

Le Pliocène (Redonien) de Basse-Loire et Vendée. Biostratigraphie et paléomilieu de nouveaux gisements d'après l'étude des bivalves et de la composition isotopique de leur coquille *

Agnès LAURIAT-RAGE (1), Colette VERGNAUD GRAZZINI (2), Michel CHEVALIER (3)
et Jean-Marc VIAUD (4)

Mots-clés : Faune pélecypode, Pliocène sup., Redonien, Isotope stable $O_{18}-O_{16}$, $C_{13}-C_{12}$, Biostratigraphie, Paléoenvironnement.
Loire-Atlantique, Vendée.

Résumé

Cette étude concerne les bivalves du Redonien (Pliocène) de la région sud-armoricaine (Basse-Loire et Vendée). 106 espèces y ont été inventoriées ; 16 d'entre elles sont fréquentes et 2 seulement caractérisent cette région. Avec 56 % d'espèces actuelles, cette faune peut être attribuée au Pliocène supérieur (Redonien III), au même titre que Apigné en Bretagne (60 %) et Gourbesville dans le Cotentin (61 %). Elle se distingue nettement des faunes de l'Anjou, plus anciennes, qui ne renferment que 35 % d'espèces actuelles à Sceaux (Redonien II) et moins de 30 % à Saint-Clément (Redonien I). Certaines espèces à caractère méridional figurent encore dans les gisements de Basse-Loire, mais sont absentes des gisements de Palluau (Vendée) et Oléron, plus froids. La composition isotopique de l'oxygène des coquilles d'*Astarte* montre que les gisements sud-armoricains se rapportent à la phase froide du Pliocène (plus récente que 3 Ma). Les variations de composition isotopique du carbone suggèrent des eaux moins oxygénées pour les gisements les plus orientaux (la Bégassière, la Gendronnière, le Girondor), à relier sans doute avec une localisation en fond de golfe, alors que les gisements occidentaux (la Marnière, la Gautrie, Pierre-Aiguë, la Freudière), avec des eaux plus oxygénées auraient été situés dans une zone plus ouverte du golfe.

Abstract

The main purpose of this study is to precise the age and characteristics of the marine paleoenvironment of some Pliocene localities of southern Brittany (Basse-Loire and Vendée, France) through taxonomic determinations of Bivalvia and stable isotope analyses of their shells.

Among the 106 species of Bivalvia which have been recognized, 16 are frequent and 2 are characteristic of the studied area. On the basis of percentages of extant species which make up 56 % of the fauna, it is possible to refer these localities to the late Pliocene (= Redonien III). These localities are therefore similar to Apigné in Brittany (60 % of extant species) or Gourbesville in Cotentin (61 %). They can be separated from the older localities of Anjou which have been referred either to the Redonian II such as Sceaux (35 % of extant species) or to the Redonian I such as Saint-Clément (less than 30 % of extant species).

Oxygen isotope analyses of the shells of *Astarte* suggest that these localities of southern Brittany belong to the cold phase of the Pliocene and may be younger than 3 Ma. Carbon isotope analyses allow to separate the eastern localities with less oxygenated waters (la Bégassière, la Gendronnière, le Girondor) which may have been located in the inner area of the Ligerian Gulf, from the western localities (la Marnière, la Gautrie, Pierre-Aiguë and la Freudière) with more oxygenated waters. In this last case a better connection with the open ocean is suggested.

(1) Institut de Paléontologie et UA 12 du CNRS, 8, rue de Buffon, 75005 Paris.

(2) Université Paris VI, Département de Géologie Dynamique et UA 388 du CNRS, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.

(3) Université de Nantes, Département des Sciences de la Terre, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex.

(4) 19, Impasse Jean-Goujon, 85000 La Roche-sur-Yon.

(*) Manuscrit déposé le 2 février 1987 accepté le 20 décembre 1988.

Introduction

Un nouveau matériel de bivalves provenant de huit sondages et de 23 gisements de surface, dans plusieurs bassins de la région nantaise, nous permet d'élaborer une synthèse paléontologique de la zone sud-armoricaine (Basse-Loire (1) et Vendée) et de préciser les conditions du paléomilieu au Pliocène supérieur. Cette étude s'intègre dans les travaux qui concernent le vaste ensemble stratigraphique et paléogéographique que représente le golfe ligérien au Pliocène, les comparaisons étant grandement facilitées par l'abondance des sites fossilifères en Bretagne, en Anjou et, au-delà de ce golfe, en Normandie (Lauriat-Rage et Vergnaud Grazzini, 1977 ; Lauriat-Rage, 1981, 1982, 1986 ; Courbouleix *et al.* 1989 ; Borne *et al.*, 1989 ; Chevalier *et al.*, 1989 ; Lauriat-Rage *et al.*, 1989).

L'étude de l'évolution qui a conduit progressivement à la formation de la faune régionale actuelle s'appuie non seulement sur la présence de divers gisements éocènes ainsi que la reconnaissance d'un Astartidé de l'Oligocène en Loire-Atlantique, mais aussi sur l'existence d'un Miocène très fossilifère (faluns « helvétiques »), du Pliocène (Redonien) et du Pléistocène récent localisé dans les régions côtières.

1. Étude paléontologique des bivalves

A. Localisation des gisements et caractéristiques de la faune

Le Pliocène de la région sud-armoricaine a livré une riche faune de bivalves, avec 106 espèces et sous-

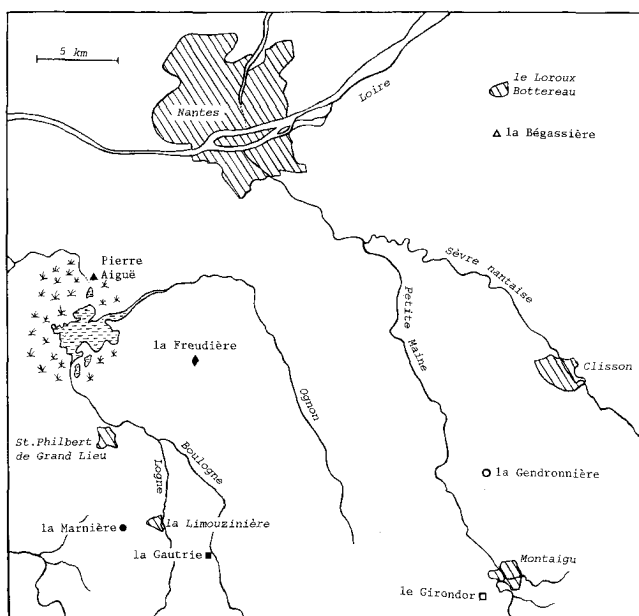


Fig. 1. - Gisements redoniens de Basse-Loire ayant fourni les fossiles qui ont fait l'objet d'une étude isotopique. Symboles noirs : gisements de la zone « ouverte » du golfe ; symboles blancs : gisements « internes » du golfe.

espèces, souvent en abondantes populations ; moins diversifiés que les gastéropodes, ils constituent néanmoins la part la plus importante de la biomasse.

