

Sur la signification des foraminifères dans les dépôts continentaux

Foraminifères
 Dépôts continentaux
 Salinité
 Actuel
 Fossile



Foraminifera
 Continental deposits
 Salinity
 Recent
 Fossil

Alain LEVY ^a, Robert MATHIEU ^b, Armelle POIGNANT ^c et Marialsira FERNANDEZ-GONZALEZ ^d

G.E.F.N.A.: Groupe d'Étude des Foraminifères du Néogène à l'Actuel.

^a Laboratoire de Stratigraphie et URA 1761, Université P. et M. Curie, Tour 15, 4^e étage, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.

^b Laboratoire de Micropaléontologie, Université P. et M. Curie, Tour 15, 4^e étage, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.

^c Laboratoire de Micropaléontologie et URA 1761, Université P. et M. Curie, Tour 15, 4^e étage, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.

^d Laboratoire de Micropaléontologie, Université P. et M. Curie, Tour 15, 4^e étage, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05 et CONICIT, Vénézuéla.

Reçu le 04/04/95, révisé le 11/07/95, accepté le 18/07/95.

RÉSUMÉ

La présence de foraminifères, qui sont des organismes essentiellement marins, dans des dépôts continentaux et dans les nappes d'eau endoréiques pose le problème de leur origine.

Un inventaire des foraminifères des formations continentales anciennes et actuelles à travers le monde est entrepris par les auteurs. L'étude écologique de ces foraminifères conduit à différencier trois groupes indicateurs d'environnements: un premier groupe lié à un milieu de transition entre le domaine margino-littoral et les eaux continentales, un second strictement inféodé au domaine margino-littoral et un troisième à caractère marin dont certaines espèces ne peuvent s'accommoder que d'une euryhalinité modérée. La présence de certains foraminifères du troisième groupe dans les milieux endoréiques est discutée par les auteurs et les conduit à n'envisager leur mise en place qu'à la suite d'une transgression marine ou d'un remaniement. Elle amène à revoir sous un jour nouveau l'interprétation paléocéologique des foraminifères franchement marins fossilisés dans des dépôts continentaux.

ABSTRACT

Foraminifera in continental deposits.

The origin of Foraminifera found in continental deposits and endoreic sheets of water poses a problem. This paper presents an inventory of the Foraminifera observed in ancient and recent continental deposits throughout the world.

The ecological study of these Foraminifera leads to the differentiation of three groups related to different environments. The first group is indicative of a transitional environment between the margino-littoral area and the continental waters; the second is strictly bound to the margino-littoral biotope; and the third is marine, with a few species capable of tolerating a variable salinity.

The presence of some Foraminifera of the last group in the endoreic environments is discussed and leads to the hypothesis that their setting is due solely to a marine transgression or to reworking; this sets in a new light the paleoecological interpretation of some marine foraminifera fossilized in continental deposits.

Oceanologica Acta, 1995, 18, 6, 597-605.

INTRODUCTION

La fossilisation des foraminifères, organismes à affinité marine, dans certains dépôts continentaux comme leur présence dans les nappes d'eau endoréiques posent un problème d'interprétation fondamental. Ce phénomène conduit à s'interroger sur leur mode d'introduction ou leur origine. La question est en effet de savoir s'il s'agit d'organismes relictés ayant pu subsister dans des milieux marins devenus lacustres au cours du temps ou de faunes transplantées. Le caractère insolite de leur présence conduit ainsi à poser le problème de leur signification écologique et paléoécologique. Cette étude a pour objet l'interprétation écologique des dépôts d'après les associations de foraminifères. Il s'agit là d'une application paléoécologique qui est indépendante des processus biologiques de symbiose, de nutrition, de reproduction et d'échanges génétiques avec des populations voisines.

Les foraminifères des dépôts continentaux anciens

De nombreuses références bibliographiques attestent la fossilisation de foraminifères à test minéralisé dans les dépôts continentaux lacustres et palustres d'Europe, d'Asie, d'Afrique, d'Amérique et d'Australie, situés entre quelques dizaines et plusieurs centaines de kilomètres des rivages les plus proches. Diverses espèces ont ainsi été signalées :

Cénozoïque de la péninsule ibérique (Anadón, 1989) :

– Bassin de l'Ebre

Eocène moyen et supérieur de Valldeperes (zone orientale du Bassin de l'Ebre) : des petits foraminifères hyalins et agglutinés parmi lesquels on peut citer : *Trochammina* (?), *Miliammina* sp., *Spirillina* sp., Saccamminidae et Patellininae.

Miocène moyen et supérieur au sud de la plaine de Saragosse (zone centrale du bassin) : *Ammonia beccarii tepida* et *Ammonia beccarii* associé à des Potamides.

– Bassin du Douro :

Dans le Néogène de la zone centrale, des accumulations d'*Ammonia beccarii tepida* et dans la zone nord-orientale : *Quinqueloculina* sp., *Nonion granosum* et *Ammonia tepida* et *Ammonia beccarii* accompagné de l'ostracode *Cyprideis torosa*.

