plages, et jusqu'à des profondeurs de 50-60m, voire davantage, l'action des vagues et des courants cause d'importants mouvements de sédiments. Les sédiments fins s'accumulent uniquement dans certains secteurs abrités et peuvent être fréquemment remis en suspension dans la colonne d'eau. Ailleurs, les fonds marins sont soit rocheux, soit tapissés de sables grossiers et de galets contenant une forte proportion de carbonates biogènes. Jusqu'à une certaine profondeur, une couverture algale vient par endroit recouvrir la roche et des herbiers peuvent se développer sur les sédiments. Dans cette zone, c'est principalement le type de substrat qui détermine la nature des assemblages de foraminifères rencontrés.

Les assemblages de la Manche (d'après Rosset-Moulinier, 1987)

A l'échelle de la Manche, la distribution actuelle des foraminifères benthiques a été étudiée en détail par Marie Rosset-Moulinier (Rosset-Moulinier, 1972, 1976, 1987). La répartition des associations a été classée en fonction des paramètres écologiques considérés comme les plus importants : nature du

substrat et température. Quatre populations, divisées en sous-populations, représentées par quelques espèces dominant les assemblages ont été distinguées (figure 1) :

- 1) L'assemblage à *Lobatula lobatula* (syn. *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob, 1798)) et *Textularia truncata* Hoeglund. Il occupe essentiellement les sédiments sablo-graveleux et caillouteux du centre de la Manche.
- 2) L'assemblage à *Deuterammia celtica* (Brönnimann & Whittaker, 1990) et *Remaneica plicata* (Terquem, 1876) (syn. *Patellina plicata*, Terquem, 1876)
Il se distribue sur les substrats sableux mis en mouvement par les courants de marée, tels que les dunes hydrauliques, ainsi que dans les secteurs à fort hydrodynamisme. Dans les sables plus coquilliers de l'ouest de la Manche, *Gavelinopsis praegeri* (Heron-Allen & Earland, 1913) est également présente en forte proportion, tandis que dans les sables plus fins et quartzeux de l'est de la Manche, c'est le genre *Ammonia* qui apparaît secondairement.
- 3) L'assemblage à *Eggerelloides scaber* (Williamson, 1858)
Il se répartie sur les fonds vaseux et sablo-vaseux des zones proches du littoral, mais toujours situées sous le niveau des plus basses mers. Il se subdivise en quatre sous-populations en fonction de la granulométrie de la couverture sédimentaire :
 - *Stainforthia fusiformis* (Williamson, 1848) et *Buliminella elegantissima* (d'Orbigny, 1839) dans les secteurs les plus vaseux ;
 - *Elphidium excavatum* dans les sables fins ;
 - *Gavelinopsis praegeri* dans les sables moyens et grossiers.Espèces associées : *Elphidium gerthi*, *Elphidium excavatum*, *Criboelphidium magellanicum*
- 4) L'assemblage à *Haynesina depressula* (Walker & Jacob, 1798)
Cet assemblage fait la transition entre la population marine infralittorale à *Eggerelloides scaber* et les assemblages estuariens.

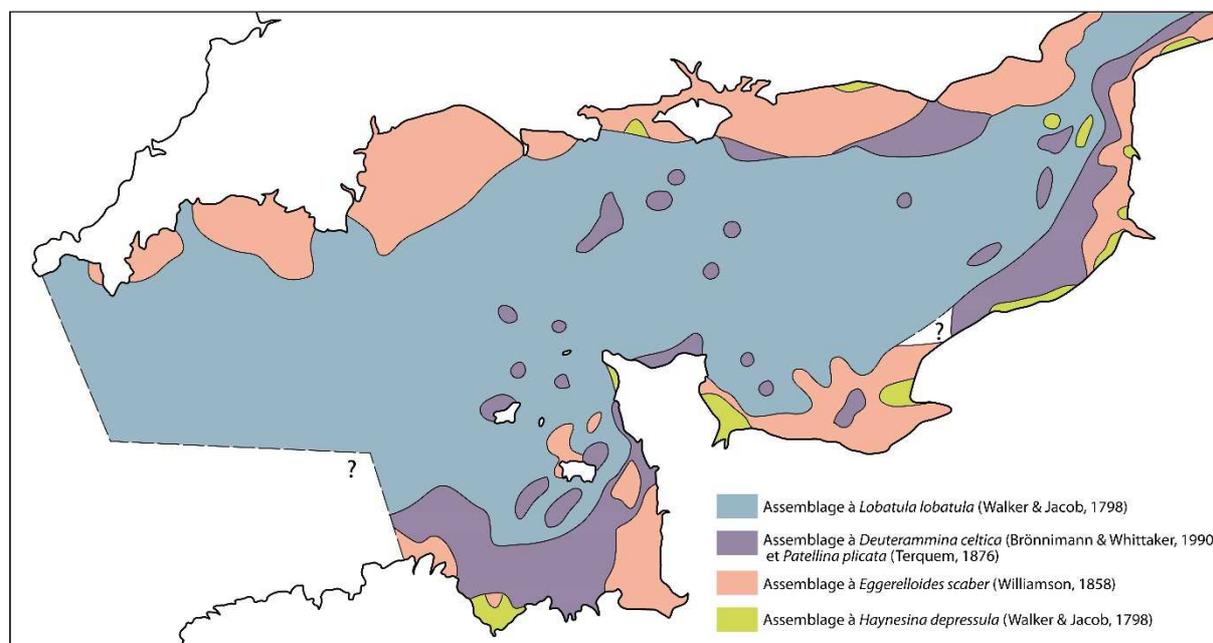


Figure 1 : La distribution actuelle des assemblages de foraminifères benthiques en Manche (modifiée de Rosset-Moulinier, 1987).

Figure 1: The recent distribution of benthic foraminiferal assemblages in the English Channel (modified from Rosset-Moulinier, 1987).

Un thermomètre des eaux de la Manche

Dans l'un de ces papiers, D. Lefebvre (1987) l'a très bien énoncé : en Manche, les renseignements à attendre des foraminifères contenus dans les séquences marines pléistocènes sont avant tout du domaine des paléotempératures, car c'est le facteur qui a probablement laissé les traces les plus nettes.

Certes, le niveau marin relatif a connu de nombreuses fluctuations au cours du Quaternaire, conduisant successivement à l'ennoiement puis l'exondation d'une partie, sinon de la totalité de cette petite mer épicontinentale. Toutefois, cet aspect n'a probablement pas modifié de manière significative la composition générale des microfaunes marines puisque, de toute façon, cette mer a toujours été peu profonde. En revanche, les variations de la température de l'eau, liées aux phases de refroidissement et de réchauffement qui marquent l'histoire du climat quaternaire dans l'ouest européen ont vu l'apparition puis la disparition de communautés de foraminifères benthiques inféodées à des mers tantôt plus froides, tantôt plus chaudes que l'actuel. Cet élément fait potentiellement des foraminifères un thermomètre des eaux de la Manche.

A l'échelle du globe, les communautés de foraminifères benthiques que l'on retrouve dans la bande côtière, c'est-à-dire dans la zone qui s'étend depuis le littoral jusqu'aux limites de la plateforme continentale, se distribuent selon un gradient latitudinal. En effet, dans ces faibles profondeurs (<200m), la répartition des assemblages à travers le monde est avant tout déterminée par la température de l'eau de mer. Plusieurs zones biogéographiques sont ainsi reconnues depuis les eaux froides des zones polaires jusqu'aux mers chaudes de l'équateur (figure 2). On parle alors de provinces, regroupant leur cortège d'espèces ou de sous-espèces spécifiques, dont les limites se calent sur celles des grandes masses océaniques de surface (Culver & Buzas, 1999). Il est donc utile d'avoir une connaissance des microfaunes des mers lus méridionales et plus septentrionales que la Manche de façon à repérer, dans les associations anciennes, les indices des refroidissements et des réchauffements.

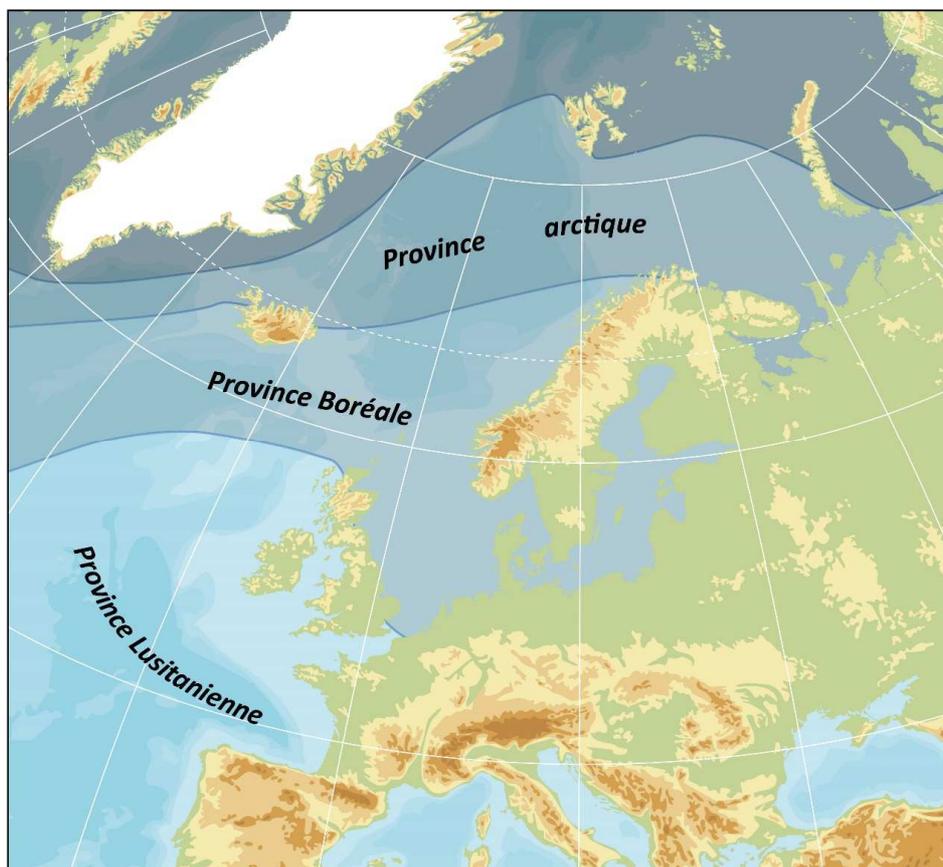


Figure 2 : Les provinces biogéographiques (d'après Feyling-Hansen, 1982 in Dupeuble et al., 1984).
Figure 2 : Biogeographical provinces (from Feyling-Hansen, 1982 in Dupeuble et al., 1984).