Ces bivalves proviennent de 29 points fossilifères principaux, gisements de déblais ou de surface et prélèvements en sondages (voir fig. 1 in Lauriat-Rage *et al.*, 1989 et fig. 1, cet article). Le tableau 1 donne la répartition des espèces et sous-espèces dans les gisements, ces derniers se regroupant en plusieurs « domaines » : Grand-Lieu, Goulaine, Clisson et Montaigu, Vendée et, tout à fait au sud, l'île d'Oléron (Charente-Maritime). Ces domaines sont en fait peu différenciés du point de vue paléontologique, à l'exception dans une certaine mesure, de la Vendée (gisement de Palluau) et d'Oléron (gisement de la Morelière). Les gisements les plus fossilifères et les plus diversifiés sont retenus comme gisements de référence. De nombreuses récoltes (anciennes) proviennent d'une part du Pigeon-Blanc (gisement de référence) et de la Dixmerie pour le « domaine » de Goulaine, et d'autre part du Girondor (gisement de référence) et de la Gauvinière, pour le « domaine » de Montaigu ; mais d'autres belles faunes ont été récoltées récemment dans le domaine de Grand-Lieu, par deux d'entre nous (Chevalier, Viaud), à la Marnière et à la Gautrie (gisements de référence), auxquels s'ajoutent la Gendronnière près de Clisson (Viaud, 1979) et les trois sites déjà connus dans le secteur vendéen de Palluau : Puits-Total et Puits-Martineau (gisements de référence) et Château (Ters *et al.*, 1970). Par ailleurs, plusieurs récoltes récentes ont complété le matériel jadis recueilli à Oléron (Lauriat-Rage et Rage, 1978). Une étude paléontologique détaillée des bivalves de Basse-Loire et de Vendée a pu être réalisée grâce à l'abondance du matériel fossilifère de ces gisements de surface : présence d'espèces de grande et de petite taille, de stades juvéniles et adultes ; de plus, la fréquence relative de certaines espèces a permis leur étude biométrique (Lauriat-Rage, 1982). Les faunes tirées des sondages sont généralement banales — parce que privées des grandes formes souvent caractéristiques — brisées et roulées. Mais elles permettent parfois l'étude de stades juvéniles et, contrairement aux faunes des déblais où figurent des espèces de toutes provenances, elles donnent un reflet à peu près exact des associations qui ont vécu pendant le Pliocène, même s'il s'agit de thanatocénoses transportées. De plus, les sondages (implantés en divers points des domaines de Goulaine et de Grand-Lieu), permettent de localiser en profondeur les niveaux redoniens, ce qui n'avait jamais été fait jusqu'à présent, et d'en évaluer l'épaisseur ; ceci conduit donc à une meilleure interprétation géologique de la région (paléogéographie, sédimentologie, néotectonique, etc.).

Tous les gisements, mêmes pauvres en espèces, ont été pris en compte pour l'analyse de la faune. Cependant, seuls les gisements les plus riches ont été retenus pour établir des comparaisons entre les différents domaines ; ces gisements sont, par ordre décroissant du nombre d'espèces : Palluau (54), le Girondor (53), la Gautrie (49), le Pigeon-Blanc (48), la Marnière (47), la Dixmerie (38), la Crollerie (33), la Mignerie (32) ; bien

(1) Le Redonien de Basse-Loire comprend tous les gisements redoniens de Loire-Atlantique, excepté Séverac près Redon, Choisel et Noyal-sur-Brutz près Châteaubriant, mais inclut le Girondor près Montaigu (Vendée).

que la Gauvinière et la Morelière (Oléron) soient relativement pauvres (24 espèces chacune), il est intéressant d'en tenir compte en raison de leur position géographique, les gisements méridionaux étant relativement peu nombreux.

B. Signification stratigraphique et paléobiogéographique

On a pu dénombrer 16 espèces et sous-espèces caractérisant les associations redoniennes de Basse-Loire et de Vendée. Ce sont : *Nuculana fragilis*, *Striarca lactea*, *Chlamys opercularis*, *C. radians*, *Ostrea edulis*, *Glans aculeata senilis*, *Pteromeris corbis*, *Megacardita striatissima*, *Astarte omalii scalaris*, *A. obliquata obliquata*, *Digitaria digitaria*, *Goodallia triangularis*, *Spisula subtruncata triangularis*, *Gouldia minima*, *Timoclea ovata*, *Corbula gibba gibba*.

La quasi-totalité de ces bivalves est également présente en Anjou ou en Bretagne, à l'exception de *Astarte omalii scalaris* (races nantaise et vendéenne) et *Astarte obliquata obliquata* pour des raisons biogéographiques et/ou stratigraphiques, de *Corbula gibba gibba* pour des raisons faciologiques. Seules deux sous-espèces toujours fréquentes, sont réellement significatives, *Astarte omalii scalaris* avec ses races nantaise et vendéenne et *Astarte obliquata obliquata*, respectivement remplacées en Anjou par la race angevine d'*Astarte omalii scalaris* et *Astarte obliquata striatula* DESH., (Lauriat-Rage, 1982). Mais de nombreuses formes fossiles récoltées en Anjou (les Plicatulidae, les Spondylidae, ainsi que plusieurs espèces de Mytilidae, Pectinidae, Carditidae, Cardiidae et Corbulidae) ne se retrouvent ni en Basse-Loire, ni en Vendée, ce qui différencie ces deux régions. Parmi les seize espèces et sous-espèces précédemment citées, dix ont une vaste répartition stratigraphique (du Miocène à l'Actuel), et donnent à ces associations un caractère récent. Toutefois, *Ostrea edulis* et *Digitaria digitaria*, connues dès le Miocène dans le domaine nordique, n'arrivent qu'au Pliocène sur les côtes atlantiques ; inversement, deux espèces, *Nuculana fragilis* et *Pteromeris corbis*, ont quitté la région au cours du Pléistocène pour des domaines plus méridionaux (domaines lusitanien et méditerranéen).

