



## Quaternaire

Revue de l'Association française pour l'étude du  
Quaternaire

vol. 20/2 | 2009  
Volume 20 Numéro 2

---

# Kystes de dinoflagellés et paléoenvironnement quaternaire dans la région Izu-Bonin, Nord-Ouest Pacifique (ODP Leg 125, site 782A et Leg 126, site 791B)

*Dinoflagellate cysts And Quaternary paleoenvironment in the Izu-Bonin Region,  
North-West Pacific (ODP Leg 125, site 782A and Leg 126, site 791B)*

Yunyun Zhao et Marie-Thérèse Morzadec-Kerfourn

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/5127>  
DOI : 10.4000/quaternaire.5127  
ISSN : 1965-0795

### Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

### Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2009  
Pagination : 195-213  
ISSN : 1142-2904

### Référence électronique

Yunyun Zhao et Marie-Thérèse Morzadec-Kerfourn, « Kystes de dinoflagellés et paléoenvironnement quaternaire dans la région Izu-Bonin, Nord-Ouest Pacifique (ODP Leg 125, site 782A et Leg 126, site 791B) », *Quaternaire* [En ligne], vol. 20/2 | 2009, mis en ligne le 01 juin 2012, consulté le 20 décembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/5127> ; DOI : 10.4000/quaternaire.5127

---

# KYSTES DE DINOFLAGELLÉS ET PALÉOENVIRONNEMENT QUATERNAIRE DANS LA RÉGION IZU-BONIN, NORD-OUEST PACIFIQUE (ODP LEG 125, SITE 782A ET LEG 126, SITE 791B)

YunYun ZHAO <sup>1</sup> et Marie-Thérèse MORZADEC-KERFOURN <sup>2</sup>

## RÉSUMÉ

Cinquante espèces de kystes de dinoflagellés dont deux nouvelles, ont été recensées dans les sédiments de sondages réalisés dans la région Izu-Bonin au sud du Japon. Toutes ces espèces, qui entrent dans la composition des assemblages, ont une signification paléoenvironnementale. La représentation relative de deux groupes d'espèces qui ont été définis à partir de la localisation de leur centre de dispersion dans les latitudes tempérées à équatoriales d'une part, tempérées à subpolaires d'autre part, révèlent les changements cycliques de température des eaux de surface depuis environ 1,79 Ma. Ces résultats, associés aux données sédimentologiques, ont permis d'aborder les changements de l'environnement dans la région Izu-Bonin, au nord-ouest du Pacifique. Les taux de carbonates sont plus élevés dans les sédiments attribués aux périodes tempérées à tendance froide que dans les sédiments attribués aux périodes tempérées à tendance chaude. Par rapport à la ride externe dominant la fosse (site 782B), l'axe du rift intra-arc (791A) est caractérisé par un taux de sédimentation plus élevé, dû à l'abondance de matériel volcanique, et une forte représentation de pollen de conifères. Ces particularités suggèrent un effet possible de l'activité volcanique sur la composition du contenu palynologique après 1 Ma dans l'axe du rift. De plus, un déplacement du courant Kuroshio après 0,46 Ma, en entraînant un enrichissement en sels nutritifs des eaux de surface, aurait provoqué une différenciation de la représentation des espèces du genre *Impagidinium* dans les sédiments du bassin intra-arc par rapport au bord externe.

**Mots-clés :** Nord-ouest Pacifique, région Izu-Bonin, sédiments marins profonds, ODP 125 et 126, kystes de dinoflagellés, Quaternaire.

## ABSTRACT

DINOFLAGELLATE CYSTS AND QUATERNARY PALEOENVIRONMENT IN THE IZU-BONIN REGION, NORTH-WEST PACIFIC (ODP Leg 125, site 782A and Leg 126, site 791B)

Fifty species of dinoflagellate cysts, among them two new species, have been identified in oceanic sediments of the Izu-Bonin region, south of Japan. All these species have a paleoenvironmental significance. The Quaternary climatic oscillation and environment evolution in the NW Pacific have been demonstrated by the variation of dinoflagellate cyst assemblages and the contents pollen grains in the arc sediments of the Izu-Bonin region. The variation of species ratios: temperate-warm to temperate-cold dinoflagellate cysts reveals the cyclic temperature changes of sea surface waters. The data are used to reconstruct the climatic evolution since 1,79 Ma ago. The results of the present study and a consideration of relevant sedimentological factors allow us to draw the following conclusions concerning the environment of the Izu-Bonin region. It appears that the carbonate concentration in sediments was higher in the temperate-cold than in the temperate-warm phases. In comparison with the ridge of outer arc, the axial region of the inner arc rift is characterized by greater proportion of volcaniclastic materials as well as a higher sedimentation rate and the palynological contents by high percentages of coniferous pollen. These particularity suggest a possible effect of the volcanic activity on the palynological contents in the intra-arc basin since 1 Ma ago. Thus the axial region of the inner arc has maintained outside of the influence of warm current Kuroshio since 0.46 Ma ago; this is reflected by the very high abundance of *Impagidinium patulum* to *Impagidinium aculeatum*.