Quatre espèces indicatrices de conditions climatiques froides

A côté des espèces présentes en Manche quel que soit le type de climat (*Lobatula lobatula*, *Haynesina depressula*, *Agulogerina angulosa*, *Ammonia beccarii*), il convient de rechercher les espèces absentes ou très rares dans les biotopes actuels, mais bien représentés dans les sédiments quaternaires de Normandie. D. Lefebvre (1987) identifie 4 espèces susceptibles de livrer des indications paléoclimatiques (figure 3) :

1-*Buccella frigida*

Cette espèce arctique est très rare actuellement en Manche (Rosset-Moulinier, 1972) et se rencontre seulement sous la variété *calida*, plus petite que sa sœur du nord de l'Europe. Sa présence (ou mieux encore, son abondance) dans les sédiments anciens devrait donc être un indice d'une mer plus froide que la Manche actuelle. Des doutes subsistent néanmoins sur son utilisation comme indicateur paléoclimatique (Lefebvre, 1987). Il semble que cette espèce ait pu s'épanouir durant l'Holocène en Manche et en Mer Celtique alors que les eaux étaient aussi chaudes qu'aujourd'hui.

2-*Elphidium excavatum*

Cette espèce se présente sous différentes formes, comme l'a bien montré R.W. Feyling-Hanssen (1972). Ces différences morphologiques s'expliquent par la température de l'eau. On parle alors d'« *écophénotypes* », puisque c'est bien en réponse à la température du milieu que les spécimens adoptent des formes spécifiques. Quatre formes différentes d'*E. excavatum* sont reconnues :

E. excavatum (Terquem) **forma clavata** Cushman, qui domine dans les eaux arctiques, actuellement au nord de l'Islande et de la Norvège ;

E. excavatum (Terquem) **forma alba** Feyling-Hanssen, se rencontre en majorité dans les eaux subarctiques à boréales (côtes de Norvège, d'Islande, de l'Alaska) ;

E. excavatum (Terquem) **forma selseyensis** (Heron-Allen & Earland), est la forme dominante dans le sud du domaine boreal et le nord du domaine lusitanien (Mer du Nord, Manche) ;

E. excavatum (Terquem) **forma lidoensis** Cushman, est dominante dans le domaine lusitanien (côte atlantique de France, Méditerranée, Adriatique).

Puisque plusieurs formes peuvent coexister en un même lieu et qu'il existe des formes intermédiaires, il faut considérer la proportion de chacun des écophénotypes pour obtenir une indication écologique. Dans la Manche actuelle, les formes *selseyensis* et *lidoensis* sont présentes (Rosset-Moulinier, 1972, 1976), tandis que les formes *alba* et *clavata* ne sont pas signalées. Or, plusieurs dépôts quaternaires de Normandie, sur lesquels nous reviendrons, contiennent *E. excavatum* exclusivement sous les formes aujourd'hui absentes de la Manche. Ils sont alors des indicateurs fiables d'une mer bien plus froide que l'actuelle.

3-*Cribrorhynchium albiumbilicatum*

Dans les assemblages de foraminifères fossiles, cette espèce constitue une indication de mer plus froide que l'actuelle. Elle est surtout présente dans le domaine boréal, mais on la rencontre encore actuellement dans les petits-fonds du Nord de la France, vers Dunkerque (Lefebvre, 1987). En effet, c'est également un indicateur de mer peu profonde, éventuellement dessalée (Feyling-Hanssen *et al.*, 1971).

4-*Cassidulina reniforme*

Cette espèce ne vit actuellement que dans les mers arctiques, à des profondeurs variées (Sejrup & Guilbault, 1980 ; Sejrup *et al.*, 2004). Elle représente un indicateur très sûr de mer froide. C'est du moins de cette façon qu'elle est interprétée dans les sédiments quaternaires scandinaves où sa présence constitue une critère décisif de mer froide et sa disparition un critère de mer plus chaude, ou de baisse de la salinité, car c'est également un espèce sténohaline. Aussi, la présence de cette espèce dans les séquences estuariennes ne s'explique que par des transferts sédimentaires depuis le large vers l'intérieur des estuaires (Lefebvre, 1987).

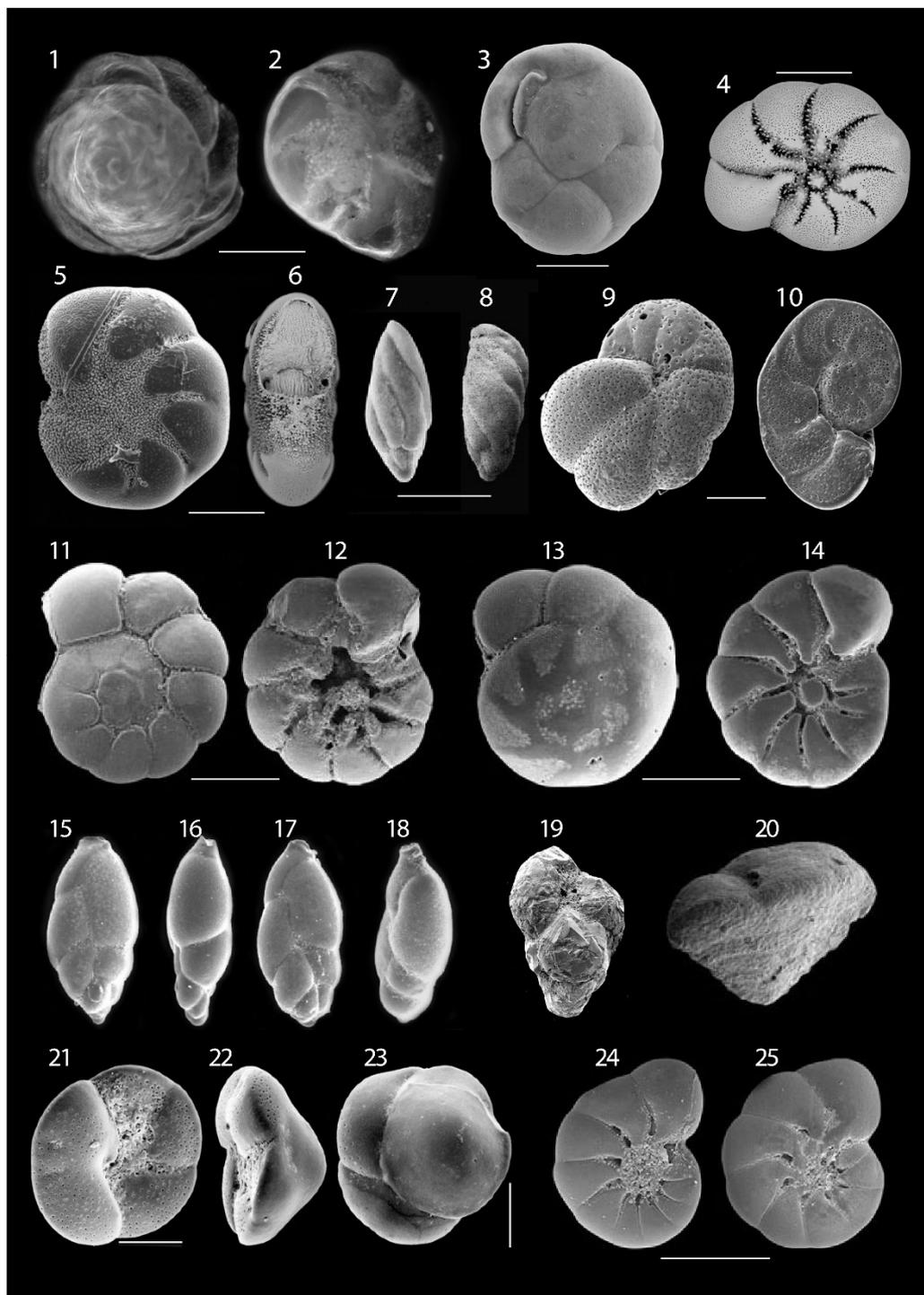


Figure 3 : Les espèces de foraminifères les plus fréquemment rencontrées en Manche.

Figure 3: The most frequent foraminifera species of the English Channel.

1-2 : *Buccella frigida* (Cushman), source : www.foraminifera.eu. 3 : *Cassidulina reniforme* Nørvang (source : www.foraminifera.eu). 4 : *Elphidium excavatum* (Terquem) (source : forambarcoding.unige.ch). 5-6 :

Criboelphidium albiumbilicatum (Weiss) (source : forambarcoding.unige.ch). 7-8 : *Buliminella elegantissima* (d'Orbigny, 1839) (source : www.ucmp.berkeley.edu). 9-10 : *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob, 1798) (www.marinespecies.org). 11-12: *Ammonia beccarii* var. *beccarii* (source : palaeo-electronica.org). 13-14 : *Ammonia beccarii* var. *parkinsoniana* (d'Orbigny, 1839) (source : palaeo-electronica.org). 15-16-17-18 : *Stainforthia fusiformis* (Williamson, 1848) (source : palaeo-electronica.org). 19 : *Eggerelloides scaber* (Williamson, 1858) (source : palaeo-electronica.org). 20 : *Textularia truncata* Höglund, 1947 (source : palaeo-electronica.org). 21-22-23: *Gavelinopsis praegeri* (Heron-Allen & Earland, 1913) (www.marinespecies.org). 24-25 : *Haynesina depressula* (Walker & Jacob, 1798) (source : palaeo-electronica.org).

L'étude micropaléontologique des séquences marines de Normandie

Une relative pauvreté des dépôts et des études anciennes et incomplètes

A la différence des côtes du sud de l'Angleterre, et notamment le littoral du Sussex et du Hampshire étudié en détail par M. Bates (Bates *et al.*, 2000, 2003, 2010), la Normandie est relativement pauvre en dépôts contenant une microfaune marine suffisamment bien conservée pour permettre des reconstitutions fiables des environnements côtiers pléistocènes. A notre connaissance, six secteurs seulement ont fait l'objet d'une étude approfondie des faunes de foraminifères et/ou d'ostracodes présents dans les sédiments marins. Il s'agit des sites de Cléon, Tourville et Tancarville dans la basse vallée de la Seine, de Luc-sur-Mer et d'Asnelles-Saint-Come-de-Fresné sur le littoral du Calvados, des dépôts marins mis au jour à l'occasion de différents chantiers urbains dans le centre-ville du Havre (figure 4).