Si l'on examine maintenant la signification stratigraphique de l'ensemble de la faune des bivalves sud-armoricains, c'est-à-dire des 106 espèces, on peut y reconnaître : 1) neuf espèces et une sous-espèce originaires du Miocène (9 %) et éteintes après le Redonien : *Barbatia bohémica*, *Anadara turonica*, *A. umbonaria* ?, *Glycymeris bimaculata deshayesi*, *Pteromeris boisteli*, *P. exigua*, *P. nuculina*, *Nemocardium spondyloides*, *Gari affinis*, *Venus subrotunda* ; 2) 19 espèces et sous-espèces inconnues avant le Pliocène (18 %) : *Limopsis anomala coxi*, *Glycymeris glycymeris* s.l., *Pecten jacobaeus*, *P. maximus*, *Ctena decussata decorata*, *Megacardita striatissima*, *Astarte sulcata redonensis*, *A. obliquata obliquata*, *A. excurrens excurrens*, *A. forbesi*, *Goodallia parvula*, *Acanthocardia echinatum*, *A. erinaceum*, *Parvicardium strigilliferum*, *Cerastoderma edule*, *Tellina crassa crassa*, *Clausinella imbricata*, *Panopea faujasi*, *Verticordia cardiformis*.

Parmi ces 19 espèces et sous-espèces, certaines se

limitent au Pliocène, d'autres s'éteignent au cours du Pléistocène (formes des Craggs anglais principalement), d'autres sont encore actuelles. Bien que peu abondantes, elles permettent de dater la faune du Pliocène. Mais le nombre des espèces renouvelées entre le Miocène et le Pliocène de Basse-Loire et de Vendée par comparaison avec les faluns « helvétiques » est bien supérieur à ce chiffre. En effet, il faut aussi tenir compte de l'arrivée, dans la région, de 19 autres espèces et sous-espèces connues auparavant dans d'autres domaines (nordique ou méditerranéen), ce qui porte le renouvellement total à un peu plus de 35 %. Par ailleurs, sur les 59 espèces encore actuelles (soit 56 %) de l'ensemble des bivalves pliocènes sud-armoricains, 20 d'entre elles (soit 34 %), ont depuis quitté la région, en liaison avec le refroidissement climatique. Celui-ci aurait provoqué des migrations échelonnées vers des régions plus méridionales allant de l'Aquitaine ou de la Méditerranée jusqu'à l'Ouest africain.

A titre de comparaison, on compte 60 % d'espèces actuelles à Apigné en Bretagne et 61 % à Gourbesville dans le Cotentin, ce qui situe ces deux ensembles avec la région sud-armoricaine dans le Pliocène récent, alors que l'Anjou, plus ancien (Pliocène inférieur et moyen), renferme moins de 30 % d'espèces actuelles à Saint-Clément-de-la-Place et environ 35 % à Sceaux.

Des différences d'ordre stratigraphique (pourcentage d'espèces actuelles) ont été constatées non seulement entre le Redonien d'Anjou et celui de la région sud-armoricaine, mais encore à l'intérieur de cette dernière, entre les gisements de Basse-Loire d'une part et ceux de Vendée et Oléron d'autre part. Ainsi les gisements de Palluau et d'Oléron qui sont les plus « froids » sont vraisemblablement d'âge plus récent. Quatorze espèces à caractère méridional sont présentes dans le Redonien de Basse-Loire et absentes en Vendée : *Barbatia bohémica*, *B. subhelbingi*, *Anadara diluvii*, *A. darwini*, *Hinnites crispus*, *Limaria inflata*, *Parvicardium dentata*, *Gibbolucina transversa*, *Bornia geofroyi*, *Cardita elongata*, *Glans aculeata senilis*, *Trachycardium multicostatum*, *Nemocardium spondyloides*, *Circomphalus foliaceolamellosus*. On peut même observer des différences entre gisements limitrophes, le Girondor (Basse-Loire, « domaine » de Montaigu) et Palluau (Vendée) par exemple. Ces différences sont imputables aux variations rapides du paléomilieu à une date où s'installent les glaciations de l'Hémisphère nord. C'est ce que semble suggérer les analyses de la composition isotopique de l'oxygène des coquilles qui nous ont déjà permis de proposer un échelonnement stratigraphique des différents gisements redoniens au cours du Pliocène (Lauriat-Rage et Vergnaud Grazzini, 1977).

2. Analyse isotopique des coquilles de bivalves

Des mesures de composition isotopique de l'oxygène et du carbone ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$) ont été effectuées sur des échantillons moyens d'un certain nombre de coquilles du genre *Astarte* provenant des gisements redoniens de la Marnière, la Gautrie, Pierre-Aiguë, la Freudière, la Bégassière, le Girondor, la Gendronnière (fig. 1) ainsi

