

Bull. Soc. belge de Géologie Bull. Belg. Ver. voor Geologie	T. 88 V. 88	fasc. 2 deel 2	pp. 159-178 blz.159-178	Bruxelles 1979 Brussel 1979
--	----------------	-------------------	----------------------------	--------------------------------

LA PALEOGEOGRAPHIE ET LES FORAMINIFERES DU SONDAGE DE VENISE.

par Ph. MERGEN (*)

RESUME. - En 1966, une marée exceptionnelle fut responsable d'une inondation catastrophique pour le centre historique de la ville de Venise.

Des mesures systématiques ont montré depuis 1900 un accroissement catastrophique de l'immersion (0,5 cm par an en 1960).

Plusieurs forages effectués pour cerner le problème ont atteint la base du Quaternaire vers 900 m de profondeur.

L'étude des Foraminifères montre une alternance de sédimentations marines, lagunaires ou continentales. Les espèces rencontrées indiquent que les sédiments ne se sont jamais déposés à une grande profondeur. Une subsidence rapide caractérise donc la région. Une bonne corrélation est établie avec l'évolution climatique livrée par les analyses palynologiques.

La plupart des épisodes marins ou lagunaires rencontrés correspondent à des réchauffements climatiques. Ils sont d'origine eustatique.

SAMENVATTING. - Een uitzonderlijke vloed veroorzaakte in 1966 een catastrofale overstroming van het historisch centrum van de stad Venetie.

Systematische metingen hebben aangetoond dat sinds 1900 een immersie van angstwekkende omvang plaats grijpt (0,5 cm per jaar in 1960).

Verskillende boringen werden uitgevoerd met de bedoeling het probleem te omschrijven.

Sommige bereikten de basis van het Kwartair rond 900 m. diepte.

De studie van de Foraminiferen duidt op een alternantie van mariene, lagunaire en continentale afzettingen. De bestudeerde soorten wijzen erop dat de sedimentatie zich nooit op grote diepte voordeed. Een vlugge verzakking kenmerkt de streek. Er kwam ook een duidelijke correlatie naar voor met de klimatologische evolutie, vastgesteld bij de palynologische analyses.

De meeste mariene en lagunaire episodes stemmen overeen met klimaatsverwarming. Ze zijn dus van eustatische oorsprong.

ABSTRACT. - In 1966, an exceptional tide caused a catastrophic inundation of the historical centre of Venice.

Since 1900 systematic measures have showned a catastrophic increase of the immersion (0,5 cm a year in 1960).

Several borings carried out to resolve the problem have reached the base of Quaternary at a depth of about 900 m. The studies of Foraminiferids show an alternation of marine, lagunal and continental sedimentation.

The species discorved indicate that the sediments have shallow water sedimentation. A rapid subsidence characterizes the region. A good correlation exist with the climatic evolution proved by the palynological analyses.

Most of the marine or lagunal episodes correspond to warm phases. This transgressions are of eustatic origin.

(*) U. C. L. Institut Géologique, pl. Louis Pasteur 3 B-1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

INTRODUCTION.

Au début de novembre, une marée d'amplitude exceptionnelle a inondé Venise.

Le problème de la conservation de cette ville historique exigeait d'urgence l'application de mesures efficaces. Il fallait notamment identifier les causes exactes des "Acqua Alta" (hautes eaux) ainsi que les raisons d'une augmentation récente de la fréquence des inondations. En effet, des mesures systématiques indiquent une augmentation de la vitesse des affaissements : 0,1 cm/an en 1925 pour 0,5 cm/an en 1960.

Afin de cerner entièrement ce problème de Venise, une étude pluridisciplinaire a été entreprise sous les auspices de l'UNESCO. A court terme, il fallait mettre au point les méthodes de lutte efficace contre les invasions marines. Mais à côté de ces mesures urgentes, il fallait aussi déceler les causes profondes de l'enfoncement de la lagune de Venise avec l'espoir d'en atténuer les effets. C'est dans le cadre de ces études pluridisciplinaires que plusieurs sondages ont été effectués dans la lagune, notamment jusqu'à 950 m de profondeur.

Cette note résume une étude paléogéographique d'après les Foraminifères échantillonnés dans les sédiments quaternaires de la carotte Venise 1. Cette analyse montre une succession d'assemblages fauniques couvrant tout le Quaternaire de Venise, épais ici de plus de 900 m. Cette succession livre l'évolution paléoécologique de la lagune.

Les données paléoécologiques ainsi obtenues ont ensuite été mises en corrélation avec les résultats des analyses polliniques effectuées par l'équipe du Prof. MULLENDERS (U.C.L.).

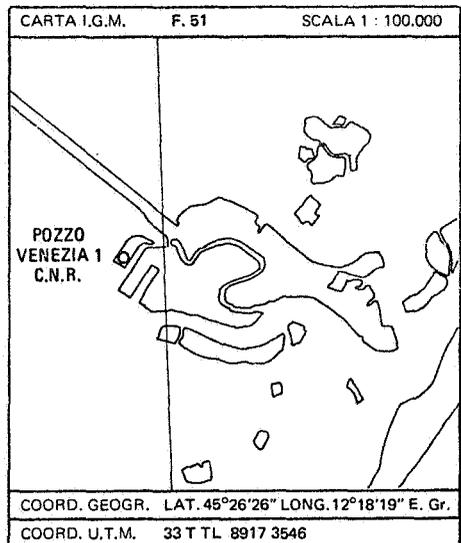
En bref, il s'avère qu'une dizaine de fluctuations glacio-eustatiques se sont superposées à une subsidence continue. Récemment, les causes anthropiques ont encore accentué le processus d'immersion.

ANALYSE DES ECHANTILLONS.

Le carottage a été effectué sur l'île Nuova del Tronchetto, à l'ouest de la ville (M. PISSARD, 1971). La mauvaise qualité du carottage des 60 premiers mètres ne permet pas l'analyse micropaléontologique. Plus profondément, nous avons disposé d'échantillons prélevés en moyenne tous les 3 m.

Les sédiments où alternent des faciès fins et grossiers, soit meubles, soit cohérents, ont été traités suivant la méthode classique décrite notamment par FEYLING-HANSSSEN (1964). Les Foraminifères sont séparés par flottage sur CC14 et triés à la loupe binoculaire.

Pour les échantillons pauvres, la totalité des individus est comptée. Pour les échantillons riches, un minimum de 300 individus est identifié. Le reste de l'échantillon est examiné quantitativement pour déceler d'éventuelles espèces qui auraient échappé au comptage.



Liste des Foraminifères trouvés dans la carotte VI.