Les prélèvements par site sont peu nombreux en moyenne et la quantité de données disponibles reste faible. La méthodologie de prélèvement, la localisation des échantillons, l'abondance relative ou absolue des différentes espèces qui composent les assemblages n'est pas toujours précisée. Les interprétations micropaléontologiques sont principalement le fait de Dominique Lefebvre et de Pierre-Alain Dupeuble dont les publications sur le sujet s'échelonnent de la fin des années 1960 à la fin des années 1980. A cette époque, les problématiques de recherche ne nécessitaient pas l'échantillonnage systématique et continu des séquences stratigraphiques dans le but de rechercher des évolutions paléo-environnementales fines, étant admis que dans les dépôts d'âge pléistocène découverts en Normandie, se pose souvent la question de l'origine des faunes qui s'y trouvent fossilisées et de leur transport éventuel après leur mort. Cette question est d'autant plus justifiée en ce qui concerne les micro-organismes marins qui peuvent être transportés sur de grandes distances par les courants côtiers, ou soufflés par les vents vers l'intérieur des terres. Les foraminifères identifiés dans les différents dépôts quaternaires normands sont donc rarement utiles pour caractériser avec précision l'environnement de dépôt initial, notamment car ce dernier est souvent le résultat d'un remaniement de stocks sédimentaires plus anciens.

L'étude des microfaunes de foraminifères et d'ostracodes menée depuis les années 1960 s'est donc contentée de caractériser simplement les différentes unités stratigraphiques, à leur attribuer une ambiance climatique « chaude » ou « froide », sachant que ces séquences marines correspondent, de toute façon, à des dépôts d'interglaciaires mis en place lors d'épisodes de haut niveau marin relatif. Ce travail a néanmoins constitué un apport indéniable, permettant de lever des doutes dans l'attribution chronologique de certains dépôts littoraux et offrant les bases nécessaires aux corrélations stratigraphiques, en particulier pour la basse vallée de la Seine et son estuaire.

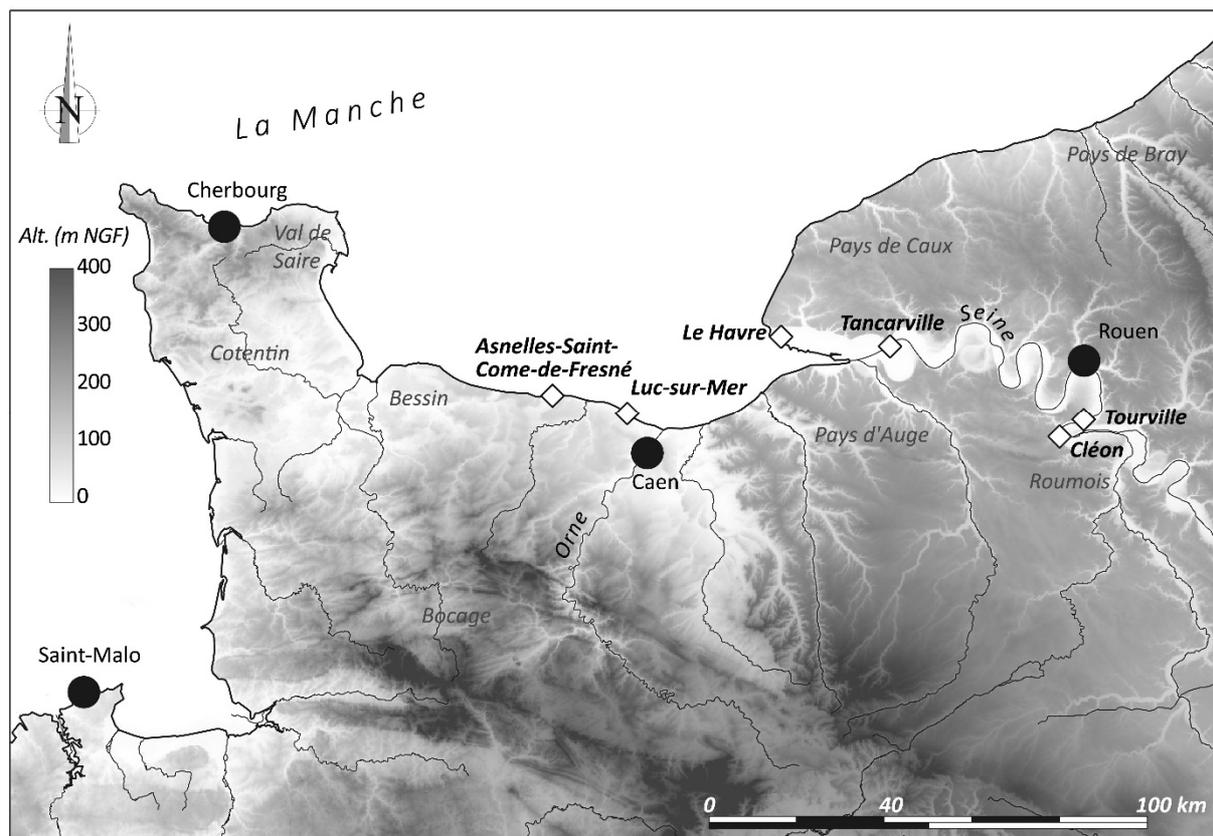


Figure 4 : Localisation des sites d'étude.

Figure 4 : Location map of studied sites.

La séquence d'Asnelles-Saint-Come-de-Fresné (Calvados) : MIS 5e

Outre les observations de Guillaume (1932) et les études de West & Sparks (1960) et Elhäi & Larssonneur (1969), la séquence d'Asnelles-Meuvoines est connue grâce à un ensemble de sondages profonds de 10 à 12 m, effectués par le BRGM en 1979 à proximité du littoral actuel, à l'occasion de la recherche d'un site d'implantation d'une station d'épuration des eaux. Sur la base de ces sondages, des études sédimentologiques, palynologiques et microfauniques ont été entreprises (Clet-Pellerin *et al.*, 1987).

Cette séquence, attribuée au stade isotopique marin 5e (Guadelli *et al.*, 2003) et récemment datée à 109 ± 9 ka (à paraître in Cliquet & Lautridou, 2009), repose sur une plate-forme d'abrasion marine (unité I) qui prend naissance au pied d'une falaise morte, située quelques centaines de mètres dans l'intérieur des terres, et s'incline progressivement vers le large et les rochers du Calvados (figure 5A). Elle débute par une nappe de sables marins calcaires (unité II) de 0.5 à 2 m d'épaisseur, déposés dans un contexte transgressif, comme semblent l'indiquer les pollens. En effet, dans la partie inférieure des sables, les traces d'un marais maritime (schorre très sableux) sont retrouvées, tandis que la partie supérieure indique un milieu plus profond et une influence marine plus prononcée, après un hiatus pendant lequel la majeure partie du corps sableux est stérile en pollens. Le dépôt sableux est surmonté par une tourbe sableuse très compacte (unité III) de 0.4 à 1.2 m d'épaisseur sur laquelle repose une argile claire carbonatée présentant quelques passées de coquilles marines. Les spectres polliniques indiquent le passage d'un interglaciaire final (eemien) à un début glaciaire caractérisé par une continentalisation croissante avec la transformation progressive d'une tourbière littorale à une dépression marécageuse. Ces deux unités marines sont surmontées par des formations continentales (silt argilo-sableux, head et loess calcaires des unités IV à VI) que vient recouvrir la série holocène essentiellement constituée de tourbes.

Au total, 34 prélèvements sédimentaires répartis dans 9 sondages différents ont fait l'objet d'une analyse des microfaunes marines de foraminifères et ostracodes. Comme l'indiquent les auteurs de cette étude (Lefebvre & Dupeuble in Clet-Pellerin *et al.*, 1987), le nombre d'échantillons étudiés est trop réduit pour apporter une contribution essentielle à l'établissement de corrélations entre les différents sondages et une reconstitution de la géométrie et de l'histoire des dépôts. Seul, le sondage 39 a fait l'objet d'un plus large échantillonnage et a pu être interprété (figure 5B). Les associations de foraminifères identifiées dans le sable de base (unité II) correspondent au domaine intertidal. *Elphidium excavatum* est présent quasi-exclusivement sous la forme *selseyensis*, comme c'est le cas aujourd'hui en Manche ou en Mer du Nord, indiquant un climat « tempéré ». Toutefois, le sondage 39 révèle la présence de *Elphidium albiumbilicatum* et *Cassidulina reniforme* en forte proportion, indice d'une mer plus froide que l'actuel. Les auteurs font l'hypothèse de plusieurs générations de nappes sableuses, sous des ambiances climatiques différentes. La microfaune de foraminifères et ostracodes identifiée dans l'unité III (tourbe et argile claire) montre clairement la continentalisation du milieu. La tourbe contient des assemblages de foraminifères globalement similaires à ceux des sables de base. La mer pénètre donc encore épisodiquement dans ce milieu tourbeux. Toutefois, le passage à l'argile claire se traduit par la disparition des foraminifères remplacés une faune d'ostracodes d'eau douce.

Le gisement de Luc-sur-Mer (Calvados) : MIS 7

Le gisement de Luc-sur-Mer se situe à un peu plus d'un kilomètre de la mer, dans le cimetière de la commune, à une altitude de 15 m NGF. Il a été décrit pour la première fois par E. Hue (1928), avant d'être étudié plus en détail par Clet-Pellerin *et al.* (1987) le long de deux tranchées creusées en 1984 à l'occasion d'un chantier de construction de lotissement. Sous le sol brun holocène et le loess calcaire weichselien a été conservé un dépôt de sable et graviers à faune interglaciaire tempérée fraîche attribué au stade isotopique marin 7 (Clet-Pellerin *et al.*, 1987 ; Coutard *et al.*, 2006 ; Lautridou, 2003, 2009). Un seul échantillon a été prélevé en vue d'une étude de la microfaune, à la base du dépôt marin situé au niveau de la fosse 1, là où il atteint 60 cm d'épaisseur. Les informations apportées par cette étude sont très faibles : les espèces de foraminifères sont peu nombreuses, elles sont toutes connues actuellement dans la Manche et aucune d'entre elles ne permet d'indiquer une ambiance ni plus froide, ni plus chaude que l'actuel. Les assemblages sont dominés par *Haynesina depressula*, *Ammonia beccarii*, *Lobatula lobatula*, *Elphidium margaritaceum*, *Trifarina angulosa*. Les auteurs notent l'absence d'*Elphidium excavatum* forma *clavata* et de *Cassidulina reniforme*, preuve d'une mer plus froide que l'actuel.