BIVALVES PLIOCÈNES DE BASSE-LOIRE ET DE VENDEE	DOMAINE DE GRAND-LIEU						DOMAINE DE GOULAINNE						DOMAINE ET CLISSON ET MONTAIGU		DOMAINE DE LA VENDEE				OLÉRON				
	1 - la Marnière (déblais) Li 1 - la Marnière (sondage) LLM 6	2 - la Crollerie (déblais) Li 2 - la Crollerie (sondage)	3 - la Gautrie (déblais) Li 3 + matériel TERS - la Gautrie (sondage)	4 - la Mignerie (Pré Raveleau) (sondage) MCL 2	4' - la Mignerie (le Cerclais) (sondage) MCL 4	6 - la Bouanchère (sondage)	9 - Pierre-Aiguë	10 - la Freudière	11 - la Planche-au-Boulin	13 - le Pigeon-Blanc - les Cléons	14 - la Bégassière	15 - la Bodière	17 - la Dixmerie - Coopérative-de-Malakoff (sondage)	- Station-Malakoff F2 (sondage)	22 - la Gendronnière	23 - la Gauvinière	24 - le Girondor	25 - Palluau	26 - le Gué-au-Chaud	27 - le Pas	30 - Falleron	31 - Challans	32 - le Marchantier - la Morelière
<i>Nucula (N.) nucleus nucleus</i> (L.)	++	++	++	+	?	+			+				?				+	+					
<i>Nuculoma laevigata laevigata</i> (SOW.)	+	+	++	+		+	+	+	+				+		+		+	+					
<i>Nuculana (S.) fragilis</i> (CHEMN.)	+	+	++	+																			
<i>Arca (A.) tetragona</i> POLI	++	+	++	+																			
<i>Barbatia (B.) barbata</i> (L.)	++	+	++	+	?																		
<i>Barbatia (A.) clathrata</i> (DEFR.)	++	+	++	+		+	+														+		
<i>Barbatia (C.) bohémica</i> (REUSS)	+	+	+													+	+	+					
<i>Barbatia (C.) subhelbingi</i> (ORB.)																+	+						
<i>Anadara (A.) turonica</i> (DUJ.)	+		++							+	+	+	+	+	+	+	+						+
<i>Anadara (A.) diluvii</i> (LMK)				+			+							+									
<i>Anadara (A.) darwini</i> (MAYER)													+										
<i>Anadara (A.) umbonaria</i> (MAYER)																							
<i>Striarca lactea</i> (L.)	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	?	+		+		
<i>Limopsis (P.) anomala coxi</i> GLIB. et V. de POEL		+	+					+								+	+	+			+		
<i>Limopsis (P.) recisa</i> (DEFR.)		++	++	+						+	+	+	+	+		+	+	+			+		
<i>Glycymeris (G.) bimaculata deshaysi</i> (MAYER)	+	?	+							+	+	+	+	+		+	+	+			+		
<i>Glycymeris (G.) glycymeris</i> s.l. (L.)										+	+	+	+	+		+	+	+					+
<i>Glycymeris (G.) nummularia</i> (L.)													+			+	+	+					
<i>Palliolium (D.) similis</i> (LASKEY)								+															
<i>Chlamys (C.) pusio</i> (L.)	++	++		+		+	+			+	+	+	+		+	+	+	+				+	+
<i>Chlamys (C.) varia</i> (L.)	+		+			+	+							+		+	+	+				+	+
<i>Chlamys (A.) opercularis</i> (L.)	++	+	++	+		+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
<i>Chlamys (A.) radians</i> (NYST)	++	++	+	+		+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+
<i>Hinnites crispus</i> (BROCCHI)	+						+			+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
<i>Pecten (P.) jacobaeus</i> (L.)													+					+					
<i>Pecten (P.) maximus</i> (L.)	+									+			+					+				+	+
<i>Anomia (A.) ephippium rugulosostriata</i> (BROCCHI)															+		+	+				+	+
<i>Anomia (M.) patelliformis</i> L.	+																	+				+	+
<i>Lima (L.) lima</i> (L.)			+	+						+	+	+	+				+	+					+
<i>Limaria inflata</i> (CHEMN.)	+									+	+	+	+				+	+					
<i>Limatula subauriculata</i> (MTG.)																							
<i>Ostrea (O.) edulis</i> L.	+		+			+	+			+	+	+	+		+	+	+	+		+		+	+
<i>Ctena (C.) decussata decorata</i> (WOOD)	++	++	+	?		+	+			+	+	+	+		+	+	+	+				+	+
<i>Parvilucina (M.) dentata</i> (DEFR.)	+																	+					
<i>Lucinoma borealis</i> (L.)	+		+	+				+		+			?				+	+					
<i>Gibbulucina (G.) transversa</i> (BRONN)		+	+																				
<i>Diplodonta (D.) rotundata</i> (MTG)										+								+					
<i>Felaniella trigonula</i> (BRONN)																		+					
<i>Chama (P.) gryphoides</i> L.			+					+					+				+	+					
<i>Chama (C.) gryphina</i> LMK	+		+										+				+	+					
<i>Erycina (E.) transversa</i> (DOLLF. et DAUTZ.)									+														
<i>Bornia (B.) deltoidea</i> (WOOD)	+	+	+														+	+					
<i>Bornia (B.) geoffroyi</i> (PAYR.)																	+	+					
<i>Spaniorinus ambiguus</i> (NYST et WEST.)																	+	+					
<i>Cardita (C.) elongata</i> BRONN									+								+	+					
<i>Cardita (C.) calyculata</i> (L.)	+	?	+	+	+					+	+	+	+	+	+	+	+	+					
<i>Cyclocardia (S.) scalaris</i> (SOW.)													+					+					
<i>Glans (G.) trapezia</i> (L.)																		+					
<i>Glans (C.) aculeata senilis</i> (LMK)	++	+	+	+		+	+		+		+				+	+	+	?					
<i>Pteromeris (C.) boisteli</i> (DOLLF. et DAUTZ.)																							
<i>Pteromeris (C.) corbis</i> (PHIL.)	++	++	++	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+		
<i>Pteromeris (C.) exigua</i> (DUJ.)								+				+						+					
<i>Pteromeris (C.) nuculina</i> (DUJ.)		+	+							+							+	+		+		+	+
<i>Megacardita striatissima</i> (CAILL.)	++	++	++	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
<i>Astarte (A.) omalii scalaris</i> DESH.	+	++	++	+		+	+	?		+	+	+	+	+	+	+	+	+			+		+
<i>Astarte (A.) fusca incrassata</i> (BROCCHI)																							
<i>Astarte (A.) sulcata redonensis</i> LAURIAT-RAGE									+														
<i>Astarte (D.) obliquata obliquata</i> SOW.	++	++	+	+		+				+	+	+	+		+	+	+	+					
<i>Astarte (D.) excurrens excurrens</i> WOOD	+	+	+							+	+	+	+		+	+	+	+					
<i>Astarte (D.) grueti</i> LAURIAT-RAGE										+													
<i>Astarte (D.) forbesi</i> WOOD																							
<i>Digitaria digitaria</i> (L.)	++	++	++	+		+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+				+
<i>Goodallia parvula</i> (WOOD)	++		+							+	+	+	+			+	+	+					
<i>Goodallia triangularis</i> (MTG.)	++	++	+	+		+		+		+	+	+	+		+	+	+	+		+			
<i>Acanthocardia (A.) echinatum</i> (L.)				?	+		+			+													
<i>Acanthocardia (A.) erinaceum</i> (LMK)	?																+						
<i>Parvicardium strigilliferum</i> (WOOD)		+	+	+																			

Tabl. 1.