- TEXTULARIINA : *Rhabdamina* SARS in CARPENTER, 1869 ; *Textularia sagittula* DEFRANCE ; *Textularia agglutinans* d'ORBIGNY ; *Textularia gibbosa* d'ORBIGNY ; *Spiroplectamina* sp CUSHMAN, 1927 ; *Bigenerina nodosaria* d'ORBIGNY ; *Martinottiella communis* d'ORBIGNY.
- MILIOLINA : *Spiroloculina tenuisepta* CZJZEK ; *Quinqueloculina seminulum* LINNE ; *Massilina secans* d'ORBIGNY ; *Pyrgo depressa* d'ORBIGNY ; *Sigmoilina tenuis* CZJZEK ; *Sigmoilina schlumbergeri* SILVESTRI ; *Tubinella RHUMBLER*, 1906 ; *Articulina tubulosa* SEGUENZA ; *Triloculina trigonula* LAMARCK
- ROTAIINA : *Amphicorina* SCHLUMBERGER in MILNE-EDWARDS, 1881 ; *Astacolus* de MONTFORT, 1808 ; *Dentalina communis* d'ORBIGNY ; *Lagena striata* d'ORBIGNY ; *Lagena gracilllis* WILLIAMSON ; *Lagena substriata* WILLIAMSON ; *Lagena acuticosta* REUSS ; *Lagena laevis* de MONTFORT ; *Lagena hispidula* CUSHMAN ; *Lenticulina* LAMARCK, 1804 ; *Pseudonodosaria* BOOMGAART, 1949 ; *Marginulina* d'ORBIGNY, 1826 ; *Plectofrondicularia* LIEBUS, 1902 ; *Polymorphina* d'ORBIGNY, 1826 ; *Sigmomorphina semitecta* REUSS ; *Globulina inaequalis* REUSS ; *Glandulina laevigata* d'ORBIGNY ; *Oolina hexagona* WILLIAMSON ; *Oolina globosa* MONTAGU ; *Oolina squamosa* HERON ALLEN and EARLAND ; *Fissurina laevigata* REUSS ; *Fissurina semilineata* WRIGHT ; *Fissurina diaphana* BUCHNER ; *Fissurina staphyllearia* SCHLUMBERGER ; *Fissurina orbignyana* SEGUENZA ; *Tosia* TAKAYANAGI, 1953 ; *Sphaeroidina bulloides* d'ORBIGNY ; *Bolivinata* CUSHMAN, 1927 ; *Bolivina spathulata* WILLIAMSON ; *Bolivina catanensis* SEGUENZA ; *Bolivina silvestrina* CUSHMAN ; *Bolivina suballata* SEGUENZA ; *Islandiella crassa* d'ORBIGNY ; *Stilostomella consorbrina* d'ORBIGNY ; *Stilostomella bradyi* ; *Bulimina elongata* d'ORBIGNY ; *Bulimina elegans* d'ORBIGNY ; *Bulimina aculeata* d'ORBIGNY ; *Bulimina costata* d'ORBIGNY ; *Bulimina gibba* FORNASI ; *Globobulimina pacifica* CUSHMAN ; *Reussella spinulosa* REUSS ; *Uvigerina peregrina* CUSHMAN ; *Sagrina* d'ORBIGNY in DE LA SAGRA ; *Trifarina angulosa* WILLIAMSON ; *Buccella frigida* CUSHMAN ; *Neoconorbina terquemi* RZEHAK ; *Rosalina* d'ORBIGNY , 1826 ; *Valvulineria bradyana* FORNASINI ; *Siphonina* REUSS, 1850 ; *Asterigerina mamilla*

WILLIAMSON ; *Ammonia beccari* LINNE ; *Ammonia beccari* var. *tepida* CUSHMAN ; *Ammonia perlucida* HERON HALLEN and EARLAND ; *Elphidium crispum* LINNE ; *Elphidium advenum* CUSHMAN ; *Elphidium gunteri* COLE ; *Elphidium incertum* WILLIAMSON ; *Elphidium lidoense* CUSHMAN ; *Elphidium falx* ; *Elphidium macellum* FITCH and MOLL ; *Elphidium laminatum* d'ORBIGNY ; *Elphidium articulatum* d'ORBIGNY ; *Globorotalia truncatulinoïdes* d'ORBIGNY ; *Globigerina bulloïdes* d'ORBIGNY ; *Globigerina pachyderma* EHRENBERG ; *Globigerina quinqueloba* NATLAND ; *Globigerinoïdes ruber* d'ORBIGNY ; *Globigerinoïdes trilobus* REUSS ; *Orbulina universa* d'ORBIGNY ; *Amphistegina lessonii* d'ORBIGNY ; *Planulina ornata* d'ORBIGNY ; *Hyalina balthica* SCHRÖTER ; *Cibicides pseudoungerianus* CUSHMAN ; *Cibicides boueanus* d'ORBIGNY ; *Cibicides lobatulus* WALKER and JACOB ; *Planorbulina mediterraneanensis* d'ORBIGNY ; *Pleurostomella alternans* SCHWAGER ; *Fursenkonia* LOEBLICH and TAPPAN, 1961 ; *Loxostomum* EHRENBERG, 1854 ; *Cassidulina laevigata carinata* d'ORBIGNY ; *Nonion boueanum* d'ORBIGNY ; *Nonion barleeanum* WILLIAMSON ; *Nonion depressulum* WALKER and JACOB ; *Nonion pompiloïdes* FITCH and MOLL ; *Nonion granosum* d'ORBIGNY ; *Nonionella turgida* WILLIAMSON ; *Pullenia quinqueloba* ; *Pullenia bulloïdes* d'ORBIGNY ; *Gyroïdina altiformis* CUSHMAN ; *Gyroïdina umbonata* CUSHMAN ; *Cibicidoides* THALMANN, 1939 ; *Heterolepa dutemplei* d'ORBIGNY ; *Hoeglundina elegans* d'ORBIGNY.

Le résultat des analyses et la répartition de ces foraminifères sont présentés sous forme d'histogrammes cumulatifs simplifiés d'après MERGEN, 1979.

Zone 1 : VI -78 m à -66 m (fig. 1)

Les espèces dominantes sont *Quinqueloculina seminulum*, *Triloculina trigonula*, *Ammonia beccarii tepida* et *Ammonia perlucida*.

Le pourcentage de *Miliolina* passe de 36% (-78m) à 2% (-66m), tandis qu'*Ammonia becc. tepida* croît de 5% à 51%.

Au début de cet épisode (-78m), *Miliolina* et *Textularia* caractérisent un milieu à salinité normale et de profondeur relativement faible (50m). Puis l'environnement passe graduellement au type lagunaire, comme l'indiquent les forts pourcentages d'*Ammonia becc. tepida* (typique de la lagune actuelle), une forte diminution des *Miliolina* (absentes ou rares dans la lagune actuelle). *Elphidium*

% 100

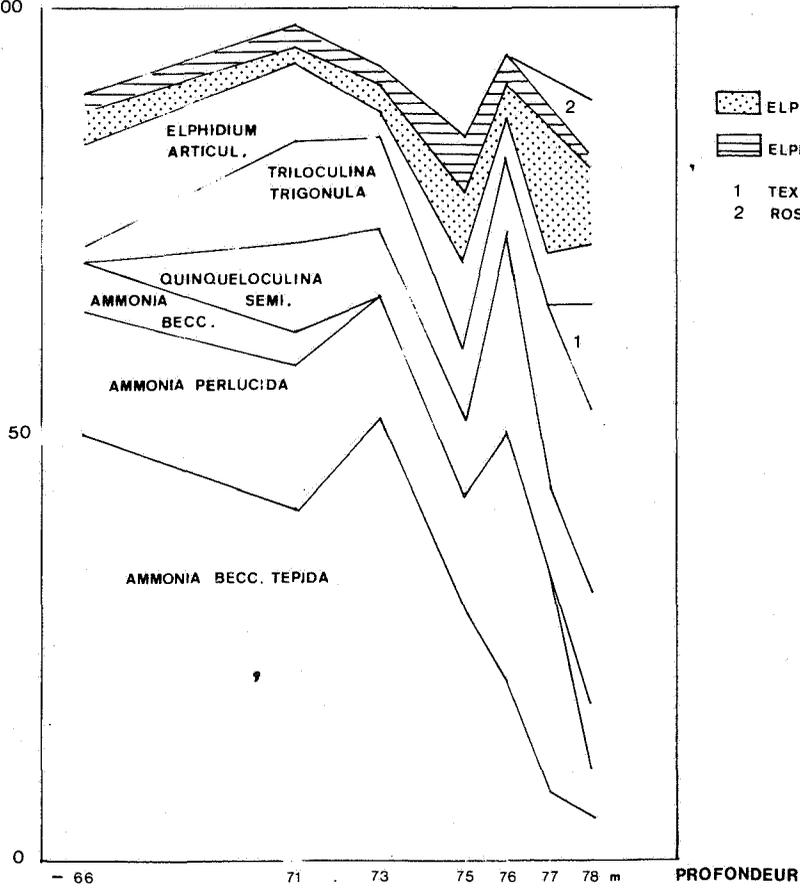


fig.1 histogramme cumulatif zone 1 -66m -- 78m

lidoense et *Elphidium advenum* sont également présents.