Les sites de Cléon et Tourville-la-Rivière : basse vallée de la Seine, MIS 9 et 7

Les dépôts quaternaires de Cléon et Tourville-la-Rivière sont situés dans l'un des méandres de la basse vallée de la Seine, le méandre d'Elbeuf (Lautridou *et al.*, 1984), à une dizaine de kilomètres en amont de la ville de Rouen (figure 4). Dans ce secteur, les étapes de la migration du méandre au cours du Pléistocène sont jalonnées par des terrasses étagées, disposées en éventail. Cette migration a favorisé l'accumulation exceptionnelle de sédiments contre des falaises de rives concaves, révélant une histoire à la fois longue et complexe.

A Cléon, la séquence présente une épaisseur de 13 m et comporte deux niveaux fluviaux périglaciaires de la Seine (niveaux 1 et 3), graveleux, et deux formations fluvio-marines interglaciaires : niveaux 2 (de 5 à 9 m NGF) et 4-5-6 (à 12-13 m NGF) avec un optimum climatique en 6, puis un sol de début glaciaire, 7, et des sables éoliens et des cailloutis 8-9 de période froide couronnés par un pavage weichselien 10 (Auguste *et al.*, 2003). La microfaune marine a été étudiée dans les niveaux à faible granulométrie (niveaux 2-4-6) par Dupeuble *et al.* (1984). Les auteurs mentionnent ainsi la présence de foraminifères dans les niveaux 2 et 4, sans toutefois préciser les espèces rencontrées. Hommeril *et al.* (1974) donnent quelques indications supplémentaires pour les espèces identifiées dans le niveau inférieur 2 : quelques foraminifères de type *Nonion sp.* et des ostracodes dont les espèces sont les suivantes : *Limnocythere inopinata*, *Darwinula stevensoni*). Le niveau 6, le plus riche en microfaune, a été étudié par K.L. Knudsen en 1982 (Dupeuble *et al.*, 1984). Ici, les assemblages de foraminifères sont dominés par *Elphidium excavatum* (la proportion des différents écophénotypes n'est pas précisée), tandis que

Elphidium albiumbilicatum (Weiss) et *Buccella frigida* sont également présents en forts pourcentages (>20%) pouvant indiquer une ambiance tempérée « froide ». Cet assemblage reflète un milieu littoral intertidal, probablement de fond d'estuaire, avec une pénétration du flot nettement plus en amont de la Seine qu'aujourd'hui. Les ostracodes sont également présents en abondance avec les espèces suivantes : *Candona angulata*, *Ilyocypris gibba*, *Candona* CF. *compressa*, *Candona* sp. (Hommeril *et al.*, 1974).

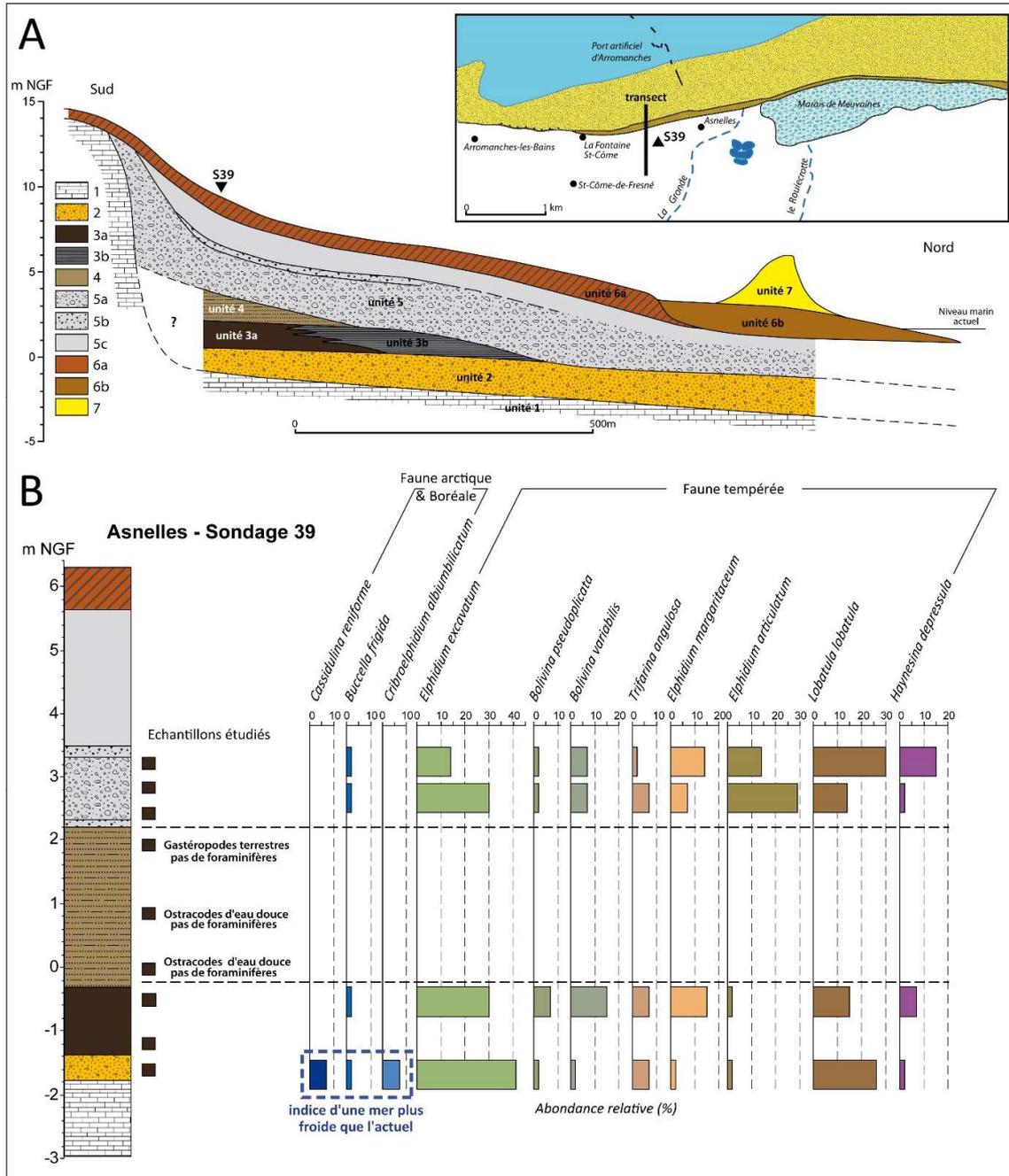


Figure 5 : Asnelles. A. Croquis de localisation et profil synthétique des formations d'Asnelles (1/calcaires et marnes jurassiques, 2/sables marins fini-éemien avec quelques galets, 3/a. tourbe du début weichselien, 3/b. argile du début weichselien, 4/silts argileux carbonatés, 5/ a.head, b. lits de cailloux géolifRACTÉS, c. loess, 6/ a. sol sur loess, b. tourbe holocène, 7/cordon dunaire). B. Assemblages des foraminifères benthiques du sondage 39.

Figure 5 : Asnelles. A. Location map and synthetic profile of the formations of Asnelles (1/Jurassic marls and limestones, 2/Late eemian sands with pebbles, 3/a. Early weichselian peat, 3/b. Early weichselian clay, 4/ Calcareous clayey silts, 5/a. Head, b.Layers of gelifRACTED pebbles, c.Loess, 6/ a. Modern soil on loess, b. Holocene peat, 7/Dune). B. Benthic foraminiferal assemblages of core 39.

A Tourville-la-Rivière, la stratigraphie de la terrasse est moins altérée, plus riche et plus dilatée qu'à Cléon puisqu'elle se développe sur 35 m d'épaisseur. Elle se résume en une alternance de dépôts fluviatiles périglaciaires ou sableux (niveaux A, C, E à J) et de dépôts fluviomarins interglaciaires (niveaux B et D) dont l'altitude est respectivement de 3-5 mètres et 12-15 m NGF. A la différence de celle de Cléon, la séquence de Tourville-la-Rivière a fait l'objet de plusieurs datations numériques, en particulier sur les niveaux fluvio-marins (Lautridou *et al.*, 1999, 2003). Le niveau B a ainsi donné un âge de 314 ± 32 Ka par la méthode IRSL (Balescu *et al.*, 1997) correspondant au stade isotopique marin 9. Le niveau D a livré un âge de 196 ± 23 Ka par IRSL (Balescu *et al.*, 1997) et 200 ka par ESR (Stremme, 1985), correspondant au stade 7. Ces deux niveaux contiennent une faune marine de foraminifères et ostracodes indiquant un milieu estuarien.

Récemment, Auguste *et al.* (2003) ont proposé, à partir d'arguments basés sur l'analyse des vestiges des grands mammifères retrouvés dans les deux séquences, de raccorder les stratigraphies de Cléon et de Tourville à partir des corrélations suivantes :

- stade isotopique 9 (Holsteinien) : Tourville B / Cléon 2 ;
- stade isotopique 7 (interglaciaire intra-saalien) : Tourville D1 / Cléon 4, 5 et 6.

Bien qu'elle soit extrêmement convaincante, cette corrélation stratigraphique s'oppose aux conclusions de D. Lefebvre (*in* Lautridou *et al.*, 1984) qui a étudié la microfaune marine sur chacun des deux sites de Cléon et Tourville, et a observé des différences importantes dans la composition des assemblages de foraminifères d'un site à l'autre. Il faudrait probablement reprendre le travail sur les microfaunes marines dans ce secteur pour résoudre ce problème.

La séquence marine de Tancarville : MIS 7 et 5e

Découverte en 1965, la séquence de Tancarville se situe dans l'estuaire de la Seine, à une quinzaine de kilomètres du débouché du fleuve en mer. Les coupes ont fait l'objet de nombreuses études géomorphologiques, sédimentologiques et stratigraphiques (Lautridou & Dupeuble, 1967 ; Lautridou *et al.*, 1974 ; Lebret *et al.*, 1984 ; Lautridou *et al.*, 1986). La micro-faune marine de foraminifères et d'ostracodes a été déterminée successivement par P.A. Dupeuble (Lautridou & Dupeuble, 1967), K.L. Knudsen (1982), puis D. Lefebvre (Dupeuble *et al.*, 1984). En effet, la séquence de Tancarville présente deux générations de dépôts marins contenant une abondante microfaune dont l'étude a permis de mieux caractériser les environnements de dépôt et de définir les ambiances climatiques.