BIVALVES PLIOCÈNES DE BASSE-LOIRE ET DE VENDEE	DOMAINE DE GRAND-LIEU						DOMAINE DE GOULAINNE						DOMAINE ET CLISSON ET MONTAIGU	DOMAINE DE LA VENDEE				OLÉRON				
	1 - la Marnière (déblais) Li 1 la Marnière (sondage) LLM 6	2 - la Crollette (déblais) Li 2 la Crollette (sondage)	3 - la Gautrie (déblais) Li 3 + matériel TERS la Gautrie (sondage)	4 - la Mignerie (Pré Raveleau) (sondage) MCL 2	4' - la Mignerie (le Cerclais) (sondage) MCL 4	6 - la Bouanchère (sondage)	9 - Pierre-Aigué	10 - la Freudière	11 - la Plancher-au-Bouin	13 - le Pigeon-Blanc - les Cleons	14 - la Bégassière	15 - la Bodière	17 - la Dixmerie - Coopérative-de-Malakoff (sondage) - Station-Malakoff F2 (sondage)	22 - la Gendronnière	23 - la Gauvinière	24 - le Girondor	25 - Palluau	26 - le Gué-au-Chaud	27 - le Pas	30 - Falleron	31 - Challans	32 - le Marchantier - la Morelière
<i>Plagiocardium (P.) hirsutum</i> (BRONN)	+	?	+										+			+	+					
<i>Plagiocardium (P.) papillosum</i> (POLI)	++	++	+	+	+								+			+	+					
<i>Trachycardium (D.) multicostatum</i> (BROCCHI)										+						+	+					
<i>Nemocardium (D.) spondylioides</i> (VAN HAUER)										+						+	+					
<i>Laevicardium (L.) norvegicum</i> (SPENGLER)																+	+					
<i>Cerastoderma edule</i> (L.)																						
<i>Spisula (S.) subtruncata triangula</i> (REN.)	++		++	+	+				+			+				+	+		+			+
<i>Lutraria (L.) lutraria</i> (L.)									+							+	+					
<i>Lutraria (P.) oblonga</i> (CHEMN.)									+							+	+					
<i>Ensis ensis</i> (L.)		+	+						+	+			+									
<i>Tellina (A.) crassa crassa</i> (PENN.)		?							+	+						+	+					
<i>Tellina (M.) donacina</i> L.			+						+	+						+	+					
<i>Tellina (S.) serrata</i> REN.		?			?				+	+		+	+			+	+					
<i>Gastrana fragilis</i> (L.)	+																+					+
<i>Gastrana laminosa</i> (SOW.)									+								+					
<i>Gari (P.) affinis</i> (DUJ.)									+							+						
<i>Abra (S.) alba</i> (WOOD)									+													
<i>Venus (V.) casina</i> L.	+	?	+	+	?				+						+		+			+		
<i>Venus (V.) subrotunda</i> DEFR.	+		+						+						+	+	+					
<i>Venus (V.) multilamella</i> (LMK)	+								+							+	+					+
<i>Circomphalus foliaceolamellosus</i> (DILLWYN)			+	+					+							+	+					
<i>Gouldia (G.) minima</i> (MTG.)	+		++				+	+	+						+	+	+					
<i>Pitar (P.) rudis</i> (POLI)	++		++	+					+				+		+	+	+					
<i>Callista (C.) chione</i> (L.)	++								+	+	+		+		+	+	+					+
<i>Dosinia (A.) lupinus</i> (L.)		?							+					+	+	+	+					
<i>Tapes (R.) decussatus</i> (L.)									+							+	+					
<i>Irus (I.) irus</i> (L.)	+																+					
<i>Venerupis (V.) aureus</i> (GMELIN)																	+					
<i>Clausinella scalaris</i> (BRONN)	+	+	+	?					+				+		+	+	+					+
<i>Clausinella imbricata</i> (SOW.)									+						+	+	+					
<i>Timoclea (T.) ovata</i> (PENN.)	+	++	++					+	+				+		+	+	+					
<i>Corbula (V.) gibba gibba</i> (OL.)	++	++		+	+			+	+			+			+	+	+		+			+
<i>Hiatella (H.) arctica</i> (L.)			+	+	+				+						+	+	+					
<i>Panopaea (P.) faujasi</i> MÉNARD										+						+						
<i>Aspidopholas rugosa</i> (BROCCHI)							?															
<i>Poromya (P.) granulata</i> (NYST et WEST.)									+													
<i>Verticordia (V.) cardiiformis</i> SOW.																	+					
<i>Clavagella (C.) broccii</i> LMK																+						
<i>Clavagella (S.) bacillum</i> (BROCCHI)																+						

Tabl. 1 - Répartition des bivalves pliocènes dans les gisements sud-armoricains (Basse-Loire et Vendée) regroupés en « domaines ». Pour la localisation précise de ces gisements, se reporter à Ters et al., (1970), Viaud (1979), Lauriat-Rage (1981), Borne et al., (1989). Les chiffres placés en tête des gisements correspondent à leur localisation sur la fig. 1 in Lauriat-Rage, Brébion et al., (1989).

que sur une coquille actuelle du même genre provenant du golfe de Gascogne. Les résultats exprimés par rapport au standard international PDB 1 sont reportés dans le tableau 2. Dans la figure 2, les $\delta^{18}\text{O}$ sont reportés en fonction des $\delta^{13}\text{C}$.

A. Interprétation

La majeure partie des valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ et de $\delta^{13}\text{C}$ sont comprises entre + 1 ‰ et + 2 ‰. On remarque cependant que pour un certain nombre de gisements (la Freudière, la Marnière ou Pierre-Aiguë, par exemple) les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ ainsi que celles de $\delta^{13}\text{C}$ mesurées au sein d'un même gisement présentent des différences pouvant atteindre 1 ‰ ; cette dispersion est supérieure

à celle des valeurs moyennes calculées pour les divers gisements et ne peut donc s'expliquer uniquement par des variations locales de paléomilieu. On peut suggérer deux hypothèses.