– Dépression valencienne, Bunyol

Dans les formations du Burdigalien supérieur : *Quinqueloculina seminula* et *Rosalina douvillei*.

– Dépression de Guadix-Baza

Durant le Pléistocène inférieur, des dépôts à *Ammonia beccarii* et *Elphidium* sp.

Allemagne (Bartenstein et Brand, 1938) :

– Dans les alluvions fluviales quaternaires de la Jade : *Jadammina*.

Asie mineure et Moyen orient (Yassini et Ghahreman, 1976) :

– Dans certains gisements non marins post-pliocènes de l'Azerbaïdjan, de Turkménie et des régions de Gorgan, Gilan, Mazandaran en Iran : *Ammonia beccarii*, *Criboelphidium iranicum* et *Elphidium* sp.

Pakistan (Allchin et Goudie, 1978) :

– Dans des éolianites holocènes situées à plus de 1000 km des côtes : *Rotaliidae* et *Miliolidae*.

Sahara :

– Dans certains dépôts lacustres quaternaires de l'Ahnet et de l'Erg Chech au Sahara central : *Ammonia beccarii* (Conrad et Lappartient, 1967).

– Dans des dépôts limniques pléistocènes et holocènes du site de l'Oued el Akarit : *Ammonia tepida*, *Elphidium gunteri* et *Trichohyalus aguayoi* (Lévy, 1984 a).

– Dans des dépôts quaternaires du chott Djérid : *Rotalia beccarii*, *Trichohyalus aguayoi*, *Quinqueloculina longirostra* (Milokhoff, 1952) et dans ceux du chott Melghir : *Ammonia tepida*, *Quinqueloculina laevigata* et *Triloculina rotunda* (Lévy, 1984 b).

– Dans des sédiments de l'Erg Occidental (Fontes et al., 1985) et de la sebkha Chemchane en Mauritanie (Chamard, 1973) : *Ammonia tepida*.

– Dans quelques formations holocènes de l'Erg Jmeya au Sahara malien : *Ammonia tepida*, *Protelphidium paraliium*, *Cibicides* sp., *Elphidium excavatum* (Blanc-Vernet, 1983).

– Dans certains dépôts du Pléistocène moyen du Wadi Shati, au Fezzan libyen, à plus de 1 000 km des rivages les plus proches : *Ammonia beccarii*, *Protelphidium paraliium*, *Criboelphidium articulatum*, *Criboelphidium gunteri*, *Rosalina globularis*, *Lamellodiscorbis* sp., *Valvulineria* sp. (Petit-Maire, 1982).

Amérique du nord :

– Dans certains dépôts quaternaires du Nouveau Mexique : *Criboelphidium selseyense* et *Protelphidium orbiculare* (Bachuber et Mc Clellan, 1977).

– Dans des sédiments pléistocènes du lac Tecopa, situé à 300 km du Pacifique : *Ammonia beccarii*, *Bolivina*, *Casidulina*, *Gyroidina*, *Guttulina*, *Lagena*, *Rosalina*, *Triloculina* (Patterson, 1987).

Bolivie (Camoin et al., 1991) :

– Dans certaines formations continentales maastrichtiennes d'El Molino : Discorbidae et Miliolidae de type *Pyrgo* ou *Pseudotriloculina*.

Australie :

– Dans divers dépôts lacustres holocènes et pléistocènes de la province occidentale de Victoria et du lac Eyre : *Ammonia beccarii* (Cann et De Dekker, 1981).

Les foraminifères des eaux continentales actuelles

Des foraminifères actuels, parfois vivants, sont également décrits dans des eaux franchement continentales de divers bassins endoréiques. Il ne s'agit pas seulement d'espèces à test chitineux mais aussi de nombreuses formes à test minéralisé, agglutiné ou calcaire. Ils sont décrits dans plusieurs régions géographiques intracontinentales.

Asie :

– Dans le lac de Balpash-Sor, (Asie Centrale) : *Borovina zernovi* (= *Jadammina polystoma*), *Entzia tetrastomella*, *Miliammina fusca*, vivent dans des eaux souterraines saumâtres qui alimentent le lac de Balpash-Sor (Schmalhausen, in Boltovskoy et Wright, 1976).

– Dans les mers Caspienne et d'Aral dont la salinité est respectivement de 10-11 et 5-13, des biocénoses et thanatocénoses à *Rotalia beccarii*, *Elphidium granulatum*, *Nonion depressulum*, *Ammobaculites pseudospirale*, sont signalés par Boltovskoy et Wright (1976).

– Au Kara-Kum (Turkménistan), dans des eaux de sources peu salées (5-11), Brodsky (1928) a décrit *Textularia*, *Cornuspira*, *Spiroloculina*, *Discorbis*, *Lagena*, *Elphidium*, *Nodosaria* et même *Globigerina* considérés par Boltovskoy et Léna (1971) comme des faunes remaniées. Dans ces mêmes biotopes, Nikoljuc, in Boltovskoy et Wright (1976) n'a reconnu que des thanatocénoses à *Miliolina oblonga arenacea*, *Spiroloculina turcomanica* et *Fisherina* sp.