Le paléo-estuaire du stade 7

A la base des coupes réalisées sous le pont de Tancarville apparaît une série de dépôts tidalitiques silteux d'une épaisseur de 1 m environ, reposant sur un lit de galets et surmontés par un paléosol humifère (figure 6A). Cette série contient une faune riche en foraminifères et ostracodes permettant d'attester du caractère marin de ces dépôts. Elle est recouverte par une accumulation importante de sables lités calcaires dont le premier mètre contient également de nombreux foraminifères. Attribué initialement à l'eemien, ces dépôts littoraux sont désormais attribués à l'interglaciaire intra-saalien (Lautridou *et al.*, 1999 ; Lautridou, 1987, 2003), c'est-à-dire le stade isotopique 7.

Lautridou & Dupeuble (1967) montrent que les assemblages identifiés sur le cailloutis de base sont de type estuariens, dominés par *Haynesina depressula* et secondairement par *Elphidium incertum*, *Lobatula lobatula* et *Bolivina pseudiopticata* (figure 6B). Cet assemblage témoigne d'un milieu vaseux. Reprise par D. Lefebvre en 1983 (*in* Dupeuble *et al.*, 1984), l'analyse de ce niveau silteux (échantillon 23DL83) montre des résultats similaires, avec toutefois, une proportion moindre des Nonionidés dont la part est de seulement 18 %. Cette fois, les assemblages sont dominés par *Elphidium excavatum* (30 %), *Lobatula lobatula* (16 %) et *Trifarina angulosa* (7 %). A cela s'ajoute un ensemble de 21 espèces qui traduisent un enrichissement des assemblages estuariens par des apports littoraux. Au moment du dépôt, le site de Tancarville se situe vraisemblablement au débouché de l'estuaire de la Seine, dans un contexte de haut niveau marin d'interglaciaire tempéré, où la sédimentation est contrôlée par les dynamiques fluviomarines. Par ailleurs, *E. excavatum* apparaît essentiellement sous sa forme *selseyensis*, à côté des formes

alba et *lidoensis*, ce qui est un indice de conditions de température comparables à celles qui règnent actuellement en Manche et en Mer du Nord (Dupeuble *et al.*, 1984).

Les tidalites silteuses fournissent un assemblage assez similaire dans l'échantillon 49DL83, mais dans lequel se trouvent les signes d'une dégradation climatique (figure 6B). En effet, *E. excavatum* existe sous les deux formes, *clavata* et *selseyensis*, représentée en part égale. De plus, la proportion de *Cassidulina reniforme*, espèce arctique, atteint 9 % de l'assemblage. Ces données sont interprétées comme l'amorce du refroidissement en fin d'interglaciaire. Ce dépôt est parcouru d'anciens chenaux à remplissage finement lité de sables moyens et de silts argileux dans lesquels les tests d'*Ammonia beccarii* et d'*Elphidium excavatum forma alba* sont relativement gros par rapport aux tests des autres espèces (Lebret *et al.*, 1984). Lautridou et Dupeuble (1967, p.120) font le même constat pour cette formation estuarienne (coupe 3), où à côté d'une population homogène caractéristique des vases se juxtaposent des individus assez gros d'*Ammonia* et de *Lobatula*, souvent roulés, apportés sans doute par les courants de marée. Pour Lebret *et al.* (1984), ces différences traduisent un mélange plus complexe des apports marins et fluviatiles dans l'axe de ces chenaux. Cela rejoint les interprétations de Bates *et al.* (2010) pour les assemblages identifiés dans les plages pléistocènes perchées de la région d'Aldingbourne, dans le sud de l'Angleterre. En se basant sur l'observation de la taille et des ornements de *Ammonia batavus* (synonyme de *Ammonia beccarii* var. *tepida*), Bates *et al.* (2010) distinguent deux morphotypes de cette espèce. L'un se caractérise par des spécimens au test gonflé et épais, retrouvé systématiquement en association avec *A. falsobeccarii*. L'autre présente, en revanche, un test nettement plus grand et aplati, orné et vaguement enroulé. Ce second morphotype se rencontre toujours sans *A. falsobeccarii*. Pour les auteurs, ces différences expriment des conditions hydrodynamiques différentes. Les formes gonflées et robustes (gros tests) révéleraient un milieu soumis à une plus forte agitation marine alors que les milieux où l'on rencontre les formes plates et ornementées correspondraient à un milieu plus calme. En définitive, les microfaunes identifiées dans les tidalites de Tancarville révèlent un milieu estuarien soumis à une dégradation climatique.

L'horizon humifère qui surmonte les tidalites semble d'ailleurs confirmer cette interprétation. Les foraminifères sont très rares, dominés par *Haynesina depressula* et *Lobatula lobatula*, tandis que les mollusques d'eau douce témoignent de conditions humides, mais également assez froides (Lautridou & Dupeuble, 1967 ; Lautridou *et al.*, 1974) indiquant un environnement humide de début glaciaire (Lautridou *et al.*, 1986).

Enfin, les sables lités calcaires qui surmontent ces dépôts sont considérés comme fluviatiles, mais leur base présente sur près de 1,20 m d'épaisseur de riches assemblages de foraminifères et d'ostracodes. L'échantillon 16DL83 prélevé dans ces sables présente une forte proportion d'*E. excavatum* (29 %), présent sous la forme *clavata* à 85 % et sous la forme *alba* à 15 % (Dupeuble *et al.*, 1984). La part de *C. reniforme* atteint 19 % et indique un environnement nettement plus froid que celui de la Manche actuelle (figure 6B). Ce sable fluviatile s'est déposé sous un climat froid de début du stade isotopique 6. Alors que la position du niveau marin relatif était toujours élevée, des crues de grande ampleur ont apporté de grandes quantités de sables qui se sont mélangées à des éléments marins, peut-être transportés par le vent.

La dune du stade 5e

Un dépôt de sable éolien, attribué au stade isotopique 5e (confirmé par une date à $125 \pm 12,5$ ka par IRSL, in Cliquet & Lautridou, 2009) se présente également en coupe de falaise sur le site de Tancarville, sur une épaisseur pouvant dépasser 3 m. Ce sable contient des assemblages de foraminifères dominés par *Haynesina depressula*, *Elphidium incertum* et *Lobatula lobatula* (Lautridou & Dupeuble, 1967). Les ostracodes les plus abondants sont inféodés aux milieux d'eau douce ou saumâtre comme *Iliocypris gibba* et *Cyprideis torosa*, ou au milieu marin peu profond comme *Urocythereis oblonga* ou *Leptocythere castanea* (Lautridou & Dupeuble, 1967). L'étude du contenu microfaunique de l'échantillon 7DL83 (Dupeuble *et al.*, 1984) indique un climat comparable à celui de la Manche actuelle. *E. excavatum*, faiblement représenté, se présente sous sa forme *lidoensis*. Sables, foraminifères et

ostracodes proviendraient donc d'un paléostuaire eemien tout proche qui, une fois exposé aux vents lors d'une baisse du niveau de mer, aurait alimenté la dune (Cordy *et al.*, 2003).

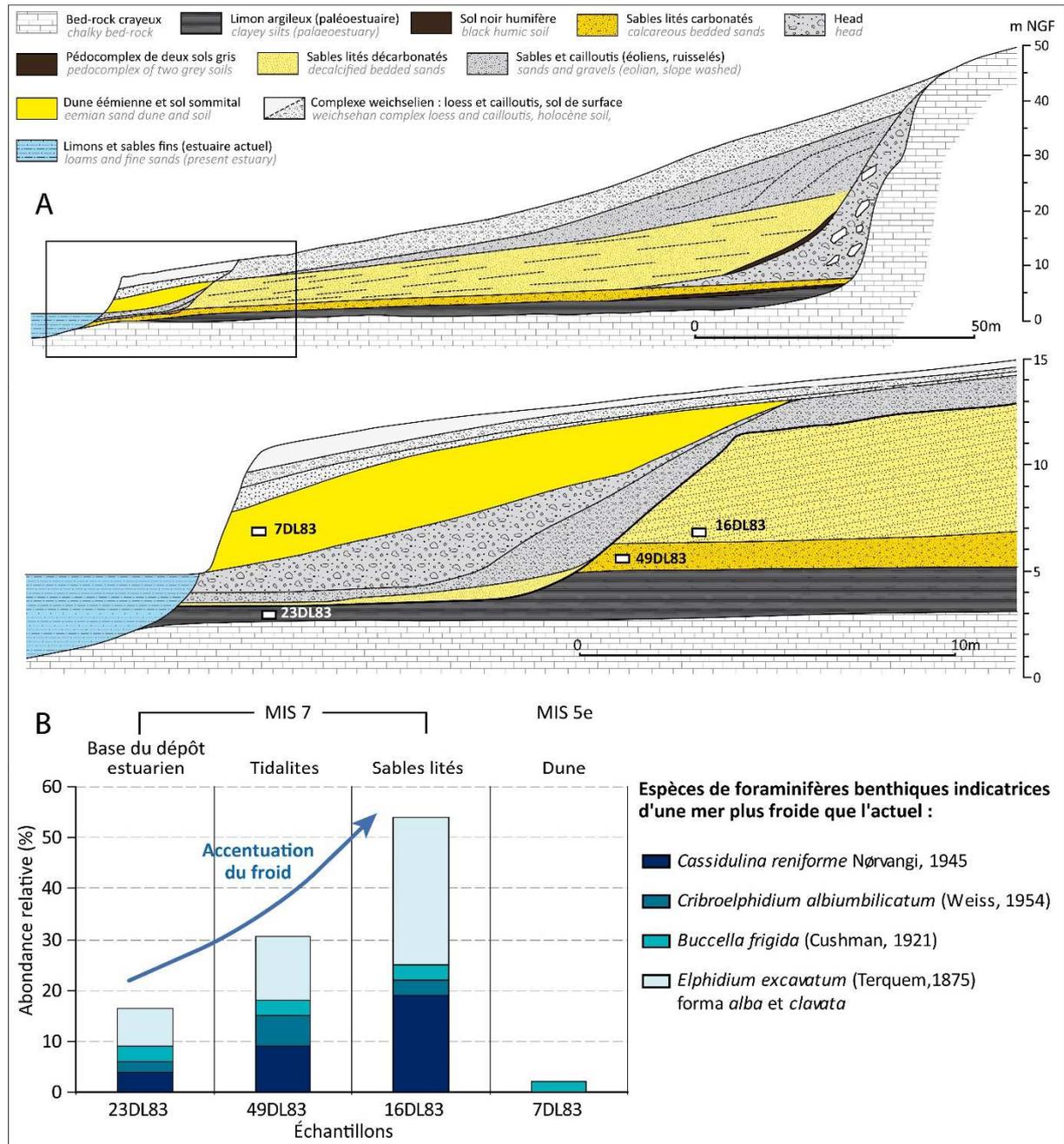


Figure 6 : Tancarville. A. Profil interprétatif des dépôts pléistocènes de Tancarville (d'après Lebret et al., 1986). B. Proportion des foraminifères benthiques d'affinité boréale et arctique dans les assemblages (d'après Dupeuble et al., 1984).