L'indice de diversité décrit par FISHER, CORBETT et WILLIAMS (1943) et repris par WILLIAMS (1964) passe de la valeur 4 (-78m) à 2 (-66m), ce qui confirme bien le passage vers un milieu confiné.

Zone 2 : V1 - 130 m à -114 m.

Après un épisode continental de -143 m à -130 m (ostracodes d'eau douce) un processus similaire à celui de la première zone se répète : le grand pourcentage de *Miliolina* (30%) au début de l'épisode (-130m) s'abaisse progressivement jusqu'à 2% (-114m). L'indice de diversité passe de la valeur 6 à la valeur 3 ; c'est-à-dire d'un milieu marin de plate-forme à un milieu lagunaire. Le début de l'épisode est marqué par la présence de *Textularia agglutinans*.

A 117m, l'apparition de *Nonion depressulum* confirme cette tendance lagunaire, mais l'invasion brutale de *Textularia*, typiquement marins, suggère une inondation temporaire de la lagune par la mer. Cette invasion de *Textularia* traduirait un envahissement de la lagune par de l'eau marine.

Zone 3 : V1 -146 m à -143 m

L'évolution est similaire aux zones 1 et 2. Cependant une invasion de Globigérines (24%) montre à nouveau que le milieu lagunaire est parfois envahi par de l'eau marine.

Zone 4 : V1 -198 m à -188 m

L'évolution reste comparable à celle des zones précédentes, avec tout d'abord une transgression indiquée par la réapparition des *Textularia*, les *Nonionella turgida* et *Valvulineria bradyana*. C'est ensuite un pourcentage décroissant de Miliolles, tombant à 0% à -192 m, tandis qu'*Ammonia becc. tepida* et d'*Ammonia perlucida* croissent, pour atteindre 96% en fin d'épisode. L'indice α passe de 5-6 à 3 et finalement à 1 pour l'échantillon -192 m : le milieu est donc bien de plus en plus confiné.

Zone 5 : V1 -244 m à -262 m (fig. 2)

Les espèces principales sont *Globigerina quinqueloba*, *Bulimina aculeata*, *Nonionella turgida*, *Valvulineria bradyana*, *Elphidium articu-*

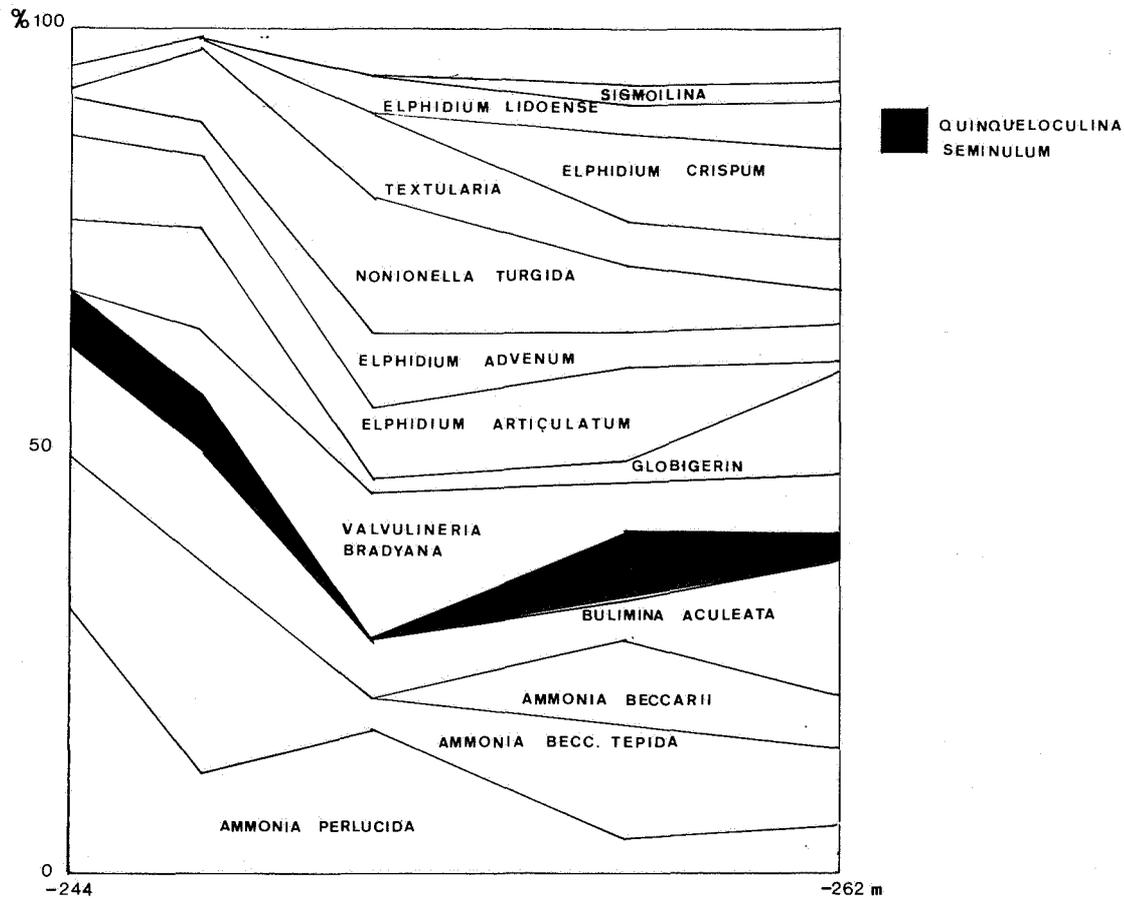


fig.2 histogramme cumulatif zone 5. - 244 - 262 m

latum, *Elphidium advenum*, *Ammonia perlucida*, *Quinqueloculina seminulum*, *Textularia agglutinans*.

Cet assemblage assez riche ne montre aucune espèce vraiment dominante, ce qui indique généralement des zones dépourvues de contrainte de profondeur et de salinité. Les espèces de *Bulimina*, *Nonionella*, *Valvulineria* et *Elphidium* identifiées, caractérisent bien une mer de plate-forme à salinité normale, mais la présence de Miliolites traduit que cette mer ouverte est assez peu profonde. D'ailleurs, *Sigmoilina tenuis* et *Sigmoilina schlumbergeri* qui affectionnent les plus grandes profondeurs n'apparaissent qu'en trace. La présence de Globigérines confirme ce milieu marin ouvert.