Europe :

– Dans des lacs salés installés sur les alluvions du Keuper de la région d'Erfurt (Allemagne), d'une part et dans quelques étangs salés de Transylvanie d'autre part, des espèces vivantes à test chitineux et agglutiné comme *Entzia tetrastomella* ou *Haplophragmoides canariensis* ont été respectivement décrites par Bartenstein, 1939 et Daday, 1884.

Afrique :

– Dans les eaux sahariennes de l'oued Rhir qui s'écoule dans une région endoréique située à près de 400 km des rivages marins, une biocénose à *Ammodiscus*, *Trochammina*, *Nonion*, *Anomalina*, *Cibicides*, *Ophthalmidium* et *Miliolidae* a été décrite par Gauthier-Lièvre (1935). Il s'agit bien de foraminifères vivants comme nous avons pu le vérifier au cours d'une mission sur le terrain (Lévy, 1984 b; Perthuisot et al., 1990). Mais certaines déterminations sont erronées, c'est ainsi qu'*Anomalina*, *Cibicides*, *Ophthalmidium* sont respectivement *Ammonia*, *Trichohyalus* et *Nonion*, que les Miliolidae se rapportent au genre *Miliammina* comme le confirme la nature agglutinée de leur test visible sur les propres figurations de Gauthier-Lièvre.

– Dans le lac Karoun, en Egypte, qui occupe le cœur d'une dépression endoréique distante de plus de 200 km des rivages marins, *Ammonia tepida*, *Elphidium gunteri*, *Bolivina translucens*, *Elphidium translucens*, *Elphidium sel-seyense*, *Quinqueloculina laevigata*, *Q. jugosa*, *Q. elegans*,

Q. milletti, *Triloculina rotunda* ont été décrits (Lévy, 1984 b). Il s'agit d'une association vraisemblablement vivante, du fait que les organismes ont réagi positivement au colorant « rose bengale ».

Amérique du Nord :

– Dans le lac Salton (Californie, U.S.A.), au fond d'une dépression dépourvue de communication avec la mer située à plus de 100 km des côtes du golfe de Californie, *Ammobaculites salsus*, *Bathysiphon* sp., *Saccammina sphaerica*, *Reophax nana*, *Textularia earlandi*, *Streblus beccarii*, *S. sobrinus*, *S. tepidus*, *Quinqueloculina bellatula*, *Q. rhodiensis*, *Q. subdecorata*, *Triloculina side-bottomi*, *Nonion saltonensis*, *Bolivina striatula*, *Buliminella elegantissima* ont été signalés par Arnal (1958) et puis Lévy (1984 b).

Domaine insulaire Pacifique :

– Dans un lac de cratère saumâtre des îles Hawaï, Resig (1974) a recensé 41 espèces de foraminifères dont les plus abondants sont : *Haplophragmoides wilberti*, *Miliammina fusca*, *Ammonia tepida*, *Lamellodiscorbis aguayoi*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Q. poeyana*, *Triloculina oblonga*, *Bolivina compacta*, *B. limbata*, *Cibicides lobatulus*.

Australie :

– Dans quelques lacs endoréiques du sud de l'Australie, des *Trochammina* sp., *Ammonia beccarii*, *Trichohyalus aguayoi*, *Elphidium* sp. vivants, colorés au rose bengale ont été identifiés par Cann et De Dekker (1981).