**Keys-words:** North-west Pacific ocean, Izu-Bonin region, deep sea sediments, ODP leg125 and 126, dinoflagellate cysts, Quaternary.

## 1 - INTRODUCTION

Au sein du phytoplancton océanique, la composition spécifique des assemblages de dinoflagellés dépend de la température, de la salinité et de la qualité nutritive des eaux de surface. Des kystes à paroi organique (les plus étudiés) ou à paroi minérale sont produits au cours du cycle de développement des dinoflagellés et sont fossilisés dans les sédiments océaniques. Les assemblages de kystes sont composés des mêmes espèces dans l'Atlantique-nord, de la mer du Labrador au golfe de Mexico et

au golfe de Guinée (*cf.* synthèse *in*: de Vernal *et al.*, 1992) et dans le Pacifique-nord, (Bujak, 1984; Jarvis & Tocher, 1984; Matsuoka, 1985, 1987, 1992; Marret *et al.*, 2001; Shaozhi & Harland, 1993; Zhao & Morzadec-Kerfourn, 1992a et b, 1994). Les assemblages sont interprétés comme l'image des caractéristiques des eaux de surface (Wall *et al.*, 1977; Turon, 1979; Harland, 1983; Edwards & Andrieu, 1992; De Vernal *et al.*, 1998; Marret & Zonneveld, 2003). Cependant cette approche demeure partielle du point de vue biologique (biodiversité, productivité...) car seule une partie des dinoflagellés

<sup>1</sup> yzhaowell@hotmai.com

<sup>2</sup> marie-therese.morzadec@wanadoo.fr

planctoniques produit un kyste fossilisable. De plus les kystes étant benthiques, ils se comportent comme des particules sédimentaires et sont soumis aux processus géologiques (transport, remaniement, altération...) qui affectent la sédimentation marine profonde notamment dans les ensembles deltaïques profonds (Wall *et al.*, 1977; Morzadec-Kerfourn, 1992, 2001; Dale, 1996). Dans les sédiments quaternaires, il est donc parfois difficile de séparer, ce qui, dans la représentation des kystes de dinoflagellés, dépend des processus biologiques ou des processus géologiques. Chaque sondage est souvent un cas particulier.

Cette étude porte sur des sédiments provenant des latitudes moyennes du nord-Pacifique où les travaux concernant les kystes de dinoflagellés quaternaires sont encore peu nombreux. Les échantillons ont été prélevés dans deux sondages réalisés dans le cadre du programme international de forages océaniques (ODP), au sud du Japon, dans la région Izu-Bonin, près du 30° parallèle nord. Les sites, pour lesquels des données magnétostratigraphiques et sédimentologiques étaient disponibles, sont situés en zone profonde, à forte activité volcanique et à faible apport sédimentaire continental. L'analyse des kystes de dinoflagellés, associée à celle des microfossiles à membrane organique conservés, a été réalisée sur l'ensemble de la séquence quaternaire (Zhao, 1993).

## 2 - CADRE GÉOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE

La région Izu-Bonin-Mariannes est faite d'une série complexe d'arcs et de bassins formés au début de l'Eocène moyen. Les sédiments quaternaires ont été prélevés dans deux sondages réalisés au nord de la région Izu-Bonin: le site 782A (Leg 125, 30° 51,66'N - 141° 18,85'E), à 2958,6 m de profondeur sur la ride externe de la région avant-arc, dominant la fosse à 70 km à l'ouest de l'axe de celle-ci, et le site 791B (Leg 126, 30°54,98' -

139°52,19'E), à 2268,5 m dans l'axe du rift intra-arc, sur le bord ouest du demi-graben du rift oriental. Ces deux sites sont actuellement séparés par une branche du courant Kuroshio (fig. 1 & 2).