L'indice α (≥ 5) caractérise bien une mer ouverte à salinité normale. A la fin de l'épisode, l'indice α diminue, ainsi que le pourcentage de *Textularia*, alors que les *Ammonia perlucida* augmentent. Cette évolution semble indiquer un passage vers des milieux plus lagunaires.

Zone 6 : V1 -427 m à -303 m (fig. 3)

Les espèces les plus abondantes sont *Quinqueloculina seminulum*, *Ammonia perlucida*, *Ammonia becc. tepida*, *Elphidium articulatum*, *Elphidium advenum*, *Elphidium lidoense*, *Rosalina* cfr. (*anglica*) *Neoconorbina terquemii*, *Bulimina* ssp, *Islandiella crassa*, *Globigerina quinqueloba*. Elles sont bien représentées.

L'épisode débute à -427 m par un fort pourcentage de Miliolites et de *Globigerina*. Ensuite, de -402m à -386m, l'espèce dominante est *Islandiella crassa* qui vit surtout dans une mer à salinité normale et de profondeur inférieure à 20m. Ce faciès marin se dégrade tardivement. De -380 à -303 m, les principaux genres sont d'abord *Bulimina*, *Ammonia* et *Quinqueloculina*, puis à la fin de l'épisode, *Ammonia becc. tepida* et *Ammonia perlucida*. Les Miliolites disparaissent. *Elphidium lidoense* sporadique de - 427m à -335m s'installe définitivement jusqu'à -303m (16%).

L'ensemble traduit un grand épisode marin. L'assemblage des Foraminifères et notamment la bonne représentation des Miliolites, précise une profondeur maximum d'environ 50 m et une salinité normale. La tendance vers le type lagunaire n'apparaît qu'en fin d'épisode.

De -516 m à -427 m, le milieu essentiellement continental a subi des invasions marines très sporadiques.

100 %

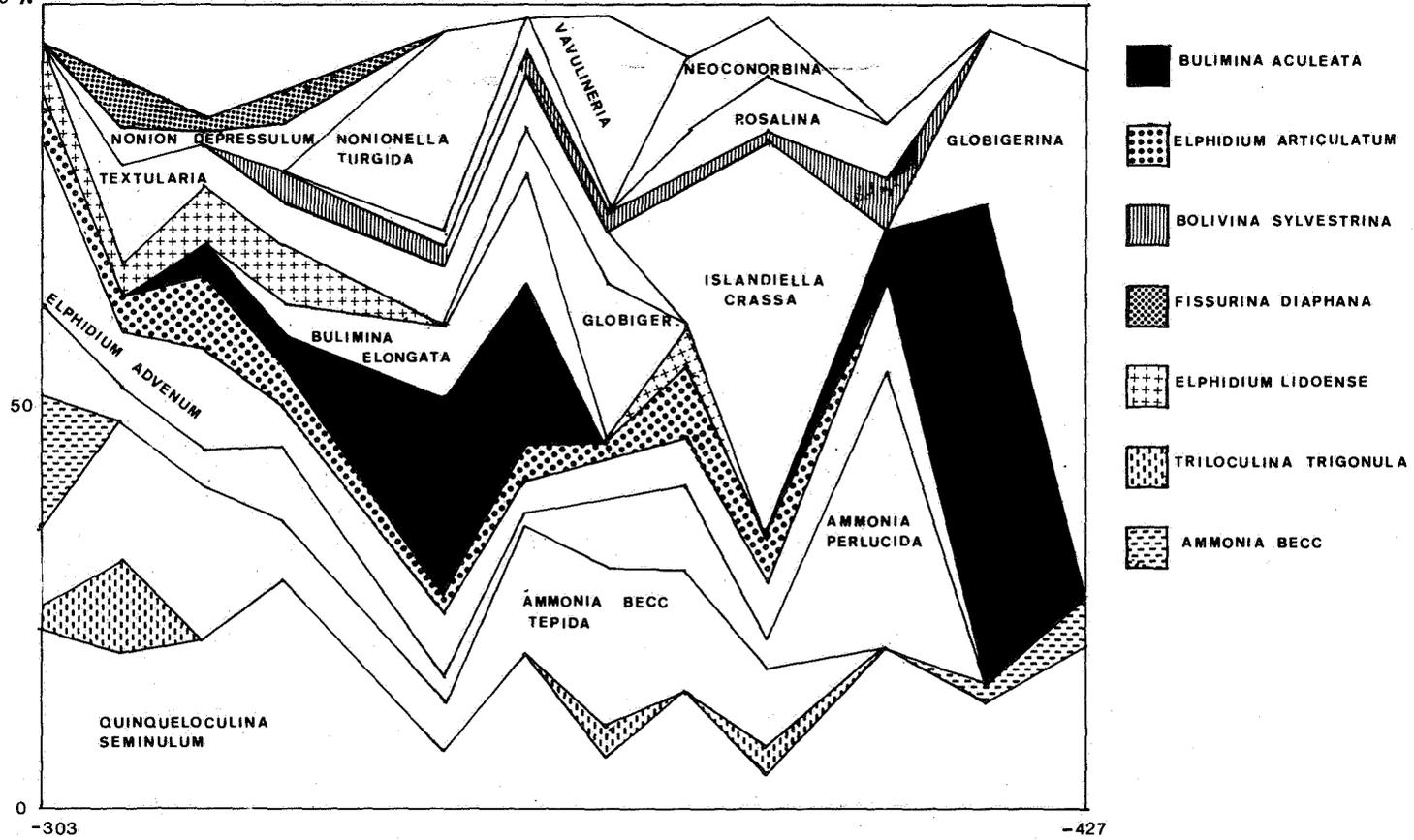


fig.3 histogramme cumulatif zone 6 - 303--427 m

A-482 m, l'indice $\alpha = 1$ révèle un milieu très confiné avec 63% de *Bulimina*, 20% d'*Islandiella*, 9% de *Globigérina* et 7% de *Miliolina* ; 100% d'*Islandiella crassa* à 509 m et 93% à 513m, indiquent des inondations marines. Ce Foraminifère serait ici une espèce pionnière qui s'installe dans un milieu confiné dès que les conditions de vie le permettent.

Zone 7 : V1 -572 m à -516 m (fig. 4)

L'épisode est caractérisé par l'abondance de Globigérines mais le pourcentage varie très fortement d'un échantillon à l'autre. Aux basses valeurs de Globigérines correspondent de hauts pourcentages de Foraminifères benthoniques,

- soit d'espèces lagunaires comme *Ammonia becc. tepida*
- soit d'espèces littorales comme *Ammonia beccarii*
- soit d'espèces plus marines comme *Uvigerina peregrina*, *Bolivina* ssp. et *Bulimina aculeata*, ainsi que des espèces de plus grandes profondeurs comme *Sigmoilina tenuis*, *Sigmoilina schlumbergeri*, *Bigenerina nodosaria* et *Pullenia bulloides*.

Cet épisode est caractérisé par une mer relativement profonde et bien ouverte, avec un faciès plus lagunaire à -561 m et un faciès littoral à -535m et -538m. Notons la présence d'*Hyalinea balthica*.

Zone 8 : V1 -758 m à -665 m (fig. 5)

Les espèces dominantes sont *Ammonia becc. tepida*
Ammonia perlucida
Globigerina bulloides

De -758m à -700m, la sédimentation est essentiellement continentale, avec de brutales incursions marines de -758m à -755m et de -739m à -730m.