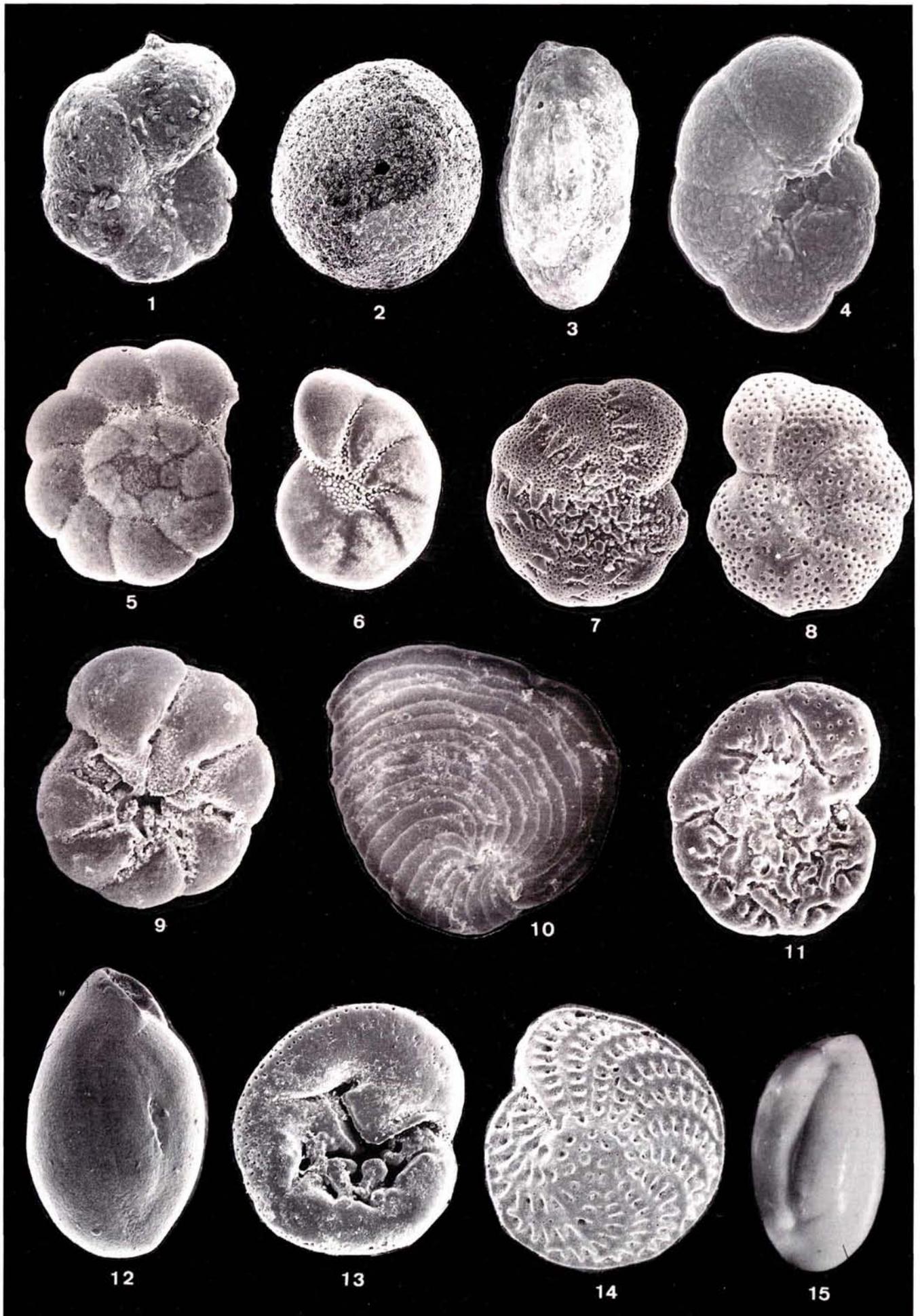
Ainsi les foraminifères des eaux continentales actuelles sont essentiellement constitués d'espèces littorales. Les plus communes sont apparentées aux Haplophragmoididae, Rzehakinidae, Hauerinidae, Rotaliidae, Elphidiidae.

Signification écologique des foraminifères

Contrairement à de nombreux autres organismes (mollusques, ostracodes,...) dont certaines espèces sont dulçaquicoles, les foraminifères sont considérés par la plupart des auteurs, comme des organismes dont la quasi-totalité des espèces vit dans le domaine marin et plus rarement en milieu margino-littoral (Lévy, 1971). Seules quelques espèces à test pseudochitineux rattachées au sous-ordre Allogromiina, et classées dans divers genres *Belaria*, *Cystophys*, *Micrometes*, *Pseudoditina* (Lagynidae) et *Allogromia*, *Penardogromia*, *Saedeleeria* (Allogromiidae) ne vivent qu'en eau douce. En raison de leur fragilité, ces foraminifères sont peu fossilisables et d'un intérêt paléocologique très restreint.

Les autres foraminifères actuels à test minéralisé ou agglutiné se répartissent en trois groupes écologiques. Chaque groupe est significatif d'un milieu continental ou margino-littoral ou marin. Cette division en trois groupes a pour but de servir à l'interprétation écologique des séries stratigraphiques. Nous avons figuré dans la planche 1 les espèces les plus représentatives des groupes 1 et 2 et seulement quelques espèces du groupe 3.

1 - Le premier est représenté par quelques espèces margino-littorales (pl. 1, figs. 1-4) inféodées aux biotopes en contact avec le milieu continental. Cette frange margino-littorale correspond au domaine des eaux peu



port par les oiseaux migrateurs (Gasse *et al.*, 1987; Fontes *et al.*, 1985); les données actuelles montrent, au contraire, que leur présence a curieusement suivi les interventions anthropiques, par exemple dans les lacs Karoun (Lévy, 1989), Salton et d'Hawaï (Lévy, 1994). Dans ces sites, dans le but d'améliorer le rendement de la pêche, des poissons et des alevins capturés en milieu littoral ont été transplantés massivement dans ces lacs. Les eaux contenaient vraisemblablement divers microorganismes dont des foraminifères. C'est aussi le cas de la présence insolite des Lituolidae, Bathysiphonidae, Saccamminidae, Rotaliidae, Nonionidae, Elphidiidae décrits par Arnal (1961) dans le lac endoréique du Salton, en Californie, et celle des Rotaliidae, Elphidiidae, Boliviniidae et Miliolidae signalés dans le lac endoréique Karoun en Egypte (Lévy, 1989).