Figure 6: Tancarville. A. Interpretative section of pleistocene deposits. (modified from Lebret et al., 1986). B. Proportion of benthic foraminifera indicative of boreal and arctic conditions in the English Channel (from Dupeuble et al., 1984).

Les sites urbains du Havre

Plusieurs formations marines pléistocènes, découvertes dans la ville du Havre à l'occasion de chantiers d'aménagement urbain et d'opérations immobilières menés dans les années 1970 et 1980, se sont révélées riches en microfaune marine. Celle-ci a été étudiée par D. Lefebvre (Lechevalier et Lefebvre,

1987 ; in Breton *et al.*, 1991) et s'appuie sur des analyses géomorphologiques et stratigraphiques (Breton *et al.*, 1991). Deux formations marines, respectivement attribuées à la fin de l'Eémien (stade isotopique marin 5e) et au Pléistocène moyen récent (stade 7) ont été distinguées (Lautridou *et al.*, 2003) et leur contenu faunique apporte des indications précises sur la nature des dépôts et les ambiances climatiques associées.

La séquence de l'Hôtel de Ville et de la Place Gambetta

Cette séquence a été découverte lors de travaux de terrassement menés Place Gambetta, face à l'Hôtel de Ville, entre 1985 et 1988. Elle comporte, de bas en haut, les cinq horizons suivants (Breton *et al.*, 1991) :

- Une nappe de galets et de sables associés (**unité A**), épaisse de 60 cm, à microfaune très rare, composée de tests de foraminifères très petits et très usés, traduisant malgré tout un milieu intertidal et un climat plus froid que l'actuel. Deux échantillons ont été étudiés en détail. Ils ont été prélevés à la base et au sommet de l'unité et comptent respectivement 16 et 10 espèces différentes de foraminifères. *Elphidium excavatum* et *Buccella frigida* dominent et représentent chacun entre 30 % et 40 % des assemblages. Les espèces secondaires sont *Lobatula lobatula* (10 %), *Elphidium gerthi* (9 %) et *Haynesina depressula* (6 %).
- Un niveau silto-sableux de 30 à 60 cm d'épaisseur (**unité B**), contenant une microfaune rare à la base, mais assez abondante dans les niveaux silteux et montrant des assemblages de vasière intertidale avec des indices très nets de mer froide. *Elphidium excavatum* représente 33% de l'assemblage étudié, suivi par *Haynesina depressula* (14 %), *Elphidium gerthi* (13 %) et *Buccella frigida* (11 %).
- Une nappe de galets et graviers gélifractés emballés dans une matrice de sables grossiers d'une épaisseur de 75 à 120 cm (**unité C**). Au sommet de la nappe, dans l'une des coupes, apparaît une lentille sableuse contenant des foraminifères et indiquant donc une origine au moins partiellement marine du matériel (Breton *et al.*, 1991). Des tests de taille normale se retrouvent associés à de très petits, parmi lesquels on retrouve des indicateurs de climat froid, en particulier *Cassidulina reniforme* (3 %).
- Un dépôt sableux de 60 cm d'épaisseur (**unité D**) contenant des foraminifères en abondance, avec néanmoins un appauvrissement vers le sommet lié à la dissolution des tests sous l'effet d'une décalcification du dépôt. Cette fois, les assemblages indiquent un climat peu différent de l'actuel, seulement un peu plus frais du fait de la présence de *Elphidium excavatum* présent en proportion notable sous la forme *clavata*, ou avec des caractères intermédiaires entre les formes *clavata* et *selseyensis*. Les assemblages sont dominés par *E. excavatum* (26-27 %), *N. depressulum* (17%), *C. lobatulus* (9-10%), *A. beccarii* (10-14%).
- Un limon à silex (**unité E**) d'origine périglaciaire.

En somme, le faciès littoral des unités A à D implique une mise en place au cours d'une ou de plusieurs périodes de niveau marin élevé, proche de l'actuel, antérieurement à un ou plusieurs épisodes de froid glaciaire conduisant à la gélifraction des galets et à la formation de l'unité E. Pour Breton *et al.* (1991), les unités A et B pourrait être attribuées au stade 7 puisque l'on y rencontre une microfaune marine « fraîche », assez similaire à celle identifiée dans le paléo-estuaire de Tancarville (Lautridou *et al.*, 2003). En outre, l'ambiance marine « froide » soulignée par la microfaune de foraminifères semble difficilement compatible avec les conditions climatiques qui caractérisent l'optimum eémien en Europe de l'ouest. En revanche, les unités C et D pourraient, bel et bien, correspondre au stade 5e, les assemblages étant sensiblement identiques à ceux que l'on rencontre aujourd'hui en Manche.

La séquence de la place Thiers

Les dépôts littoraux découverts place Thiers correspondent à des sables silteux lités reposant sur un niveau de galets et sables marins fortement gélifracés et correspondant vraisemblablement à l'unité B de la séquence de l'Hôtel de Ville. Une vingtaine d'échantillons prélevés finement dans les lits de sables et de silts ont fait l'objet d'une première observation par P.-A. Dupeuble, consignée par Lechevalier & Lefebvre (1987). Les assemblages de foraminifères indiquent qu'il s'agit d'un matériel déposé en contexte intertidal de faible hydrodynamisme, dans un milieu supportant des dessalures (lagune saumâtre ou, plus probablement, milieu estuarien). On y retrouve en dominance : *Haynesina depressula* et *Cibrononion excavatum*. Les autres espèces rencontrées sont les suivantes : *Bolivina pseudoplicata*, *Bolivina variabilis*, *Trifarina angulosa*, *Lagena williamsoni*, *Favulina hexagona*, *Ammonia beccarii*, *Discorbis* spp. et *Lobatula lobatula*. Ces informations permettent donc de définir le dépôt comme des tidalites. Par ailleurs, selon les lits de sables et de silts, la diversité spécifique des assemblages est très variable, reflétant peut-être des variations dans les conditions de salinité ou de température (Lechevalier & Lefebvre, 1987). Enfin, il n'est fait mention d'aucune espèce à affinité boréale ou arctique indiquant une mer plus froide que l'actuelle.

Le sondage de la rue Gabriel Peri

Alt. -3/-2 m NGF

Obtenus lors d'un sondage de géotechnique dans la rue Gabriel Péri, deux échantillons prélevés respectivement au milieu et au sommet de la série tidalitique présentent des assemblages quelque peu différents de ceux identifiés par P.-A. Dupeuble (*in* Lechevalier & Lefebvre, 1987). L'analyse de R. Mathieu (*in* Lechevalier & Lefebvre, 1987) indique une abondante microfaune d'ostracodes de foraminifères dans la partie médiane de la série, suggérant un bas de plage ou un fond côtier peu profond (domaine subtidal). 21 espèces de foraminifères sont recensées dans un assemblage dominé par *Lobatula lobatula* (21%), *Ammonia beccarii* var. *batavus* (21%), *Elphidium crispum* (1%). Notons que le dépôt se situe ici à une altitude de 3-4 m inférieure à celle de la série étudiée Place Thiers et pourrait donc lui être contemporaine. L'échantillon prélevé au sommet de la série tidalitique suggère, en revanche, un milieu intertidal. Les ostracodes sont très rares et les foraminifères moins abondants avec 15 espèces identifiées.

Le chantier Paillette

Alt. 1-2/6-7 m NGF

Lors d'une opération immobilière dans le centre-ville (chantier Paillette), une séquence marine de 5 m d'épaisseur a été découverte. Bien que basculée, la séquence se compose de sables coquillers fins entrecoupés de quelques rares lits silteux présentant un faciès de vasière intertidale et reposant sur un cordon de galets épais d'un mètre (Lechevalier & Lefebvre, 1987). Les assemblages de foraminifères ont été étudiés dans cette série tidalitique à partir de 8 échantillons prélevés depuis la base vers le sommet (figure 7). En plus de confirmer le faciès de type *tidal-flat* suggéré par l'aspect des sédiments, les assemblages de foraminifères ont mis en lumière une dégradation progressive du climat dans un contexte interglaciaire de haut niveau marin. Cette dégradation s'observe notamment dans les formes d'*Elphidium excavatum* rencontrées à partir de l'échantillon 58DL85 où les spécimens sont rencontrés sous la forme *clavata* et *alba* tendent à augmenter, tandis que l'intermédiaire entre les formes *selseyensis* et *clavata* abondent également (Lechevalier & Lefebvre, 1987). L'analyse de la microfaune indique donc une température tempérée fraîche inconnue durant l'optimum eemien plus chaud et permet d'attribuer ce dépôt au stade isotopique 7 (Lautridou *et al.*, 2003).