Ces invasions marines n'apportent que des Globigérines. Elles sont sans doute trop brèves pour permettre l'installation d'une faune benthonique bien diversifiée.

De -699m à -665m, le milieu lagunaire caractérisé par les *Ammonia* et *Elphidium* est envahi régulièrement par de l'eau marine apportant les Globigérines.

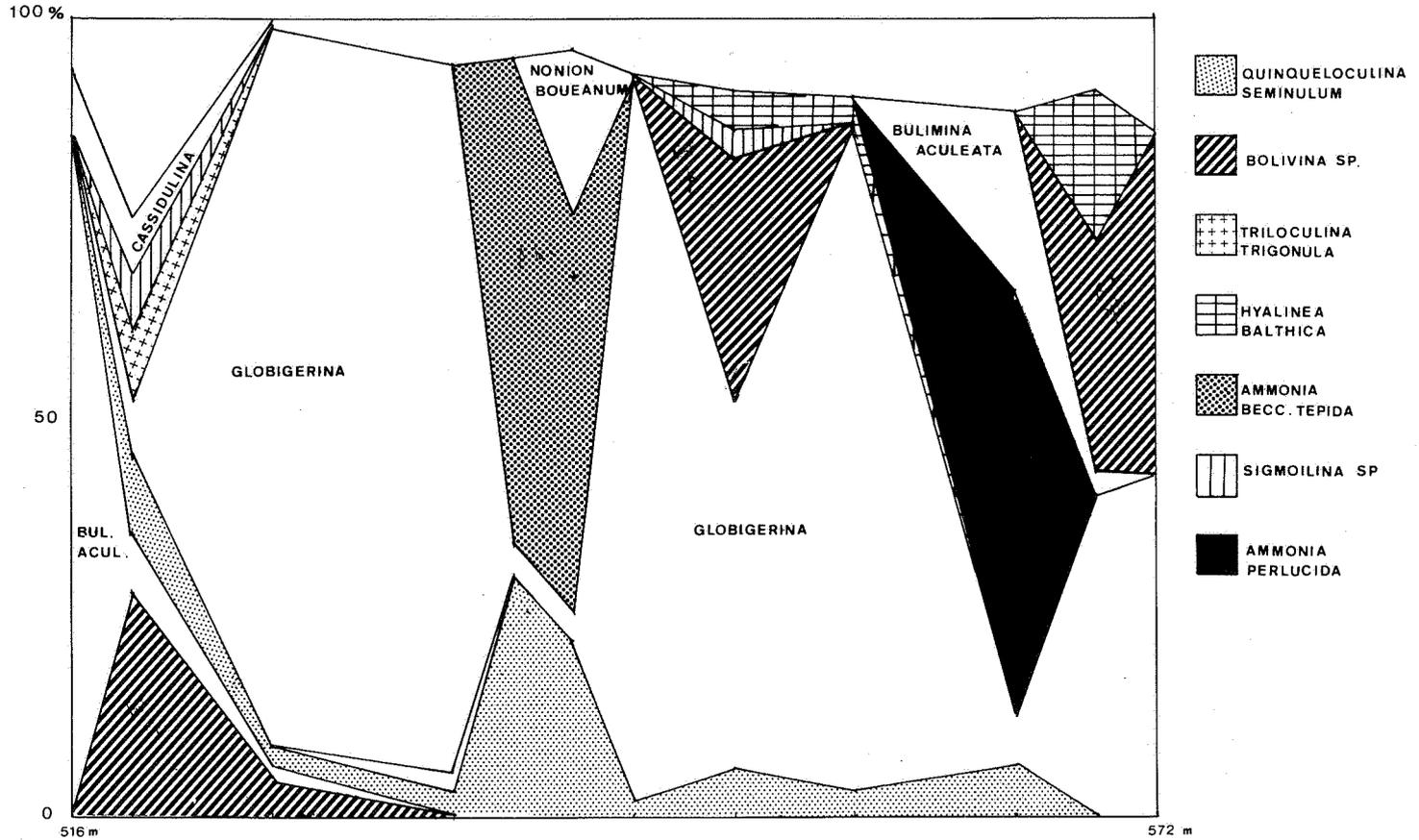


fig.4 histogramme cumulatif zone 7 - 516 - - 572 m

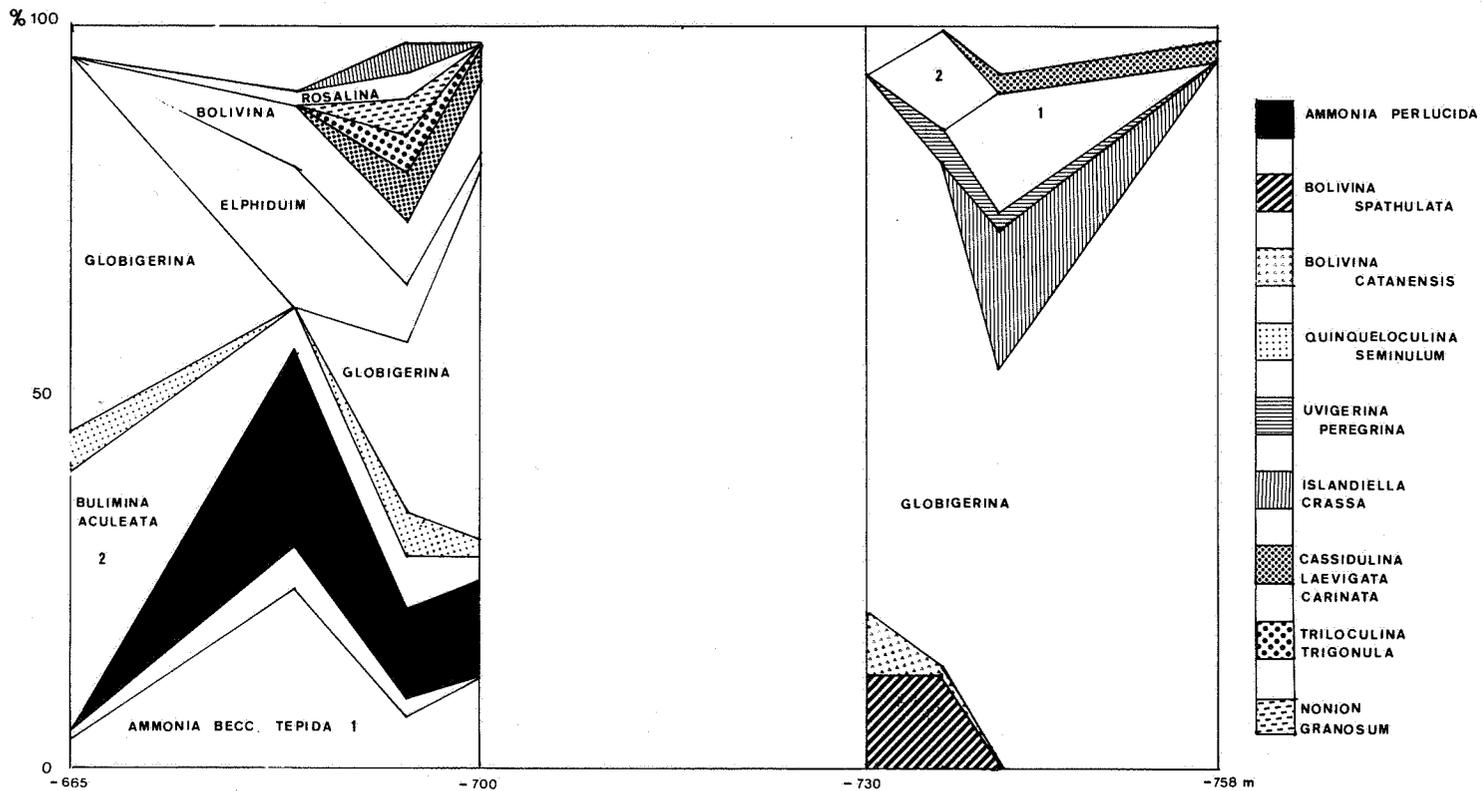


fig. 5 histogramme cumulatif zone 8 -665 -- -758 m

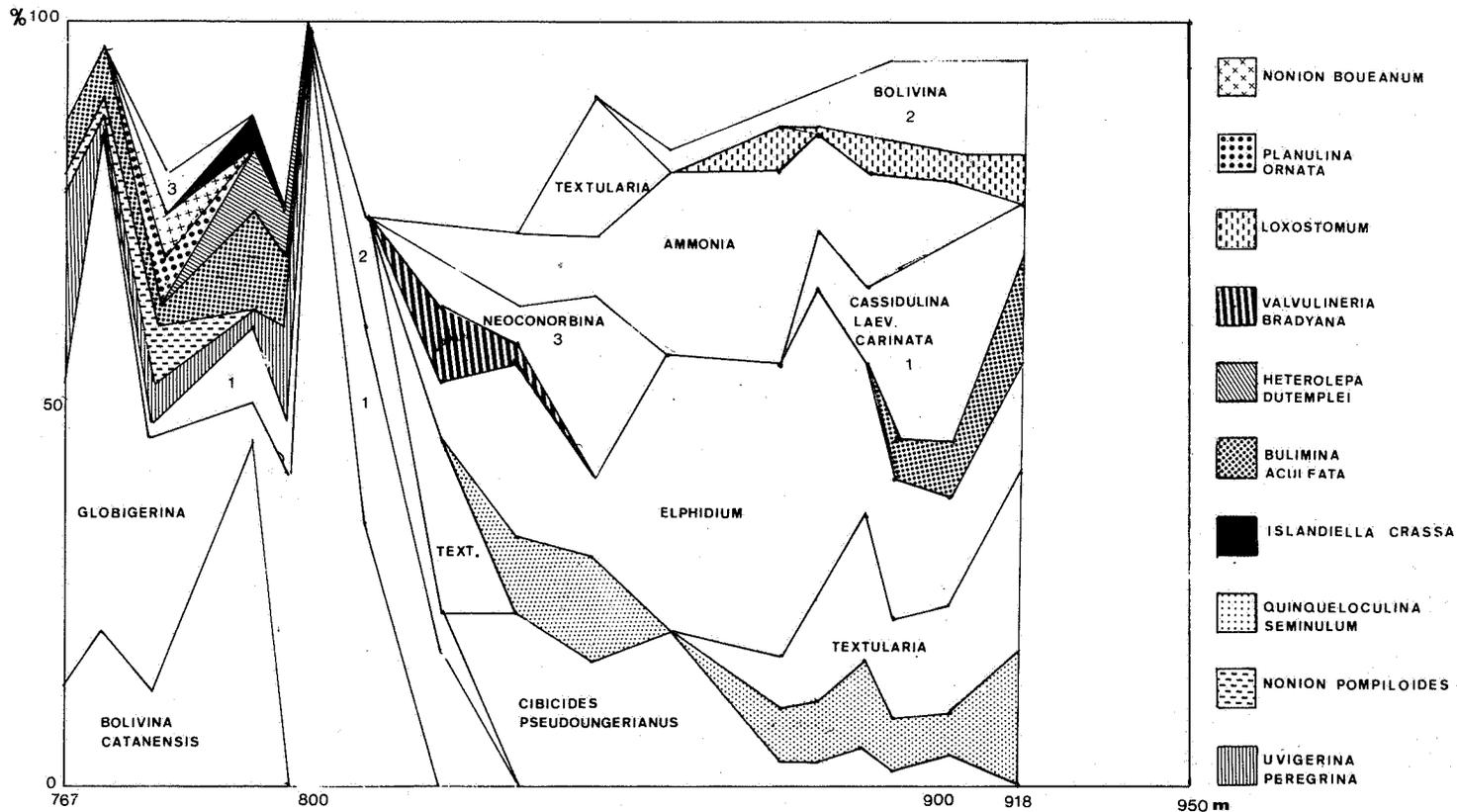


fig. 6 histogramme cumulatif zone 9 -767 -- 948 m

Zone 9' : VI -918 m à -767 m (fig. 6)

De -918m à -803m, les genres dominants sont *Textularia*, *Cibicides*, *Quinqueloculina*, *Ammonia*, *Elphidium*, *Cassidulina*, *Valvulineria*. Le début de l'épisode, riche en agglutinés (*Textularia*, *Spiroplectomina* et *Bigenerina*) contient en outre *Sigmoilina tenuis* et *Sigmoilina schlumbergery*. Il est marin, puis interrompu par une phase plus lagunaire comme l'indique une bonne représentation d'*Elphidium* ssp et d'*Ammonia perlucida*.

Les *Textularina* apparaissent à nouveau, accompagnées de *Cibicides pseudoungerianus* et d'une augmentation du pourcentage de Miliolés.

De -800m à -767m, le genre dominant est *Globigérina*, *Cassidulina laevigata carinata*, *Bolivina* ssp et *Uvigerina peregrina* sont aussi bien représentées.

Sigmoilina ssp, *Pullenia* ssp et *Bigenerina nodosaria* sont également présentes. Toutes ces espèces vivent préférentiellement en eaux profondes, l'absence d'*Ammonia* et de Miliolés confirme d'ailleurs cette profondeur importante de la mer à cette époque.

De -947m à -918m, les échantillons n'étaient pas disponibles.

A -947m et -948m, la salinité est normale, la mer ouverte mais peu profonde, comme l'indique l'*Amphistegina lessonii*, qui vit entre 5 et 20m de profondeur, fixée aux végétaux.

STRATIGRAPHIE ET EVOLUTION PALEOECOLOGIQUE,

a. LA LIMITE PLIO-PLÉISTOCENE.