En dehors des interventions anthropiques, des foraminifères peuvent-ils être introduits naturellement dans des eaux continentales ? Pour la majorité des auteurs, leur transplantation par des oiseaux est possible suivant l'hypothèse darwinienne. Or, les foraminifères n'ayant pas de protection hermétique, leur transplantation ne paraît pas envisageable, même au stade juvénile. Ceci est étayé par l'absence complète de foraminifères dans les milieux lacustres actuels, endoréiques, même dotés d'un chimisme adéquat et, qui plus est, fréquentés par une avifaune migratrice (Lévy, 1990) et n'ayant pas fait l'objet d'interventions anthropiques. Cela est précisément le cas des lacs africains de Nokoué au Bénin (salinité : 8 à 16), de Keta (17) et de Makwa (29) au Ghana, de Burigi (9 à 14) et de Rwakibare (6 à 9) en Ouganda, de Magadi (22) et Etosha (10 à 29) au Kenya, où les foraminifères n'ont jamais été signalés (Burgis et Symoens, 1987) en dépit de chlorinités favorables.

D'autres exemples conduisent également à mettre en doute, pour ce qui est des foraminifères, l'hypothèse de Darwin. C'est le cas des observations de Zaninetti (1982) sur les foraminifères du deuxième groupe du delta du Rhône. Chaque année, en automne, les marais salants sont vidés, ce qui provoque une raréfaction des espèces qui y vivaient : *Trochammina inflata*, *Ammonia beccarii tepida*, *Nonion depressulum*, *Elphidium littorale*, *Jadammina macrescens*. Au printemps, le remplissage de ces marais par pompage des eaux littorales a pour conséquence une nouvelle prolifération des foraminifères. Or, ces foraminifères sont caractéristiques des milieux isolés de la mer, donc à salinité très variable. Ils ne peuvent donc pas être introduits par le pompage des eaux marines. Leur prolifération rapide ne peut résulter que de leur subsistance dans les eaux résiduelles et ne peut donc pas être imputée aux oiseaux, du fait même qu'elle s'effectue sur une aussi grande échelle et pendant un intervalle de temps aussi restreint.

Ainsi, la présence de foraminifères en place, dans certains gisements continentaux, conduit naturellement à s'interroger sur la nature des espèces composant l'association. Il peut s'agir de formes des premier et deuxième groupes aptes à se continentaliser; on observe ces espèces aussi bien dans un milieu en connexion avec la mer que dans les milieux endoréiques. Les formes du troisième groupe sont significatives d'un remaniement ou d'un milieu en connexion avec la mer.

Milieux anciens

Les exemples sahariens : la présence de paléofaunes à foraminifères dans les dépôts continentaux du Quaternaire saharien pose un problème paléoécologique. Pour la majorité des auteurs, ces organismes ont vécu dans des bassins endoréiques dans lesquels ils ont été introduits par des agents migrateurs. Or, cette interprétation dénie toute connexion des paléomilieux sahariens avec la mer et contredit ainsi les données écologiques précédemment exposées. En réalité, le caractère insolite de ces paléofaunes tient à la nature des espèces. Ainsi, les foraminifères du Sahara nord-occidental et central, sont des espèces margino-littorales appartenant aux deux premiers groupes associées à d'autres organismes dulçaquicoles. Ce sont seulement des organismes indicateurs d'une origine marine et ayant pu subsister à l'état relict, dans d'anciens milieux marins (Lévy, 1989). En revanche les Miliolidae du Bas-Sahara qui appartiennent au troisième groupe prouvent la réalité d'une connexion de cette région avec la mer à une période récente (Lévy, 1989). L'âge de ces foraminifères n'est pas connu mais la coexistence de gisements tectonisés présumés villafranchiens et non tectonisés d'âge plus récent (Coque, 1962), alignés le long du piémont atlantique, plaide en faveur de leur introduction par les eaux marines du golfe de Gabès, intervenue avant la phase de plissement par un corridor subsident.

L'exemple paratéthysien : les foraminifères comme *Ammobaculites pseudospirale*, *Elphidium granulatum*, *Rotalia beccarii*, *Nonion depressulum*, décrits dans les mers Caspienne et d'Aral (Boltovskoy et Wright, 1976) sont des formes des deux premiers groupes assez caractéristiques d'un bassin marin résiduel devenu lacustre depuis la fin du Tertiaire. En témoignent les représentants fossiles de *Rotalia beccarii* et d'*Elphidium* dans les dépôts plio-quaternaires de Turkménie et de l'Azerbaïdjan (Yassini et Ghareman, 1976). On peut évoquer aussi les dépôts de lumachelles à *Cardium* déposés en terrasses autour de la mer d'Aral (Bateson, 1889 et 1890). Ces organismes qui ont vraisemblablement été emprisonnés dans ces biotopes en même temps que d'autres organismes sont également les témoins d'une connexion marine ancienne d'âge tortonien (Lévy, 1989).