1) Les coquilles analysées n'ont pas subi de diagénèse (ou recristallisation partielle). Les différences observées peuvent alors correspondre à des variations saisonnières du milieu marin côtier : dans un même gisement seraient présentes des coquilles ayant des saisons optimales de croissance différentes ; on aurait donc des écotypes indifférenciés morphologiquement. Cette hypothèse est peu probable.

En fait, des analyses isotopiques de coquilles récentes couplées à des études de stries de croissance (Berthou et al., 1986) ont montré qu'une même coquille

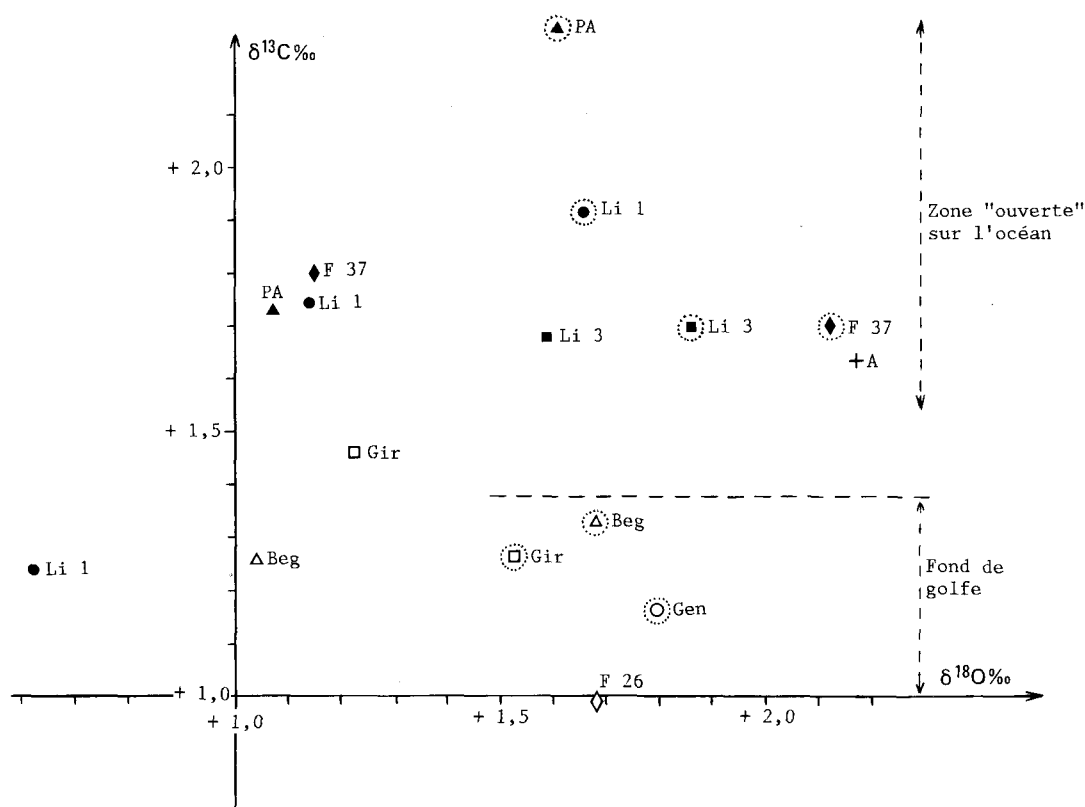


Fig. 2. - Valeurs des compositions isotopiques de l'oxygène et du carbone des coquilles d'Astarte de gisements redoniens de Basse-Loire. Les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ et de $\delta^{13}\text{C}$ sont exprimées par rapport au standard international PDB 1. Les points entourés sont ceux retenus pour la discussion.

pouvait enregistrer, au cours de sa croissance ontogénique, des variations de composition isotopique de l'oxygène et du carbone de l'ordre de 1 ‰ ou supérieures ; ces variations ont été mises en relation avec les cycles annuels de température et d'oxygénation de l'eau. On peut constater (fig. 3) que selon la période de la mort de l'individu (saison d'hiver avec valeurs plus élevées de $\delta^{18}\text{O}$, ou saison d'été avec valeurs plus basses de $\delta^{18}\text{O}$), la valeur moyenne des $\delta^{18}\text{O}$ (et des $\delta^{13}\text{C}$) qui correspond à une moyenne pondérale sera déplacée vers des valeurs plus basses ou plus hautes. La dispersion des valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ et de $\delta^{13}\text{C}$ observée au sein des gisements redoniens est toutefois supérieure à celle que l'on pourrait attendre de cet effet saisonnier.

2) Il faut remarquer que les valeurs plus basses de $\delta^{18}\text{O}$ sont dans la plupart des cas corrélatives de valeurs plus basses de $\delta^{13}\text{C}$; c'est le cas des gisements de la Marnière (Li 1), la Freudière (F 37), la Bégassière (Beg) ou Pierre-Aiguë (PA). On peut alors faire l'hypothèse d'une modification diagénétique des compositions isotopiques d'origine par recristallisation partielle d'une partie des coquilles en eaux météoriques ou de percolation (avec des valeurs basses de $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau et/ou du $\delta^{13}\text{C}$ du bicarbonate dissous).

Si dans cette hypothèse on ne prend en considération que les gisements à valeurs plus élevées de $\delta^{18}\text{O}$ et de $\delta^{13}\text{C}$ (entourés sur le graphique) on constate que les valeurs de compositions isotopiques sont groupées entre + 1,50 et + 2,12 pour les $\delta^{18}\text{O}$ et entre + 1,17 et + 2,26 pour les $\delta^{13}\text{C}$. Seule la dispersion des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ reste relativement élevée et sera expliquée plus loin.