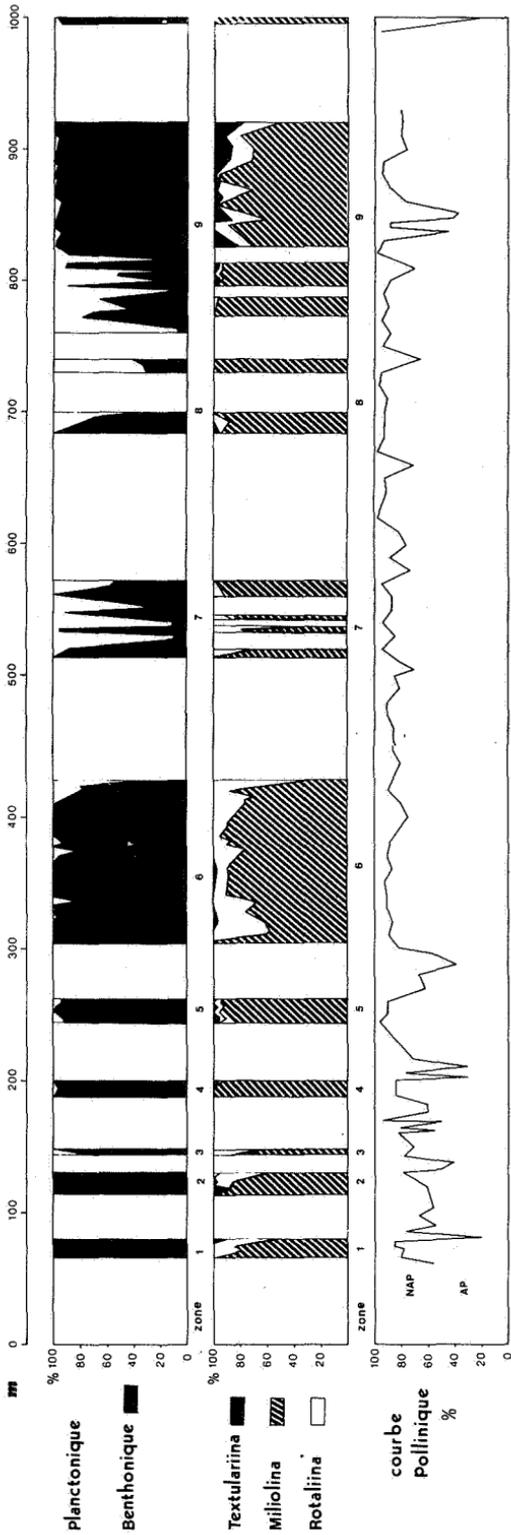
La limite Plio-Pléistocène se situe probablement aux environs de 900 m.

Les espèces *Amphistegina lessonii*, *Elphidium falx* et *Nonion boueanum* sont bien connues dans les assemblages du Pliocène méditerranéen. Les échantillons de -947 m et -948 m contiennent ces espèces et pourraient donc encore se rattacher au Pliocène supérieur.

Dès -885 m apparaissent des espèces typiquement quaternaires comme *Globigerina pachyderma* et *Globorotalia truncatulinoides*.

La limite Plio-Pléistocène (qui actuellement n'est plus (toujours) assimilée à la limite Tertiaire-Quaternaire) se situe à Venise entre -885 m et -947 m de profondeur. L'absence d'échantillons entre -918 m et -947 m ne permet pas de préciser.

SONDAGE VENISE 1



b. EVOLUTION PALEOGEOGRAPHIQUE ET CORRELATION AVEC LA COURBE PALYNOLOGIQUE.

Entre 0 et -75 m, les échantillons montrent une sédimentation continentale avec quelques pulsations de type lagunaire à -36 m et -58 m (Ech. de la carotte V1 bis). D'après une communication orale du Prof. MULLENDERS, les pollens des sédiments de 0 à 10 m sont Holocènes; de -10 m à -50 m ils sont rattachés à la dernière phase glaciaire. Par conséquent notre épisode marin (-78 à -66 m) correspondrait à l'interglaciaire précédent le Würm. Le réchauffement qu'indique la courbe AP/NAP se traduit aussi par une transgression marine. Cet épisode marin qui correspond à notre n°1 d'après les Foraminifères, est donc bien d'origine eustatique. Dans la stratigraphie traditionnelle du Quaternaire il pourrait correspondre à l'interglaciaire Eemien.

Nos zones 2, 4 et 5 correspondent également à un réchauffement du climat d'après les pollens. Cette succession de phases froides et chaudes pourrait appartenir au "complexe du Saale".

La transgression marine de la zone 3 est survenue pendant une phase froide. Elle a été très brève et pourrait alors s'expliquer par une augmentation de la vitesse de subsidence. La présence de Foraminifères benthoniques à la base de cet épisode 3 indique un envahissement important de la mer, que seule une rupture du cordon de dunes ne pourrait expliquer.

Le milieu devenant ensuite plus lagunaire, montre une arrivée importante de globigérines inattendues dans un tel milieu et qu'il faut probablement attribuer à l'action des tempêtes.

La zone 6 est marquée par un long épisode marin. La courbe palynologique est assez constante avec de hauts pourcentages d'AP. D'après W. MULLENDERS cette caractéristique est typique du HOLSTEIN.

Pour la zone 7, de -572 à -516 m, une bonne corrélation existe entre l'invasion marine reconstituée par Foraminifères et le réchauffement climatique indiqué par les pollens.

Deux séquences continentales entourent cet épisode marin, respectivement de -665 à -572 m et de -516 à -427 m. Dans ces épisodes, les pollens étudiés entre -600 et -570 m et entre -512 et -500 m appartiennent à des phases froides.

De 665 m à 427 m, on peut donc identifier une phase marine chaude comprise entre deux épisodes froids et continentaux.

Pour la zone 8, l'épisode marin observé correspond aussi à une hausse de la température. La courbe pollinique montre à nouveau une phase chaude située entre deux pulsations froides bien marquées.

La zone 9, entre -918 et -767 m, montre le passage d'un milieu marin moins profond vers une mer largement ouverte, comme l'indiquent les

fortes teneurs en globigérines. La transition se situe vers -820 m. La partie inférieure de cette séquence a livré de -850 m à -820 m des pollens typiquement quaternaires et de climat plus froid. Cette mer moins ouverte marquerait peut-être le premier épisode froid sensible du Quaternaire.

c. CAUSES DES CHANGEMENTS DES NIVEAUX DE LA MER.

L'étude des 950 m de carottage de Venise, montre que la profondeur de la mer a évolué en permanence. Trois causes peuvent être évoquées :

1. L'eustatisme.

Les transgressions correspondent le plus souvent à des réchauffements. Les phases froides sont caractérisées par un abaissement du niveau de la mer, les phases chaudes par des transgressions. Livrée par les pollens, cette relation climatique étroite avec le changement de niveau marin, suggère l'influence directe du glacio-eustatisme dont l'ampleur, on le sait, n'a jamais dépassé 200 m.

2. La subsidence.

Mille mètres environ de sédiments se sont déposés à Venise durant tout le Quaternaire. Or, la faune trouvée dans ces sédiments indique qu'ils ne sont jamais déposés à plus de 100 m de profondeur. Une subsidence rapide caractérise donc la région. Des variations de la vitesse de subsidence pourraient aussi expliquer certaines transgressions.

3. La rupture de barrages dunaires.

Des cordons de dunes fossiles sont connus dans la lagune de Venise. Lors de tempêtes ou raz de marée, ces cordons peuvent se briser et laisser pénétrer brutalement l'eau de mer : ce caractère brutal de l'envahissement par la mer caractérise souvent le début des transgressions observées dans la carotte de Venise.

En bref, l'ampleur de l'accumulation démontre le rôle prépondérant de la subsidence. Mais les changements d'écologie, avec le plus souvent une transgression lors des réchauffements, montrent que l'eustatisme s'est surimposé à la subsidence. Enfin, il est probable que la brutalité des transgressions enregistrées par les Foraminifères puisse s'expliquer par la rupture ponctuelle des cordons dunaires.

CONCLUSION GENERALE (1)

L'étude des Foraminifères du sondage de Venise montre une alternance de sédimentations marine, lagunaire ou continentale.

Les espèces rencontrées indiquent que les sédiments ne se sont jamais déposés à une grande profondeur.

Une subsidence rapide caractérise donc la région.

Une bonne corrélation peut être établie avec l'évolution climatique livrée par les analyses palynologiques.

La plupart des épisodes marins ou lagunaires rencontrés correspondent à des réchauffements climatiques. Ils sont donc d'origine eustatique.