Sur le bord externe (site 782A), les sédiments quaternaires sont composés de 49 m de silts argileux calcaires, homogènes à nanfossiles (Fryer *et al.*, 1990, 1992). Dans l'axe du rift intra-arc (site 791B), la sédimentation est constituée, de la surface à 428,4 m, de graviers et sables de ponces volcaniques et au-dessous jusqu'à 829,6 m, sans être complètement homogène, d'argiles carbonatées riches en nanfossiles (Taylor *et al.*, 1990).

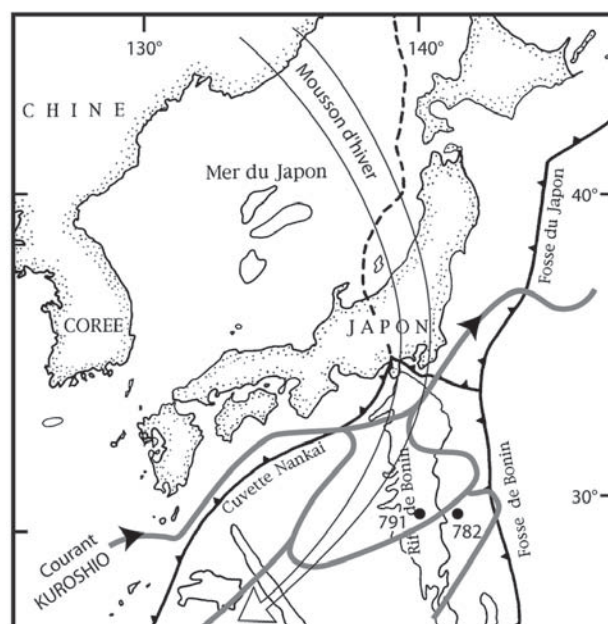


Fig. 1 : Carte de localisation des sondages 782A, leg 125 et 791B, leg 126 dans la région Izu-Bonin. Indications de la structure géologique, de l'orientation actuelle du courant marin principal et de la direction de la mousson d'hiver d'après Matsuoka (1992) et Zhao (1993).

Fig. 1: Location map of the 782A, leg 125 and 791B, leg 126 cores in the Izu-Bonin region. Indications of the geological structure, the modern current system and the winter monsoon, after Matsuoka (1992) and Zhao (1993).

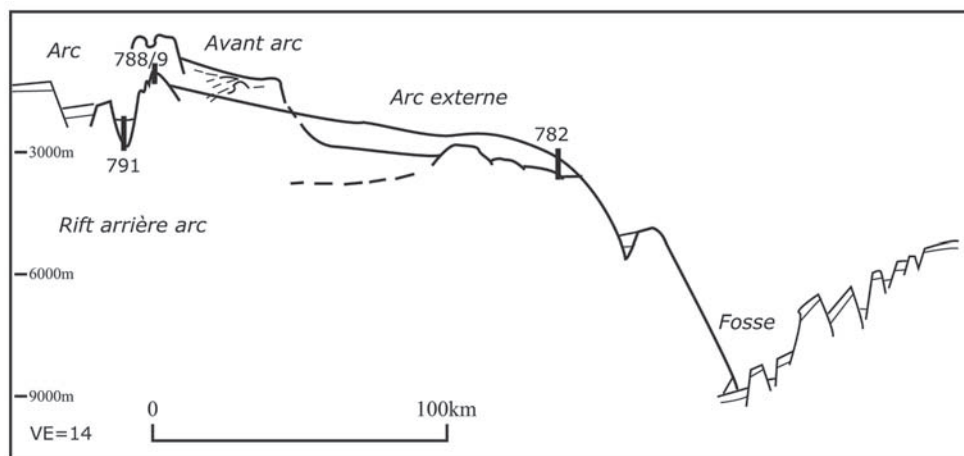


Fig. 2 : Profil bathymétrique schématique de la région Izu-Bonin montrant la localisation des sondages (VE = exagération de l'échelle) d'après Taylor *et al.* (1990).

Fig. 2: Schematic cross section of the Izu-Bonin region, showing locations of the drilling sites of Legs 125 and 126. VE = vertical exaggeration, after Taylor *et al.*, (1990).