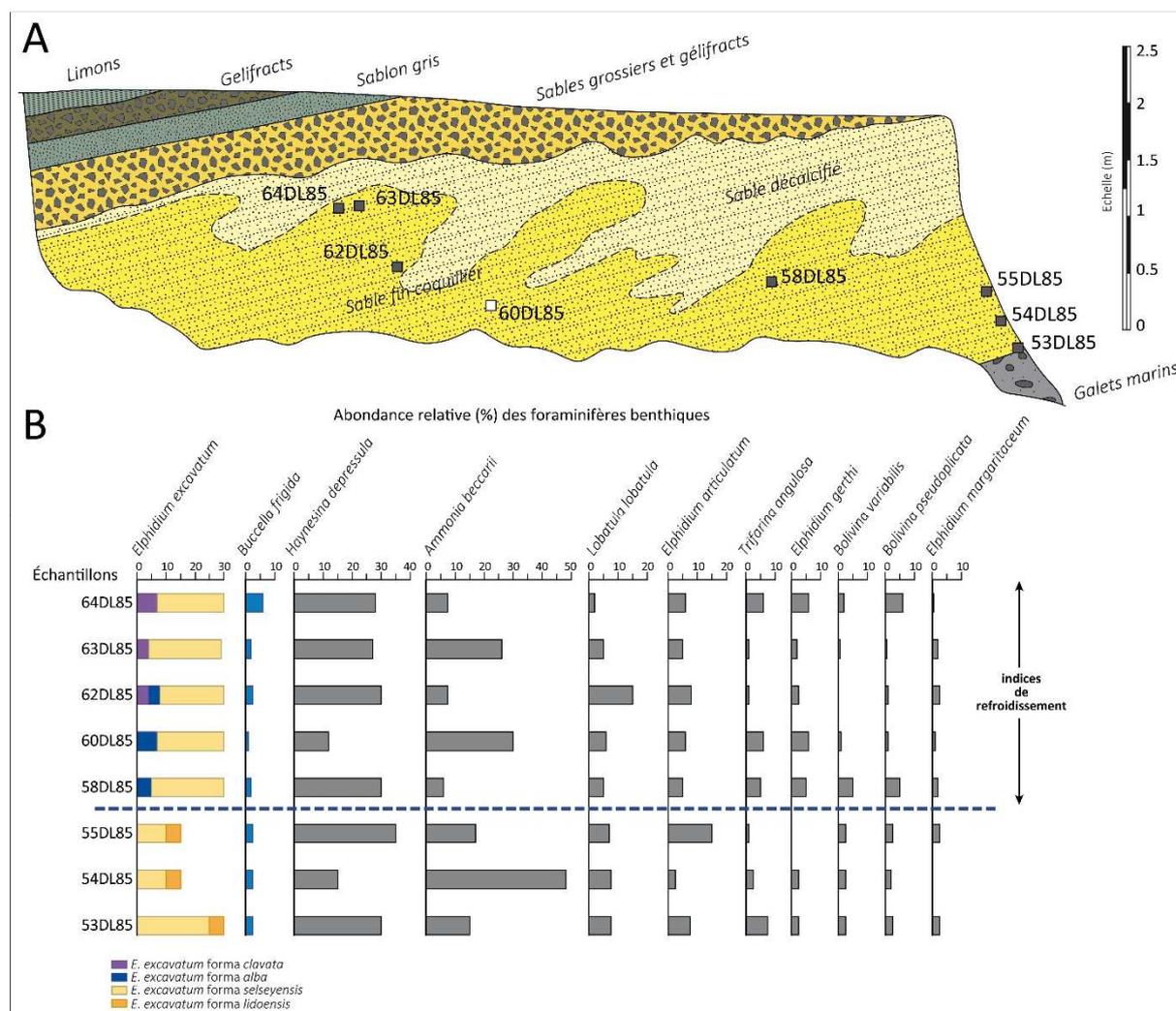


Figure 7 : Coupe stratigraphique de la séquence de La Paillette (Le Havre) et composition des assemblages de foraminifères benthiques (modifiée d'après Lechevalier & Lefebvre, 1987).

Figure 7 : Stratigraphical section of La Paillette (Le Havre) and composition of benthic foraminiferal assemblages (modified from Lechevalier & Lefebvre, 1987).

Conclusion

Même si les foraminifères ne peuvent généralement pas être utilisés comme un marqueur chronostratigraphique pour la période Quaternaire, ils ont permis de distinguer, dans les diverses séquences pléistocènes de Normandie, les dépôts littoraux associés aux interglaciaires eemiens (MIS 5e) et intra-saaliens (MIS 7) sur une base simple : l'optimum eemien se caractérise par des faunes plus chaudes, sinon similaires à l'actuel, tandis que l'interglaciaire intra-saalien est marqué par un climat plus froid et des microfaunes arctiques et boréales en plus grande proportion dans les assemblages. Ces attributions chronologiques ont été confirmées par des datations numériques dans les séquences de Tourville et de Tancarville. Elles ont permis de corréler les niveaux estuariens de la Seine, depuis son estuaire jusqu'à Cléon et de préciser la paléogéographie de cette basse-vallée lors des dernières phases de hauts niveaux marins du Pléistocène.

Par ailleurs, les assemblages de foraminifères benthiques étudiés dans les sédiments pléistocènes de Normandie ont permis, dans la plupart des cas, de mieux caractériser les environnements de dépôt et de confirmer les observations basées sur le seul faciès sédimentaire. Ainsi, le caractère estuarien de plusieurs niveaux des séquences de Cléon et Tourville (basse vallée de la Seine) a été clairement démontré par la composition des assemblages de foraminifères. Au Havre, Place Gambetta, la

microfaune marine a montré que le matériel silto-sableux intercalé entre deux niveaux de galets correspond à des tidalites, mises en place dans la zone de balancement des marées. A Asnelles, l'origine littorale de la tourbe sableuse située sous le head wechsélien est soulignée par la présence de foraminifères. Leur disparition dans le niveau silteux supérieur, associée à une faune d'ostracodes dulcicoles, témoigne d'une continentalisation du milieu, peut-être liée à un retrait de la ligne de rivage en début de période glaciaire. Dans certains cas, l'étude de la microfaune a mis en évidence une dégradation des conditions climatiques traduisant une fin d'interglaciaire sous une ambiance tempérée de plus en plus froide. A Tancarville, par exemple, la proportion des espèces de foraminifères d'affinité arctique ou boréale s'accroît depuis la base des dépôts estuariens vers les sables lités calcaires qui les surmontent, indiquant un refroidissement significatif des eaux de la Manche. Les éléments d'informations livrés par la microfaune marine constituent donc une aide précieuse à l'interprétation des séquences stratigraphiques de la région et permettent de mieux définir les contraintes climatiques et environnementales qui ont déterminé les dynamiques de peuplement des Hommes du Paléolithique dans cette partie de la France.

Bibliographie

Athersuch J., Horne D.J. & Whittaker J.E. (1989). *Marine and brackish water ostracods. In: Kermack D.M. & Barnes R.S.K. (Eds.), Synopsis of the British Fauna (New Series), 43.* E.J. Brill, Leiden. (for the Linnean Society of London and The Estuarine and Brackish-water Sciences Association).

Auguste P., Carpentier G. & Lautridou J.-P. (2003). La faune mammalienne de la basse terrasse de la Seine à Cléon (Seine-Maritime, France): interprétations taphonomiques et biostratigraphiques. *Quaternaire*, **14** (1), 5-14.

Balescu S., Lamothe M. & Lautridou J.-P. (1997). Luminescence evidence for two Middle Pleistocene interglacial events at Tourville, northwestern France. *Boreas*, **26**, 61-72.

Barlow N.L.M., Shennan I., Long A.J., Gehrels W.R., Saher M.H., Woodroffe S.A. & Hillier C. (2013). Salt marshes as late Holocene tide gauges. *Global and Planetary Change*, **106**, 90-110.

Bates M.R., Bates C.R., Gibbard P.L., MacPhail R.I., Owen F.J., Parfitt S.A., Preece R.C., Roberts M.B., Robinson J.E., Whittaker J.E. & Wilkinson K.N. (2000). Late Middle Pleistocene deposits at Norton Farm on the West Sussex coastal plain, southern England. *Journal of Quaternary Science*, **15** (1), 61-89.

Bates M.R., Briant R.M., Rhodes E.J., Schwenninger J.-L. & Whittaker J.E. (2010). A new chronological framework for Middle and Upper Pleistocene landscape evolution in the Sussex/Hampshire Coastal Corridor, UK. *Proceedings of the Geologists' Association*, **121**, 369-392.

Bates M.R., Keen D.H. & Lautridou J.-P. (2003). Pleistocene marine and periglacial deposits of the English Channel. *Journal of Quaternary Science*, **18** (3-4), 319-337.

Breton G., Cousin R., Huault M.-F., Lechevalier C. & Lefebvre D. (1991). Les sédiments quaternaires du quartier de l'Hotel de Ville, au Havre : séquences marines pré-éémienne, éémienne et holocène de l'estuaire de la Seine. *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, **41**, 15-63.

Coutard S., Lautridou J.-P., Rhodes E. & Clet M. (2006). Tectonic, eustatic and climatic significance of raised beaches of Val de Saire, Cotentin, Normandy, France. *Quaternary Science Reviews*, **25**, 595-611.

Cushman J.A. (1928). *Foraminifera. Their classification and economic use.* Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, Special Publications, 1, 401 p.

Dupeuble P.A., Knudsen K.L. & Lefebvre D. (1984). Les renseignements fournis par les foraminifères des terrasses de la Basse-Seine. *Bulletin du Centre de géomorphologie de Caen*, **29**, 86-97.

Elhaï H. & Larsonneur C. (1969). Dépôts tardiglaciaires et postglaciaires sur la côte du Calvados. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, **6** (2), 93-104.

Feyling-Hanssen R.W. (1972). The foraminifer *Elphidium excavatum* (Terquem) and its variant forms. *Micropaleontology*, **18**, 337-354.

Feyling-Hanssen R.W., Jorgensen J.A., Knudsen K.L., Lykke-Andersen A.L. (1971). Late quaternary foraminifera from Vendsyssel, Denmark and Sandnes, Norway. *Bull. Géol. Soc. Denmark*, **21** (2-3), 67-317.

Guillaume L. (1932). Dépôts monastiniens et flandriens de Saint-Côme-de-Fresné et Asnelles-Belle-Plage (Calvados). *Comptes Rendus de la Société géologique de France*, **9**, 119.

Hayward B.W., Holzmann M., Grenfell H.R., Pawlowski J., Triggs C.M. (2004). Morphological distinction of molecular types in *Ammonia* - towards a taxonomic revision of the world's most commonly misidentified foraminifera. *Marine Micropaleontology*, **50**, 237-271.

Hommeril P., Martin P & Puisségur J.-J. (1974). Les nappes alluviales de la Seine à Cléon (près de Rouen) et leurs intercalations saumâtres. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, **11** (3-4), 202-207.

Hue E. (1928). Plage surélevée de Luc-sur-Mer (Calvados). *Bulletin de la Société préhistorique de France*, **25** (10), 403-408.