L'exemple bolivien : les dépôts crétacés de Bolivie (région de Potosi), sont interprétés pour des raisons stratigraphiques et sédimentologiques par certains auteurs comme des formations de nature continentale, mises en place en milieu limnique (Camoïn *et al.*, 1991). Or, à l'exception peut-être des Ataxophragmiidae qui sont des formes d'origine marine mais qui peuvent se continentaliser et ainsi se reproduire en milieu endoréique, la majorité des autres foraminifères sont des organismes du troisième groupe, indicateurs écologiques de biotopes littoraux à margino-littoraux. Tel est le cas, par exemple, des Lituolacea, Valvulinidae, Ophthalmiidae, Nubeculariidae et surtout des Nodosariidae (Gayet *et al.*, 1993), ainsi que celle des Discorbidae et des Miliolidae (*Pyrgo*) à test mince signalés par Camoïn *et al.* (1991). *A priori*, il semble douteux que ces Miliolidae puissent être des *Pyrgo* car ce genre n'est représenté que par des espèces authentiquement marines et strictement sténohalines, ne pouvant donc s'accommoder

d'influences continentales. Il semblerait plutôt s'agir de *Sinuoloculina* (= *Pseudotriloculina*) dont certaines espèces sont connues en milieu margino-littoral connecté à la mer. L'association des foraminifères de la formation El Molino plaide ainsi en faveur d'une ingression marine crétacée dans la région de Potosi, dans un bassin très subsident, ayant permis l'accumulation de 500 m de sédiments au cours du Maastrichtien (Gayet *et al.*, 1993).

L'exemple ibérique (Anadón, 1989) : des foraminifères à affinité marine des premier, deuxième et troisième groupes sont signalés dans divers dépôts lacustres du Cénozoïque de la Péninsule Ibérique. Il s'agit de dépôts miocènes des bassins de l'Ebre et du Douro qui posent des problèmes différents. Ceux de l'Ebre riches en *Trochammina*, *Miliammina* sp., *Saccamminidae*, *Spirillina* sp. (?) peuvent s'être mis en place dans un paléomilieu lacustre de type oligohalin, sous réserve que les *Spirillina* marines aient été confondues avec des *Ammodiscus* d'eaux continentales. En revanche, les dépôts du Douro, à *Ammonia beccarii*, *Elphidium* sp., *Nonion granosum*, *Rosalina douvillei* et *Quinqueloculina seminula* corres-

pondent à des vestiges de milieux margino-littoraux impliquant une connexion originelle avec la mer.

CONCLUSION

Les données écologiques sur les foraminifères actuels conduisent à assigner aux foraminifères une signification beaucoup plus nuancée que ne le laissent envisager les données de la littérature. L'hypothèse darwinienne d'un transport d'espèces par les oiseaux migrateurs est mal étayée par les données des environnements. En revanche, la subsistance possible de foraminifères des premier et deuxième groupe dans des milieux continentaux peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit de milieux marins résiduels. La subsistance des représentants du troisième groupe conduit inévitablement à envisager, soit leur remaniement soit leur mise en place à la faveur d'une transgression marine, fût-elle limitée en amplitude et en durée, car ce sont typiquement des indicateurs de biotopes connectés à la mer.