La chronostratigraphie de la succession sédimentaire (cf. fig 3 & 4) a été établie à partir des données paléomagnétiques. Dans le sondage 782A, le changement de polarité Brunhes/Matuyama a été identifié dans la section 3H-4 à 24,8 m, le sommet de Jaramillo dans 3H-7 à 29,1 m, sa base dans 4H-4 à 34,6 m et le sommet d'Olduvai dans la section 5H-7 à 47,8 m (Ali *et al.*, 1992). Pour le sondage 791B, la limite Brunhes/ Matuyama se trouve dans la section 38R-4 entre 747,8 et 752,2 m, le sommet de Jaramillo dans 43R-CC, 44R-1 entre 792,6 et 807,6 m et sa base dans 46R-1 entre 820,8 et 827,6 m (Taylor *et al.*, 1990). La dernière occurrence (LO) de *Pseudoemiliana lacunosa* qui représente un repère biostratigraphique daté de 0,46 Ma, se trouve à 13,1 m (2H-3) en 782A (Ciampo, 1992) et entre 652,5 et 666,0 m (28R, CC-29R, CC) en 791B (Taylor *et al.*, 1990). La concentration en carbonate des sédiments, pour une même période, est plus élevée dans le sondage 782A (moyenne 33,35 %) que dans le sondage 791B (moyenne 29,6 %) (Fryer *et al.*, 1990). Les âges déduits des analyses paléomagnétiques ont permis d'estimer les taux de sédimentation (tab. 1) qui sont entre 0,91 Ma et 0,27 Ma, de 0,034 mm par an pour le site 782A et de 0,40 mm par an pour le site 791B. Ces valeurs sont indicatives car les retombées volcaniques sous-marines dans la région influent irrégulièrement sur les taux de sédimentation. La nette différence observée dans les taux de sédimentation et de concentration en carbonate des deux sites serait due à une plus forte influence de la subsidence et des apports volcaniques dans le bassin intra-arc (site 791B).

### 3 - MICROFOSSILES À MEMBRANE ORGANIQUE DANS LES SÉDIMENTS DES SITES 782A ET 791B

Les prélèvements pour l'étude des microfossiles à membrane organique ont été effectués avec un intervalle régulier de 1 m, parfois de 0,50 m, dans les carottes du site 782A et un intervalle de 10 m dans les carottes du site 791B. L'échantillon d'1 cm d'épaisseur représente 8 cm<sup>3</sup> de sédiment et correspond, en moyenne, à une sédimentation de 360 ans pour le site 782A et de 25 ans pour le site 791B. Les microfossiles ont été isolés de la matière minérale carbonatée et siliceuse par traitement chimique à HCl 10 % et HF 40 %, rinçage au bain-marie à HCl 10 % et NaOH 10 %. Il a été précédé par un tamisage à 250 µm et terminé par un tamisage à 20 µm, éliminant les particules fines.

Dans le contenu palynologique, des éléments allochtones transportés du continent par le vent ou les courants : grains de pollen de gymnospermes et d'angiospermes, spores de fougères, algues d'eau douce, s'ajoutent aux éléments autochtones issus du plancton et du benthos : membranes basales de foraminifères et kystes de dinoflagellés (fig. 3 & 4). Seule la représentation relative de l'ensemble de ces microfossiles a été analysée, les variations de taux de sédimentation, liées aux apports volcaniques, ne permettant pas une étude quantitative significative.

Près de cinquante espèces de kystes de dinoflagellés, en majorité de type gonyaulacoïde, ont été recensées dans les sédiments (Zhao, 1993) (fig. 3 & 4). Le genre *Impagidinium* (Stover & Evitt, 1978) (fig. 5 & 6) dont la distribution actuelle correspond au domaine océanique, est le mieux représenté. Trois espèces du genre *Impagidinium* décrites dans le golfe du Mexique : *Impagidinium sp. C* et *I. sp. D* (Wrenn & Kokinos, 1986), *I. plicatum* (Versteegh & Zevenboom, 1995) (= *I. sp. B*, Wrenn & Kokinos, 1986) ont été trouvées dans le domaine subtropical de la mer du Japon. Deux nouvelles espèces ont été définies : *Pentadinium netangei* (Zhao & Morzadec-Kerfourn, 1994), localisée en dessous de la limite Brunhes/Matuyama, et *Spiniferites pacificus* (Zhao & Morzadec-Kerfourn, 1994) (fig. 6 & 7). Des espèces prépléistocènes, telles *Achomosphaera callosa* (Matsuoka, 1983), *Cannosphaeropsis utinensis* (Wetzel, 1932), *I. japonicum* (Matsuoka, 1983), *I. velorum* (Bujak, 1984), sont présentes de manière ponctuelle à tous les niveaux dans les sondages, témoignant d'un faible remaniement de sédiments marins antérieurs. La représentation des kystes d'origine littorale tels *Lingulodinium machaerophorum* (Deflandre & Cookson, 1955) et *Tuberculodinium vancampoae* (Rossignol, 1962) est peu importante et montre la faiblesse de l'apport en provenance de la zone littorale. La rareté des kystes de type péridinoïde est à souligner mais il est possible que le traitement des échantillons ait favorisé la représentation des kystes gonyaulacoïdes, plus résistants.