Jorissen F.J., Fontanier C. & Thomas E. (2007). Paleoceanographical proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. In : Hillaire-Marcel C. & De Vernal A. (Eds.), *Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography*. Elsevier, Amsterdam, 263-313.

Knudsen K.L. (1982). Foraminiferal faunas in some marine deposits of NW France. Supplément du *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, Caen, 5 p.

Lautridou J.-P. & Dupeuple D.A. (1967). Les formations würmiennes de la pointe de Tancarville. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, **4** (2), 113-130.

Lautridou J.-P. (1987). Données nouvelles sur le Quaternaire de Normandie. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, **24** (3), 161-164.

Lautridou J.-P. (2003). La datation du Quaternaire Normand: tableaux des éléments de datation et de la chronostratigraphie. *Quaternaire*, **14** (1) 65-71.

Lautridou J.-P., Auguste P., Carpentier G., Cordy J.M., Lebret P., Lechevalier C. & Lefebvre D. (2003). L'Eemien et le Pléistocène moyen récent fluvio-marin et continental de la vallée de la Seine de Cléon au Havre (Normandie). *Quaternaire*, **14** (1), 25-30.

Lautridou J.-P., Baize S., Clet M., Coutard J.P. & Ozouf J.C. (1999). Les séquences plio-pléistocènes littorales et estuariennes de Normandie. *Quaternaire*, **10** (2-3), 161-169.

Lautridou J.-P., Lefebvre D., Lécolle F., Carpentier G., Descombes J.C., Gaquerel C. & Huault M.-F. (1984). Les terrasses de la Seine dans le méandre d'Elbeuf. Corrélations avec celles de la région de Mantes. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, **21** (1-3), 27-32.

Lautridou J.-P., Martin P. & Puissegur J.-J. (1974). Loess, heads, nappes alluviales et niveaux marins dans la Basse-Seine; essais de corrélation entre les coupes de Saint-Romain, de Tancarville, de Cléon et de Saint-Pierre-les-Elbeuf. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, **11** (3-4), 208-211.

Lebret P., Dumont J.-L., Caquerel C., Huault M.-F., Lautridou J.-P., Le Coustumer N. M., Lefebvre D., Levant M., Masson B. & Puissegur J.-J. (1984). Tancarville. La liaison Pléistocène moyen-Pléistocène supérieur en Basse-Seine. *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, **29**, 63-83.

Lebret P., Lautridou J.-P., Lefebvre D. & Van Vliet-Lanoë B. (1986). Tancarville. La séquence marine et continentale du Pléistocène supérieur. In: Lautridou J.-P., Keen D. & Monnier J.-L. (Eds.). *Loess et autres dépôts périglaciaires pléistocènes de l'Europe du Nord-Ouest. Relations avec les formations marines*. Symposium de la commission Inqua des loess et de la commission UGI de la signification des phénomènes périglaciaires. Normandie-Jersey-Bretagne. 20-27 août 1986. Centre de géomorphologie de Caen. 65-68.

Lechevalier C. & Lefebvre D. (1987). Nouvelles observations sur la microfaune des formations littorales préweichséliennes de l'estuaire de la Seine. *Bulletin du Centre de géomorphologie de Caen*, **32**, 61-69.

Loeblich A.R. & Tappan H. (1987). *Foraminiferal Genera and their Classification*. Van Nostrand Reinhold, 1182 p.

Milker Y. & Schmiedl G. (2012). A taxonomic guide to modern benthic shelf foraminifera of the western Mediterranean Sea. *Palaeontologia Electronica*, **15** (2), 134 p.

Murray J.W. & Alve E. (2000). Major aspects of foraminiferal variability (standing crop and biomass) on a monthly scale in an intertidal zone. *Journal of Foraminiferal Research*, **30**, 177-191.

Murray J.W. (2006). *Ecology and applications of benthic foraminifera*. Cambridge University Press, Cambridge, 426 p.

Pellerin J., Brebion P., Helluin M., Hollin J.T., Lauriat-Rage A., Lefebvre D. & Miller G.H. (1987). Données nouvelles sur le gisement marin quaternaire +14,5/+15,7m NGF du cimetière de Luc-sur-Mer (Calvados, France). *Bulletin du Centre de géomorphologie de Caen*, **32**, 99-115.

Rosset-Moulinier M. (1972). *Etude des foraminifères des côtes nord et ouest de Bretagne*. Travaux du laboratoire de Géologie, Ecole Normale Supérieure, Paris, 6, 225 p.

Rosset-Moulinier M. (1976). Répartition des populations de foraminifères benthiques dans le golfe normand-breton et la baie de Seine. *Annales de l'Institut Océanographique*, **54**, 107-126.

Scott D.F. & Medioli F.S. (1978). Vertical zonations of marsh foraminifera as accurate indicators of former sea-levels. *Nature*, **272**, 528-531.

Scott D.F. & Medioli F.S. (1980). Living vs. total foraminifera populations: their relative usefulness in paleoecology. *Journal of Paleontology*, **54**, 814-831.

Stéphan P. (2023). Microfaune marine (foraminifères et ostracodes) des formations pléistocènes de Normandie. In : Cliquet D., Coutard J.-P. (dir.), *Les environnements des occupations humaines pléistocènes de Normandie (France) et des îles anglo-normandes dans leur cadre chronologique*, Presses universitaires de Liège, ERAUL 145, p. 263-277. ISBN : 978-2-87562-349-2.

Sejrup H.P. & Guilbault J.P. (1980). *Cassidulina reniforme* and *Cassidulina obtusa* (foraminifera), taxonomy, distribution and ecology. *Sarsia*, **65**, 79-85.

Sejrup H.P., Birks H.J.B., Klitgaard Kristensen D. & Madsen H. (2004). Benthonic foraminiferal distributions and quantitative transfer functions for the northwest European continental margin. *Marine Micropaleontology*, **53**, 197-226.

Stremme H. E. (1985). Altersbestimmung und Paläoböden in der Quatärstratigraphie. *Bulletin de l'Association Française pour l'étude du Quaternaire*, **2-3**, 159- 166.

Walton W.R. & Sloan B.J. (1990). The genus *Ammonia* Brünnich, 1772: Its geographic distribution and morphologic variability. *Journal of Foraminiferal Research*, **20**, 128-156.

West R.G. & Sparks B.W. (1960). Coastal interglacial deposits of the English Channel. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 243 (701), 95.

Annexe

Liste des espèces de foraminifères benthiques identifiées dans les séquences pléistocènes de Normandie

Ammonia beccarii (Linnaeus, 1758)
Ammonia tepida (Cushman, 1926)
Angulogerina angulosa (Williamson, 1858) = *Trifarina angulosa* (Williamson, 1858)
Bolivina pseudoplicata Heron-Allen & Earland, 1930
Bolivina variabilis (Williamson, 1858)
Buccella frigida (Cushman, 1921)
Cassidulina cf. laevigata
Cassidulina laevigata d'Orbigny, 1826
Cassidulina obtusa Williamson, 1858
Cassidulina reniforme Nørvangi, 1945
Cassidulina sp.
Cibicides fletcheri Galloway & Wissler, 1927
Cibicides lobatulus (Walker & Jacob, 1798) = *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob, 1798)
Cibicides pseudoungerianus (Cushman, 1931)
Cibicides refulgens de Montfort, 1808
Cibicides sp.
Elphidium albiumbilicatum (Weiss, 1954)
Elphidium articulatum (d'Orbigny, 1839)
Elphidium crispum (Linnaeus, 1758)
Elphidium excavatum (Terquem, 1875)
Elphidium gerthi Van Voorthuysen, 1957
Elphidium gunteri Cole, 1931
Elphidium incertum (Williamson, 1858) = *Criboelphidium incertum* Williamson, 1858
Elphidium macellum (Fichtel & Moll, 1798)
Elphidium margaritaceum Cushman, 1930
Elphidium translucens Natland, 1938
Epistominella sp.
Fissurina annectens (Burrows & Holland, 1895)
Fissurina lagenoides (Williamson, 1858) = *Lagenosolenia lagenoides* (Williamson, 1858)
Fissurina lucida (Williamson, 1848)
Globigerina sp.
Lagena laevis (Montagu, 1803) = *Reusoolina laevis* (Montagu, 1803)
Lagena sulcata (Walker & Jacob, 1798)
Lagena williamsoni Harvey & Bailey, 1854
Lamarckina haliotidea (Heron-Allen & Earland, 1911)
Lenticulina sp.
Nodosaria pyrula d'Orbigny, 1826 = *Grigelis pyrulus* (d'Orbigny, 1826)
Nodosaria sp.
Nonion depressulus (Walker & Jacob, 1798) = *Haynesina depressula* (Walker & Jacob, 1798)
Nonion labradoricum (Dawson, 1860) = *Nonionellina labradorica* (Dawson, 1860)
Nonion pauperatum (Balkwill & Wright, 1885)
Oolina globosa (Montagu, 1803)
Oolina hexagona (Williamson, 1848) = *Favulina hexagona* (Williamson, 1848)
Oolina lineata (Williamson, 1848)
Oolina melo d'Orbigny, 1839 = *Favulina melo* (d'Orbigny, 1839)
Patellina corrugata Williamson, 1858
Planorbulina mediterraneensis d'Orbigny, 1826
Planularia crepidula : non répertoriée
Quinqueloculina sp.

Liste des principales espèces de foraminifères benthiques identifiées dans les assemblages actuels de la Manche (Rosset-Moulinier, 1987)

Eggerelloides scaber (Williamson) = *Bulimina scabra* Williamson, 1858

Textularia truncata Höglund, 1947

Deuterammina celtica Brönnimann & Whittaker, 1990

Remaneica plicata (Terquem, 1876) = *Patellina plicata*, Terquem, 1876)

Gavelinopsis praegeri (Heron-Allen & Earland, 1913)

Eggerelloides scaber (Williamson, 1858)

Stainforthia fusiformis (Williamson, 1848)

Buliminella elegantissima (d'Orbigny, 1839)

Elphidium excavatum (Terquem, 1875)

Gavelinopsis praegeri (Heron-Allen & Earland, 1913) = *Discorbina praegeri* Heron-Allen & Earland, 1913 = *Discorbis lobatulus* (Parr, 1950) = *Rosalina praegeri* (Heron-Allen & Earland)

Elphidium gerthi Van Voorthuysen, 1957

Criboelphidium magellanicum (Heron-Allen & Earland, 1932) = *Elphidium magellanicum* Heron-Allen & Earland, 1932