RÉFÉRENCES

- Albani A.D., S. Barbero** (1982). A foraminiferal fauna from the lagoon of Venice, Italy. *Journ. Foram. Research* **12**, 3, 234-241.
- Allchin B., A. Goudie** (1978). The environmental history of the Near and Middle-east since the last Ice-age. In: *Miliolite deposits*, W. G. Brice, ed. Academic Press, London, 312-313.
- Anadón P.** (1989). Los lagos salinos interiores (atalisos) con faunas de afinidad marina del Cenozoico de la Península Ibérica., *Acta Geológica* **24**, 2, 83-102.
- Anderson J.B.** (1968). Ecology of Foraminifera from Mississippi sound and surrounding waters. *Journ. Alabama Acad. Sci.* **39**, 4, 261-269.
- Arnal R.E.** (1958). Rhizopoda from the Salton sea, California. *Contr. from the Cushman Found. Foram. Res.* **9**, 2, 36-43.
- Arnal R.E.** (1961). Limnology, sedimentation and microorganisms of the Salton Sea (California). *Bull. Geol. Soc. of America* **72**, 3, 427-478.
- Bachuber F.W., W.A. Mc Clellan** (1977). Paleoecology of marine Foraminifera in the pluvial Estancia valley, central New Mexico. *Quaternary Research* **7**, 254-267.
- Bartenstein F.** (1939). Agglutinierende Brackwasser-Foraminiferen in Quell-Tümpeln Mittel Deutschlands. *Senckenbergiana* **21**, 374-378.
- Bartenstein H., E. Brand** (1938). *Jadammina polystoma*, n.g., n. sp. *Senckenbergiana* **20**, 381-385.
- Bateson W.** (1889). On some variations of *Cardium edule* apparently correlated to the life (abstract). *Proc. R. Soc. and Phil. Trans.* **46**, 204.
- Bateson W.** (1890). On some variations of *Cardium edule* apparently correlated to the life (abstract). *Philom Trans.* **180**, 297.
- Bermúdez P.J.** (1935). Foraminíferos de la costa norte de Cuba. *Memorias de la Sociedad Cubana de Historia Natural "Felipe Poey"* **9**, 3, 324.
- Blanc-Vernet L.** (1983). *Foraminifères*. In: *Sahara ou Sahel ?* Petit-Maire & Riser, éd. Lamy, Marseille, 181 p.
- Boltovskoy E., H. Léna** (1971). The foraminifera (except family Allogromiidae) which dwell in fresh water. *Journ. of Foram. Research* **1**, 2, 71-76.
- Boltovskoy E., R. Wright** (1976). *Recent Foraminifera*. W. Junk, ed. The Hague, 515 p.
- Bradshaw J.S.** (1957). Laboratory studies of the rate of growth of the Foraminifera *Streblus beccarii* (Linné) var. *tepida* Cushman. *Journ. Paleont.* **31**, 6, 1138-1147.
- Brodsky A.L.** (1928). Foraminifera (Polythalamia) v Kolodthakh pustyni Kara-Kum. *Sr.-Aziat, Gos. Univ., Trudy, Ser. 8, Zool.* **5**, 1-16.
- Burgis M.J., J.J. Symoens** (1987). *Zones humides et lacs peu profonds d'Afrique*. Travaux et Documents, éd. de l'ORSTOM, 650 p.
- Camoin G., J.M. Rouchy, J.F. Babinot, J.F. Deconinck, G. Tronchetti** (1991). Dynamique sédimentaire et évolution paléogéographique d'un bassin continental en position d'arrière-arc : le Maastrichtien de la Cordillère orientale (Bolivie). *C. R. Acad. Sc.* **312**, 2, 1335-1341.
- Cann J.H., P. De Dekker** (1981). Fossil Quaternary and living foraminifera from athalassic (non-marine) saline lakes, southern Australia. *Journ. Paleontology* **35**, 3, 660-670.
- Chamard P.** (1973). Monographie d'une sebkha continentale du Sud-Ouest saharien. La sebkha de Chemchane (Adrar de Mauritanie). *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire* **35**, 2, 07-243.
- Conrad G., J.R. Lappartient** (1967). L'apparition de la faune à *Cardium* et foraminifères dans les grands lacs du Quaternaire ancien du Sahara central algérien. *Soc. Géol. Afr.* **210**, 40.
- Coque R.** (1962). *La Tunisie présaharienne. Étude géomorphologique*. Ed. A. Colin, Paris, 527 p.
- Cushman J.A., P. Brönnimann** (1948). Some new genera and species of foraminifera from brackish water of Trinidad. *Contr. Cushman Lab. Foram. Res.* **24**, 1, 15-21.
- Daday J.** (1884). Über einige Polythalamia der Kochsalztümpel bei Deva in Siebenbürgen. *Z. Wiss. Zool.* **40**, 465-480.
- Debenay J.P.** (1990). Recent foraminiferal assemblages and their distribution relative to environmental stress in the paralic environments of west Africa (cape Timiris to Ebrie lagoon). *Journ. Foram. Research* **20**, 3, 267-282.
- Fontes J.C., F. Gasse, Y. Callot, J.C. Plaziat, P. Carbonel, P.A. Dupeuble, I. Kaczmarzka** (1985). Freshwaters to marine-like environments from Holocene lakes in northern Sahara. *Nature* **6038**, 317, 608-610.
- Gasse F., J.C. Fontes, J.C. Plaziat, P. Carbonel, I. Kaczmarzka, P. De Dekker, I. Soulié-Marshe, Y. Callot, P.A. Dupeuble** (1987).