#### 3.1 - KYSTES DE DINOFLAGELLÉS, MARQUEURS DES VARIATIONS DE L'ENVIRONNEMENT MARIN

Parmi les kystes rencontrés dans les sédiments marins récents, ceux de type gonyaulacoïde, produits par des dinoflagellés autotrophes, sont majoritaires suivis par les péridinoïdes, issus de dinoflagellés hétérotrophes

Age (Ma)	1,79-0,98	0,98-0,91	0,91-0,78	0,78-0,40	0,40-0,27	0,27-0,13
782A	0,016	0,75	0,034	0,030	0,024	0,045
791B			0,40	0,35	0,487	

Tab. 1 : Taux de sédimentation (mm/an) déterminés à partir des zones de nannofossiles calcaires et des événements paléomagnétiques d'après Fryer *et al.* (1990) dans le sondage 782A et d'après Taylor *et al.* (1990) dans le sondage 791B.

Tab. 1: Sedimentation rate (mm/year) for site 782A based on calcareous nannofossil zones after Fryer *et al.* (1990) and for site 791B based on calcareous nannofossil and radiolarian datums and paleomagnetic events after Taylor *et al.* (1990).

Leg 125  
Site 782 A  
Izu - Bonin region

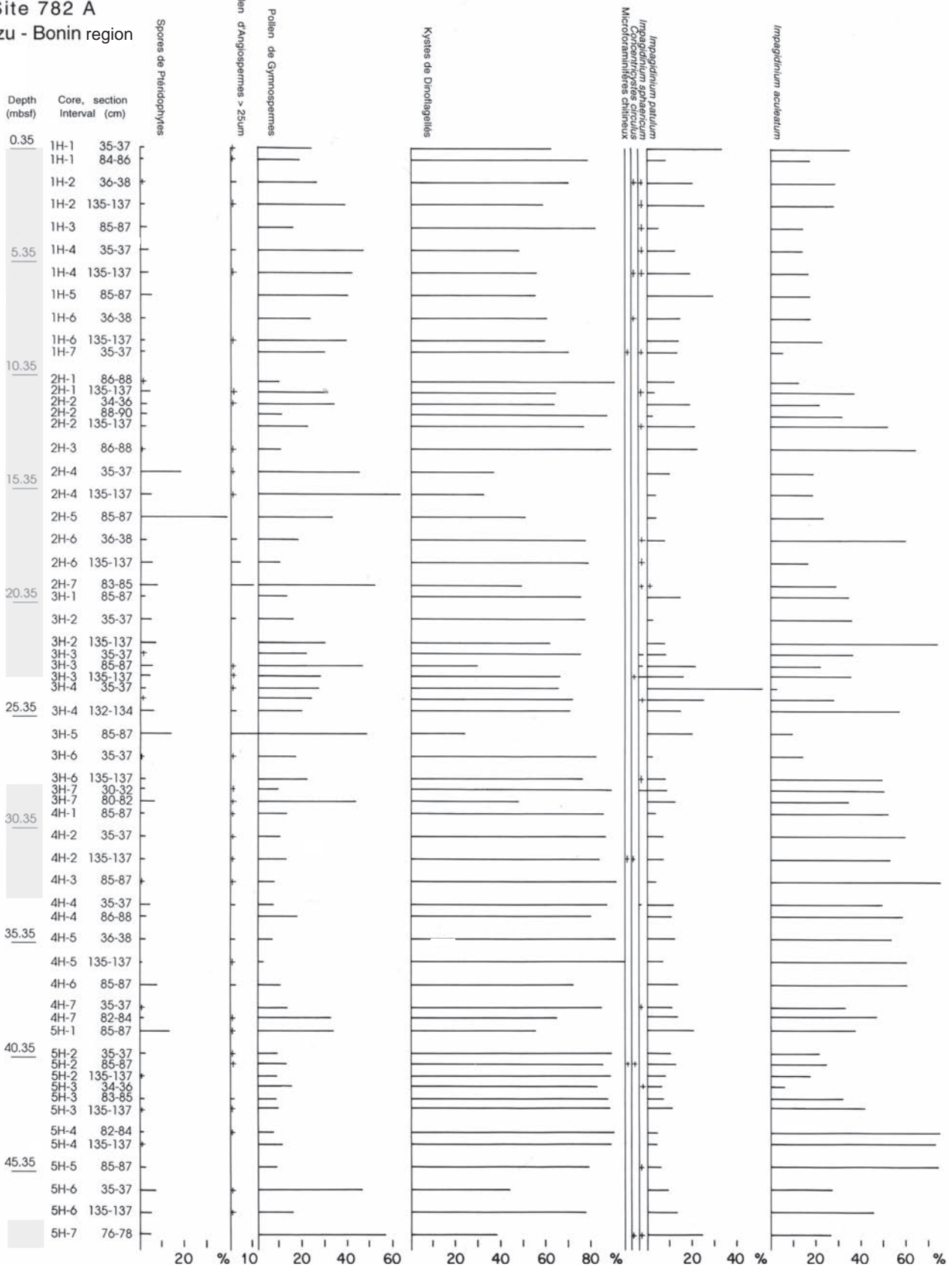
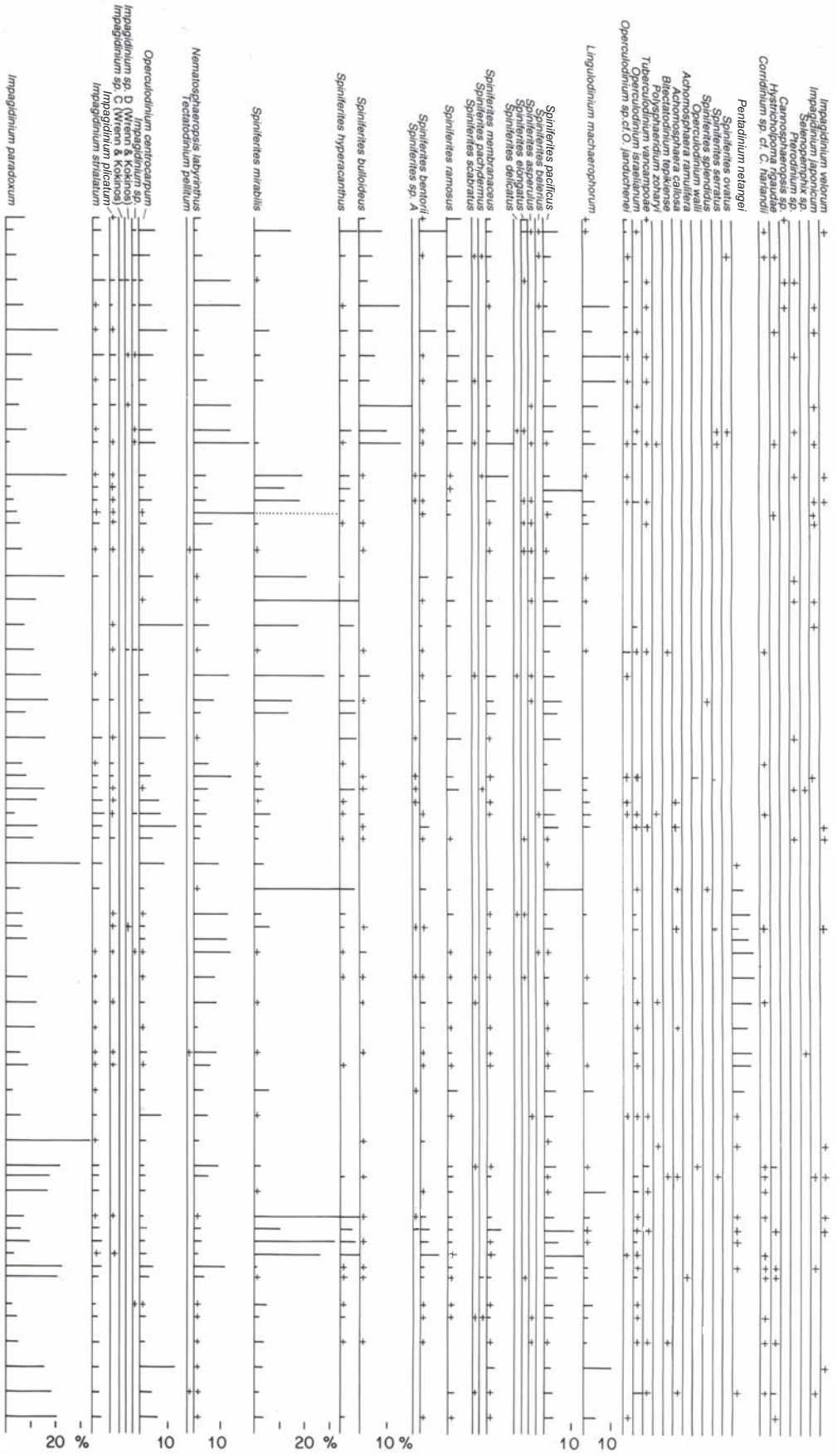