B. Composition isotopique de l'oxygène

Les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ retenues dans cette dernière hypothèse se regroupent parfaitement avec celles publiées antérieurement (Lauriat-Rage et Vergnaud Grazzini, 1977) et attribuées au Pliocène supérieur, plus récent que 3 MA (Pliocène glaciaire) (Shackleton et Opdyke, 1977 ; Shackleton *et al.*, 1984). Les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ mesurées, plus faibles que celles des coquilles

Gisements	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$
La Marnière	+0.62	+1.24	+1.65	+1.92	+1.14	+1.75
La Gautrie	+1.86	+1.70	+1.58	+1.68	+1.30	+1.91
Pierre Aigue	+1.60	+2.26	+1.07	+1.73		
La Freudière	+2.12	+1.71	+1.15	+1.80		
La Freudière	+1.68	+1.00				
La Bégassière	+1.04	+1.26	+1.68	+1.33		
Le Girondor	+1.22	+1.46	+1.52	+1.27		
La Gendronnière	+1.80	+1.17	+1.45			
Actuel	+2.16	+1.64				

Tabl. 2. - Valeur des compositions isotopiques de l'oxygène et du carbone des coquilles d'Astarte de gisements redoniens de Basse-Loire.

Les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ et de $\delta^{13}\text{C}$ sont exprimées par rapport au standard international PDB 1.

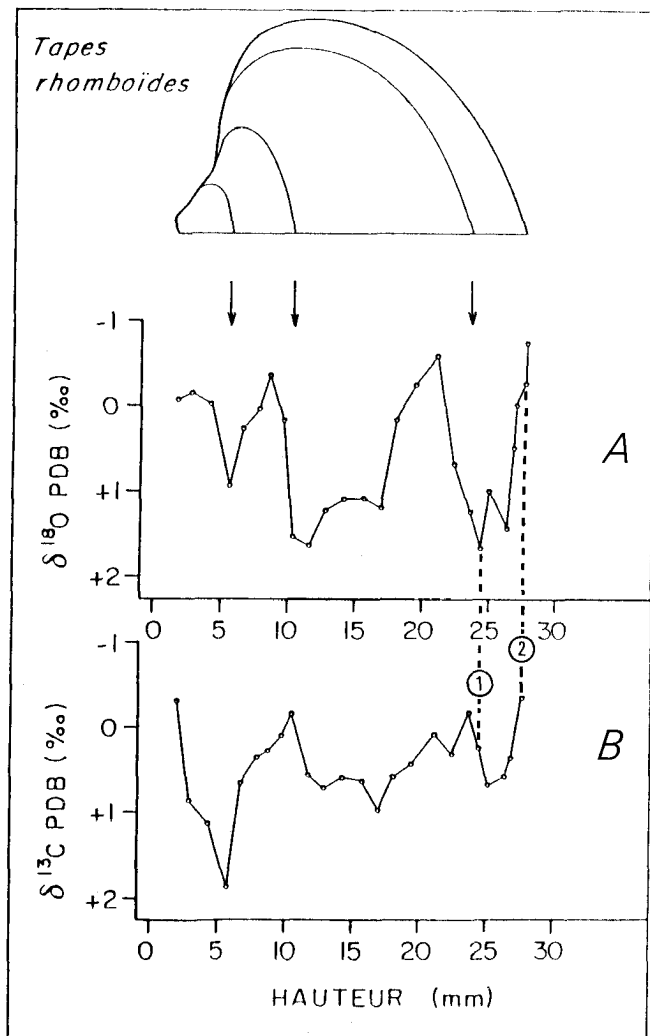


Fig. 3. - Variations de $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ sur la hauteur d'une coquille actuelle de *Tapes rhomboïdes* (d'après Berthou et al., 1986).

A, 1 : mort en hiver (valeurs maximales de $\delta^{18}\text{O}$) ; la valeur moyenne des $\delta^{18}\text{O}$ sera déplacée vers le pôle négatif. 2 : mort en saison chaude (valeurs basses de $\delta^{18}\text{O}$) ; la valeur moyenne des $\delta^{18}\text{O}$ sera plus basse que dans le cas 1. — B, la période de la mort influe également sur la valeur moyenne des $\delta^{13}\text{C}$, mais de manière moins importante, dans cet exemple, que pour le $\delta^{18}\text{O}$.

actuelles suggèrent, cependant qu'il s'agit plus probablement d'une phase interglaciaire. Si l'on suppose que la composition isotopique de l'eau atlantique n'était pas essentiellement différente de sa valeur actuelle, 0,1 ‰ (Berthou et al., 1986), la relation de Jones et al., 1983) (1) :

$$T(^{\circ}\text{C}) = 19,88 - 4,00 (\delta^{18}\text{O}_{\text{coq.}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}) + 0,08 (\delta^{18}\text{O}_{\text{coq.}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}})$$

permet de calculer des températures comprises entre 12 et 14 °C pour les eaux de croissance des coquilles d'*Astarte*. Ces valeurs encadrent la moyenne actuelle qui est de 12° 5 environ. Elles sont compatibles avec les indications données par le reste de la faune qui comporte, en fait, encore un certain nombre d'espèces à affinités subtropicales.

(1) Cette relation dite des « paléotempératures » a été établie pour des organismes en aragonite. Elle diffère sensiblement de celle publiée par Epstein et al. (1953) pour les organismes à test calcitique.

C. Composition isotopique du carbone

Les valeurs de composition isotopique du carbone se répartissent en deux groupes. Un premier groupe de valeurs, comprises entre + 1,17 et + 1,26, correspond aux gisements de la Bégassière, la Gendronnière et le Girondor qui sont situés dans la zone plus interne du golfe. Un deuxième groupe de valeurs, comprises entre + 1,70 et + 2,26, correspond aux gisements de la Freudière, Pierre-Aiguë, la Gautrie et la Marnière. Ces gisements sont situés dans la zone « ouverte » du golfe. Des valeurs plus élevées de $\delta^{13}\text{C}$ suggèrent en fait des eaux plus oxygénées, ce qui est un bon accord avec une localisation plus exposée sur l'océan ouvert.

3. Conclusions

Les bivalves des gisements de Basse-Loire et de Vendée se caractérisent par le faible nombre d'espèces typiques du Mio-Pliocène (lesquelles sont plus nombreuses en Basse-Loire qu'en Vendée) et la proportion importante d'espèces actuelles. Les gisements de ces régions sont plus récents que ceux de l'Anjou.

Les analyses isotopiques effectuées sur les coquilles d'*Astarte* provenant de gisements de Basse-Loire et Vendée : la Marnière, la Gautrie, Pierre-Aiguë, la Freudière (« domaine » de Grand-Lieu), la Bégassière (« domaine » de Goulaine), le Girondor et la Gendronnière (« domaine » de Montaigu/Clisson) montrent que ces gisements correspondent tous au Pliocène « froid », c'est-à-dire à une période plus récente que 3 Ma. Ces résultats sont en accord avec les études purement paléontologiques.