D'autres transgressions, brèves mais brutales, peuvent s'expliquer par une augmentation de la vitesse de subsidence ou par la rupture des cordons dunaires.

REMERCIEMENTS

A la présentation de cette note, je voudrais remercier spécialement Madame le Docteur Y. LE CALVEZ, du Musée d'Histoire Naturelle de Paris, ainsi que le Docteur HOOYBERGS de la K. U. L. pour l'aide efficace qu'ils m'ont apportée pour la détermination des Foraminifères.

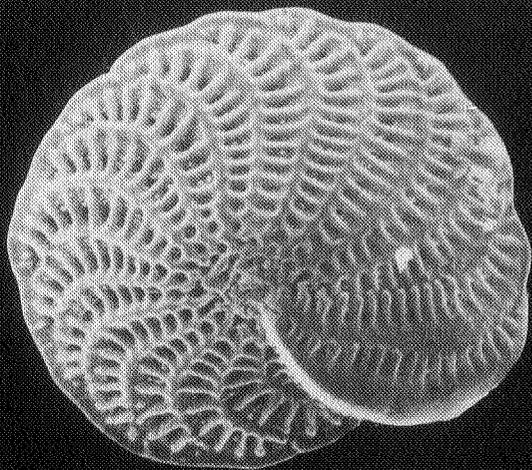
Toute ma gratitude va également au Prof. MULLENDERS qui m'a communiqué les résultats des analyses palynologiques des échantillons de la carotte Venise 1.

Les photographies au microscope à balayage ont été prises par Mr. HOUBION des Facultés Universitaires de Namur; qu'il trouve ici mes plus vifs remerciements. Toute notre reconnaissance va au Prof. G. SERET, promoteur du travail, qui a critiqué les résultats et relu le texte.

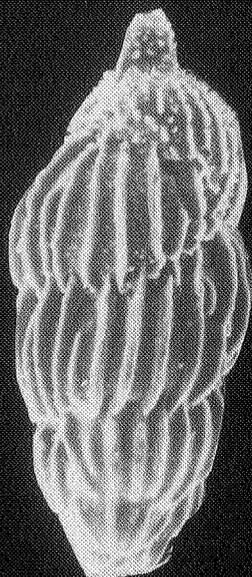
BIBLIOGRAPHIE.

- BANDY, O. L. (1964) - General correlation of foraminiferal structure with environment. - In *Imbrie, J. and Mewel, D. Approaches to paleoecology*, J. Wiley and Sons, New-York, pp. 75-90.
- BANDY, O. L. (1976) - The geol. signif. of coiling ratios in the For. *Globogerina pachyderma* (EHRENBERG). - *Journ. of Pal.*, Vol. 34, n° 4, pp. 671-681.
- BIZON, G. (1972) - Atlas des principaux foraminifères planctoniques du bassin méditerranéen Oligocène à Quaternaire. - Ed. *Technip. Paris*.
- BLANC-VERNET, L. (1969) - Contribution à l'étude des Foraminifères de Méditerranée. *Recl. Trav. Stu. mar. Endoume*, 48, 5-281.
- BLANC-VERNET, L. (1972) - Study of the species of Western Mediterranean. *Tethys*, Vol. 4, n°3, pp. 761-775.
- BOUYASSE, P. et LE CALVEZ, Y. (1967) - Etude des fonds marins compris entre Penmarc'h et Groix (Finistère). - *Bull. du B. R. G. M.* n° 2, 1967.

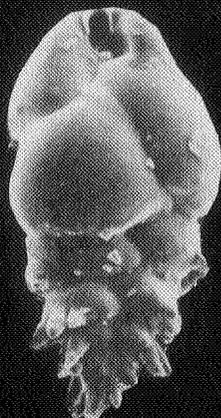
(1) Cette recherche est basée essentiellement sur l'étude des foraminifères et des pollens échantillonnés dans les carottes V1 et V1 bis de Venise. D'autres études en cours, dans d'autres laboratoires, et notamment à Labofina, sont encore inédites. D'après leur auteur, elles pourraient infirmer certains de nos résultats : communication orale de J. J. MENNIG, que nous remercions cordialement.



A



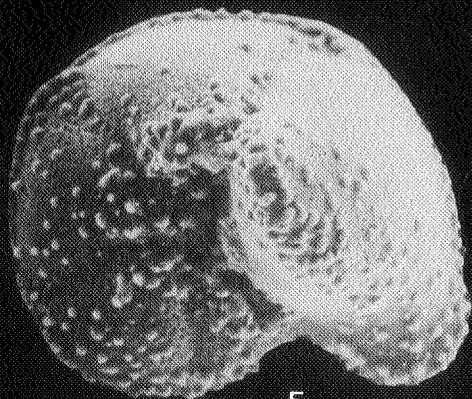
B



C



D



E

- A *Elphidium crispum* (Linne) x 202
B *Uvigérina pérégrina* (Cushman) x 240
C *Bulimina aculeata* (d'Orbigny) x 300
D *Fissurina staphyllearia* (Schlumberger) x600
E *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny) x 325

- VENEZIA, C. N. R. (1971) - Sondaggi profondi per lo studio della subsidenza. *Relazioni sul posto VENEZIA 1 - CNR.*
- CUSHMAN, J. A. (1928) - Foraminifera. Their classification and economic use. - *Cushman Lab. for For. Resc. Special Public. n°1.*
- CUSHMAN, J. A. (1948) - Foraminifera. Their classification and Economic Use. - *Harvard Univ. Press, p. 1-605.*
- FAVERO, V., ALBEROTANZA, L., SERANDREI BARBERO, R. (1973) - Aspetti Paleoecologici VE 1 bis C. N. R. TR 63 VENEZIA.
- FEYLING-HANSSSEN, R. W. (1964) - Foram. in Late Quaternary deposits from the oslo-fjord area. - *Norges Geol. Unders. 225, 383 pp.*
- FISHER, R. A., CORBETT, A. S. and WILLIAMS, C.B. (1943) - The relationship between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. - *J. Anim. Ecol., 12, 42-58.*
- LOEBLICH, A. and TAPPAN, H. (1964) - Protista 2 in Treatise on Inver. Paleont. - *Edited by MOORE, R., Geol. Soc. America.*
- MERGEN, P. (1979) - Contribution à l'étude de l'évolution paléogéographique de la lagune de Venise. - *Mémoire, U. C. L. (non édité).*
- MURRAY, J. W. (1968) - Living Foram. of lagoons and estuaries. *Micropal., 14 (4), pp. 435-455.*
- MURRAY, J. W. (1973) - Distribution and Ecology of Living benthic Foram. - *Heinemann Educ. Books.*
- PADANI (1957) - For. Terziaria E Quaternario. *Agip. Mineraria Milano.*
- PIRAZZOLI, P. (1973) - Inondations et niveaux marins à Venise. - *Mém. Lab. Géomorphol. Ecole pratique des Hautes Etudes, n° 22.*
- PISSARD, M. - Operazioni di cantiere - Cons. Naz. delle Ricerche. Lab. per lo studio della dinamica delle grandi masse. - *le fase, rap. tecnici. Venezia, Dicembre 1971.*
- PHLEGER, F. B. (1960) - Ecology and distribution of recent Foram. - *J. Hopkins Press, Baltimore, 297 pp.*
- WILLIAMS, C. B. (1964) - Patterns in the Balance of nature. *Academic Press, London, 324 pp.*

Note présentée à la séance du
3 avril 1979.