- Biological remains geochemistry and stable isotopes for the reconstruction of environment and hydrological changes in the Holocene lakes from north Sahara. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology* **60**, 1-46.
- Gauthier-Lièvre L.** (1935). Sur une singularité de l'oued Rhir. Des foraminifères thalassoïdes vivant dans les eaux sahariennes. *Bull. Soc. Hist. Nat. A.F.N.* **26**, 142-147.
- Gayet M., T. Sempere, H. Cappetta, E. Jaillard, A. Lévy** (1993). La présence de fossiles marins dans le Crétacé terminal des Andes centrales et ses conséquences paléogéographiques. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology* **102**, 283-319.
- Haynes J.R., M. Dobson** (1969). Physiography, foraminifera and sedimentation in the Dovey estuary (Wales). *Liverpool Manchr., Geol. Journ.* **6**, 2, 217-256.
- Hedberg H.D.** (1934). Some recent and fossil brackish to fresh-water foraminifera. *Journ. Paleont.* **8**, 469-476.
- Jonasson K.E., R.T. Patterson** (1992). Preservation potential of salt marsh foraminifera from the Fraser River delta, British Columbia. *Micropaleontology* **38**, 3, 289-301.
- Le Calvez J., Y. Le Calvez** (1951). Contribution à l'étude des foraminifères des eaux saumâtres. I. Étangs de Canet et de Salses. *Vie et Milieu* 237-254.
- Lévy A.** (1971). Eaux saumâtres et milieux margino-littoraux. *Rev. Géol. Phys. Géol. Dyn.* Paris, **13**, 3, 269-278.
- Lévy A.** (1977). Revision micropaléontologique des Soritidae actuels bahamiens. Un nouveau genre : *Androsina*. *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine* **1**, 2, 393-449.
- Lévy A.** (1984 a). Les associations margino-littorales de foraminifères et d'organismes associés de quelques gisements quaternaires du site de l'oued el Akarit (sud-tunisien). *Benthos'83, 2nd. Int. Symp. Benthic Foraminifera, Pau*, 361-367.
- Lévy A.** (1984 b). Données nouvelles sur la paléogéographie du Sud Tunisien au Quaternaire supérieur. *Benthos' 83, 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera, Pau*, 369-374.
- Lévy A.** (1989). Lacs quaternaires sahariens à faunes margino-littorales. *Bull. Soc. Géol. France* **8**, 1, 63-71.
- Lévy A.** (1990). Sur une nouvelle possibilité d'introduction d'espèces à caractère marin en milieu continental saharien. *C. R. Acad. Sc. Paris* **310**, 2, 645-650.
- Lévy A.** (1991). Peuplements actuels et thanatocénoses à Soritidae et Peneroplidae des Keys de Floride (USA). *Oceanologica Acta* **14**, 5, 515-524.
- Lévy A.** (1994). Sur un phénomène de spéciation induit par l'environnement chez les Soritidae actuels (foraminifères). *Oceanologica Acta* **17**, 1, 33-41.
- Milokhoff E.** (1952). Contribution à la connaissance des grands chotts du Sud-Tunisien. *Thèse Université Strasbourg, France*, 149 p.
- Murray J.W.** (1971). Living foraminiferids of tidal marshes: a review. *Journ. Foram. Research* **1**, 4, 153-161.
- Murray J.W.** (1993). Ecology and paleoecology of benthic foraminifera. Ed. Longman Scientific Technical, 397 pp.
- Otvos Jr. E.G.** (1978). Calcareous benthic foraminiferal fauna in a very low salinity setting, Lake Ponchartrain, Louisiana. *Journ. Foram. Research* **8**, 3, 262-269.
- Patterson T.** (1987). Arcellaceans and Foraminifera from Pleistocene lake Tecopa, California. *Journ. Foram. Research* **17**, 4, 333-343.
- Perthuisot J.P., O. Guelorget, A.W. Ibrahim, J.P. Margerel, A. Maurin, M. Piron-Frenet** (1990). Organisation hydrochimique, biologique et sédimentologique d'un lac intracontinental à peuplement lagunaire : le Birkat Karun (Fayoum, Egypte). *Geodinamica Acta* **4**, 2, 73-89.
- Petit-Maire N.** (1982). *Le Shati. Lac pléistocène du Fezzan (Libye)*. Ed. C.N.R.S., Paris, 118 p.
- Pujos M.** (1976). Écologie des foraminifères benthiques et des thecamoebiens de la Gironde et du plateau continental Sud-Gascogne. Application à la connaissance du Quaternaire terminal de la région Ouest-Gironde. *Thèse de Doctorat d'État, Université Bordeaux, France*, 274 p.
- Resig J.M.** (1974). Recent foraminifera from a landlocked hawaiian lake. *Jour. Foram. Research* **4**, 2, 69-76.
- Rose R., B. Lidz** (1977). Diagnostic foraminiferal assemblages of shallow-waters modern environments. South Florida and the Bahamas. *Comp. Sed. Lab., Univ. Miami, Sedimenta* **6**, 1-55.
- Simposio sulla classificazione della acque salmastre** (1958). *Arch. Ocean. Limnol. Venezia* **11**, 2, 275-278.
- Tufesco M.** (1969). Sur la présence de *Trichohyalus aguayoi* (Bermúdez) dans la mer Noire. *Rev. Micropaleont.* **12**, 46-52.
- Walton R., B.J. Sloan** (1990). The genus *Ammonia* Brünnich, 1772. Its geographic distribution and morphologic variability. *Journ. Foram. Research* **20**, 2, 128-156.
- Yassini I., A. Ghahreman** (1976). Récapitulation de la distribution des ostracodes et des foraminifères du lagon de Pahlavi, Province de Gilan, Iran du Nord. *Rev. Micropaléont.* **19**, 3, 172-190.
- Zaninetti L.** (1982). Les foraminifères des marais salants de Salin de Giraud. *Géol. Médit.* **9**, 4, 447-470.