Les valeurs de la composition isotopique du carbone montrent que tous les gisements du « domaine » de Grand-Lieu se sont formés dans une zone du golfe ligérien qui était ouverte sur l'océan. En revanche, la Bégassière, la Gendronnière et le Girondor, plus à l'est, se situaient en eaux moins oxygénées correspondant probablement à une zone plus interne du golfe. On peut donc supposer qu'au Pliocène supérieur la limite orientale du golfe ligérien n'était pas très éloignée de ces trois gisements.

Remerciements. — Nous exprimons nos sincères remerciements à MM. Limasset (BRGM, Nantes) et Courbouleix (BRGM, Orléans) qui nous ont communiqué des faunes provenant de sondages. Nous sommes reconnaissants à M. Métivier (Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie, MNHN) de nous avoir fourni une espèce actuelle nécessaire aux analyses isotopiques. Nous remercions M. Urrutiaguer pour le travail analytique.

Références bibliographiques

BERTHOU P., BLANCHARD M., NOËL P., VERGNAUD GRAZZINI C. (1986). - L'analyse des isotopes stables de la coquille appliquée à la détermination de l'âge de quatre Bivalves du golfe normano-breton

(Manche occidentale). International Council for the Exploration of the Sea. Shellfish Committee, K : 16, 5 fig., 1 tabl.

BORNE V., BRÉBION Ph., BUGE E., CHAIX Ch., COURBOULEIX S., CHEVALIER M., ESTÉOULE-CHOUX J., FARJANEL G., LAURIAT-RAGE A., LIMASSET O., MARGEREL J.P., SELLIER D. (1989). - Étude de trois gisements redoniens explorés par sondage en Pays Nantais (Sédimentologie, Palynologie, Paléontologie). *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989 (ce volume).

CHEVALIER M., BRÉBION Ph., BUGE E., CHAIX Ch., COURBOULEIX S., DELANOË Y., FARJANEL G., LAURIAT-RAGE A., MARGEREL J.P., POUIT D., ROMAN J., VIAUD J.M. (1989). - Étude sédimentologique et paléontologique du secteur pliocène de la Gautrie/la Mignerie (Corcoué-sur-Logne, Loire-Atlantique). Premières reconnaissances géophysiques. *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989 (ce volume).

COURBOULEIX S., BRÉBION Ph., BUGE E., CHAIX Ch., ESTÉOULE-CHOUX J., FARJANEL G., GRUET M., LAURIAT-RAGE A., LIMASSET O., MARGEREL J.P., POUIT D. (1989). - Étude de six gisements néogènes explorés par sondage en Maine-et-Loire (France). *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989 (ce volume).

EPSTEIN S., BUCHSBAUM R., LOWENSTAM H., UREY H. (1953). - Revised carbonate-water isotopic temperature scale. *Bull. Geol. Soc. amer.* **64**, pp. 1315-1326.

JONES D.S., WILLIAMS D.F., ARTHUR M.A. (1983). - Growth history and ecology of the atlantic surf clam, *Spisula solidissima* (DILLWYN), as revealed by stable isotopes and annual shell increments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **73**, pp. 225-242.

LAURIAT-RAGE A. (1981). - Les Bivalves du Redonien (Pliocène atlantique de France). Signification stratigraphique et paléobiogéographique. *Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, n.s., C, *Sci. Terre*, **45**, 173 p.

LAURIAT-RAGE A. (1982). - Les Astartidae (Bivalvia) du Redonien (Pliocène atlantique de France). Systématique, biostratigraphie, biogéographie. *Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, n.s., C, *Sci. Terre*, **48**, 118 p.

LAURIAT-RAGE A. (1986). - Les Bivalves du Pliocène de Normandie. *Bull. Mus. natn. Hist. nat.* (4), **8**, C, n° 1, pp. 3-51.

LAURIAT-RAGE A., VERGNAUD GRAZZINI C. (1977). - Signification climatique des Bivalves du Pliocène de l'Ouest de la France (Redonien) d'après leur étude biogéographique et isotopique. *C. R. Acad. Sci. Fr.* (D), **284**, pp. 2475-2478.

LAURIAT-RAGE A., RAGE J.C. (1978). - Le gisement redonien (Pliocène) de la Morelière, Ile d'Oléron. Étude préliminaire de sa faune de Bivalves. *Geobios*, **11**, pp. 91-93.

LAURIAT-RAGE A., BRÉBION Ph., BUGE E., CHAIX Ch., CHEVALIER M., MARGEREL J.P., PAJAUD D., POUIT D., ROMAN J., VIAUD J.M. (1987). - Le gisement redonien (Pliocène) de la Marnière (Loire-Atlantique, France). Biostratigraphie paléobiologie, affinités paléobiogéographiques. *Géologie de la France*, n° 1-2, 1989 (ce volume).

SHACKLETON N.J., OPDYKE N.D. (1977). - Oxygen isotope and paleomagnetic evidence for early Northern Hemisphere glaciations. *Nature*, **270**, pp. 216-219.

SHACKLETON N.J., BACKMAN J., ZIMMERMAN H., KENT D.V., HALL M.A., ROBERTS D.G., SCHNITKER D., BALDAUF J.G., DESPRAIRIES A., HOMRIGHAUSEN R., HUDDLESTON P., KEENE J.B., KALTENBACK A.J., KRUMSIEK K.A.D., MORTON A.C., MURRAY J.W., WESTBERGSMITH J. (1984). - Oxygen isotope calibration of the onset of ice-rafting and history of glaciations in the North Atlantic region. *Nature*, **307**, pp. 602-623.

TERS M., BRÉBION Ph., BUGE E., CHEVALIER J.P., LAURIAT A., MARGEREL J.P. (1970). - Le Redonien de la région de Palluau. *Bull. BRGM Fr.* (2), I, n° 2, pp. 1-26.

VIAUD J.M. (1979). - Contribution à l'étude des dépôts tertiaires dans la région de Saint-Hilaire-de-Clisson (44). *Bull. Soc. Sci. nat. Ouest de la France*, n.s., **1**, pp. 145-162.