Fig. 3: Sondage 782A, leg 125 – Chronostratigraphie d'après Ali *et al.* (1992) & Ciampo (1992). Diagramme de répartition des spores de ptéridophytes, des grains de pollen d'angiospermes, de gymnospermes, des kystes de dinoflagellés, des microforaminifères et de *Concentricystes circularis* par rapport au total du contenu palynologique et diagramme de répartition des différents kystes de dinoflagellés par rapport au total des kystes comptés d'après Zhao (1993).

Fig. 3: Core 782A, leg 125 – Distribution of the pteridophyte spores, angiosperm and gymnosperm pollen grains, dinoflagellate cysts, microforaminiferal linings and *Concentricystes circularis* with respect to total palynological content and distribution of the different dinoflagellate cysts with respect to the total dinoflagellate cysts after Zhao (1993). Chronostratigraphy after Ali *et al.* (1992) & Ciampo (1992).



Leg 126  
Site 791 B  
Izu - Bonin region

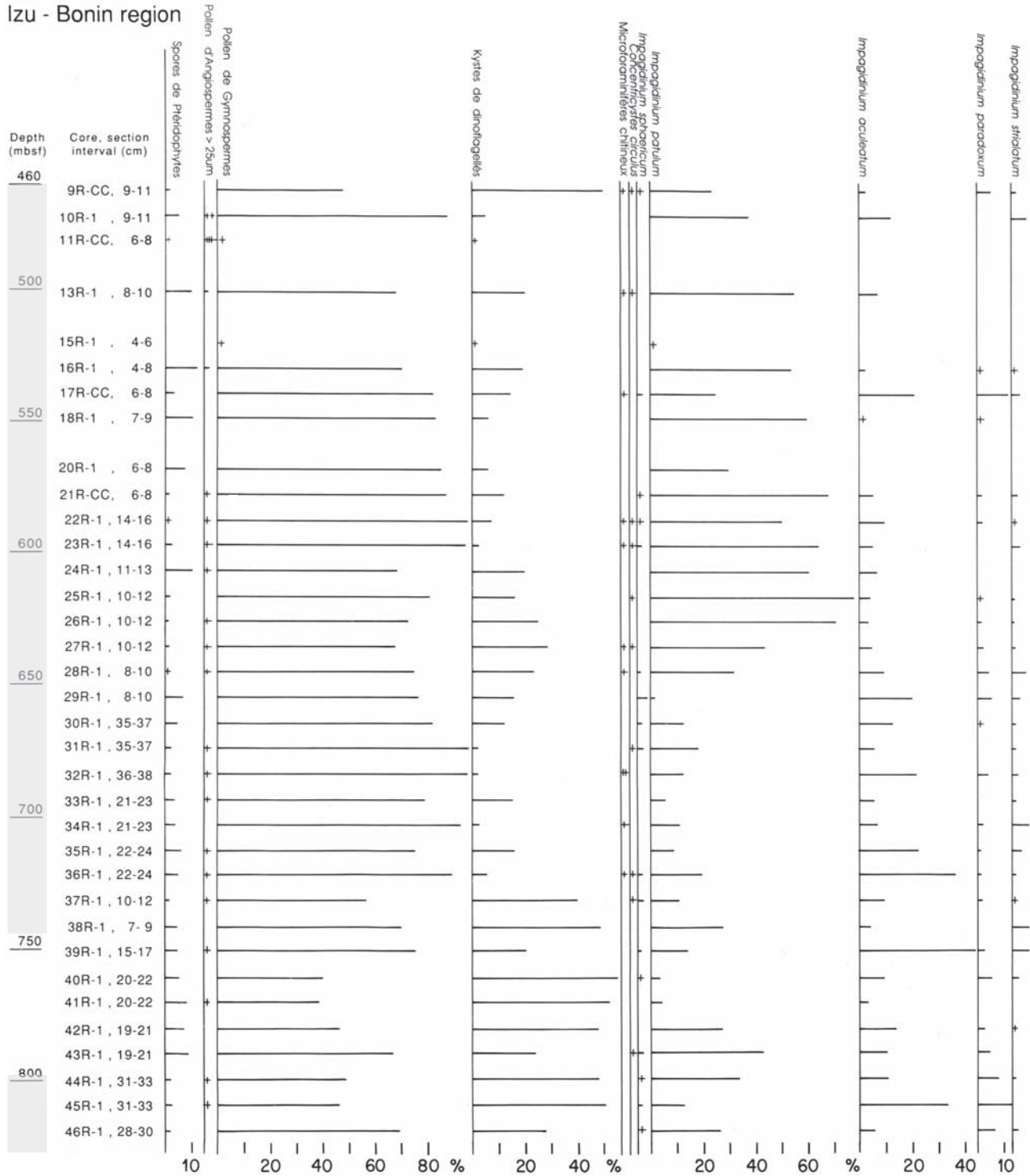
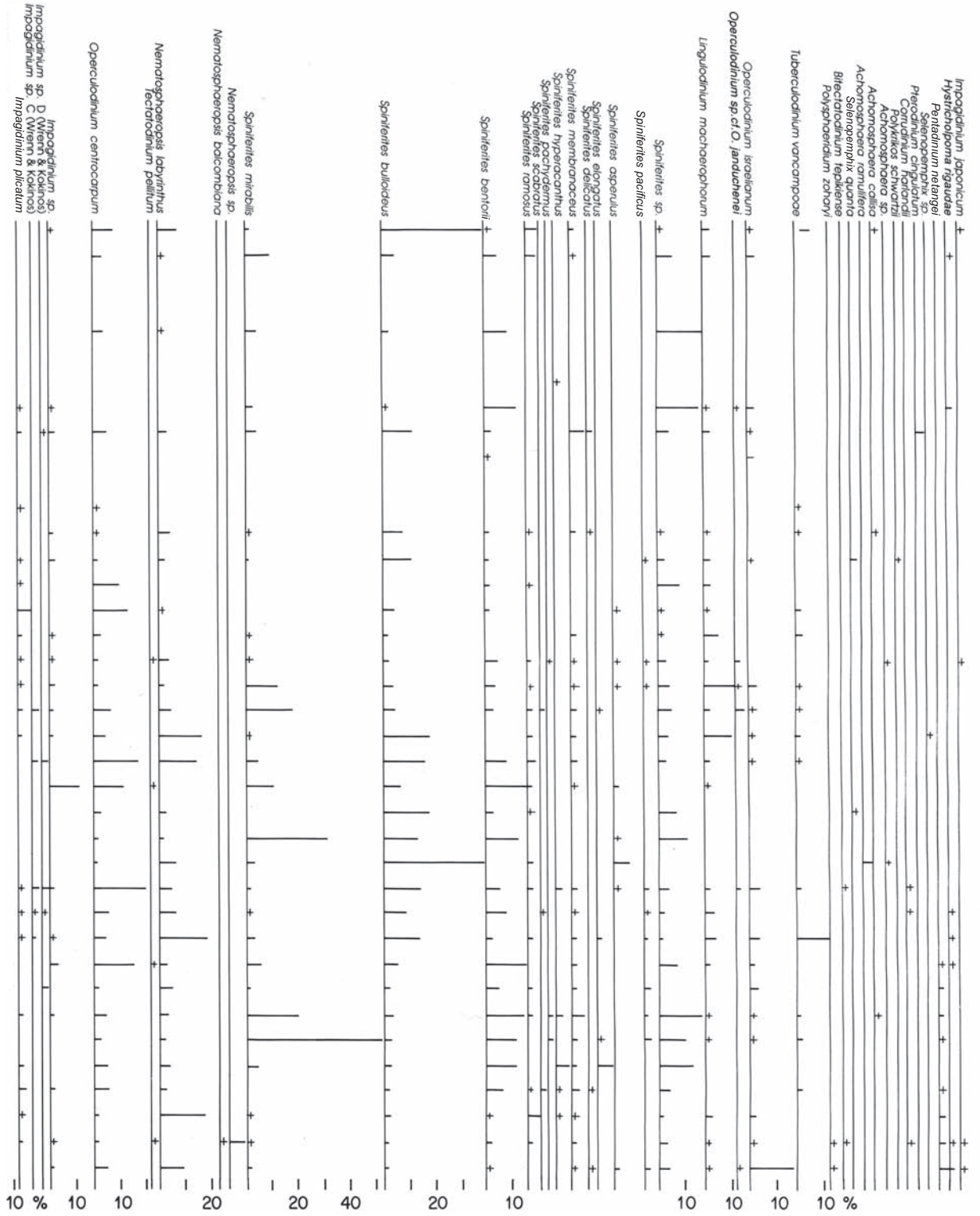
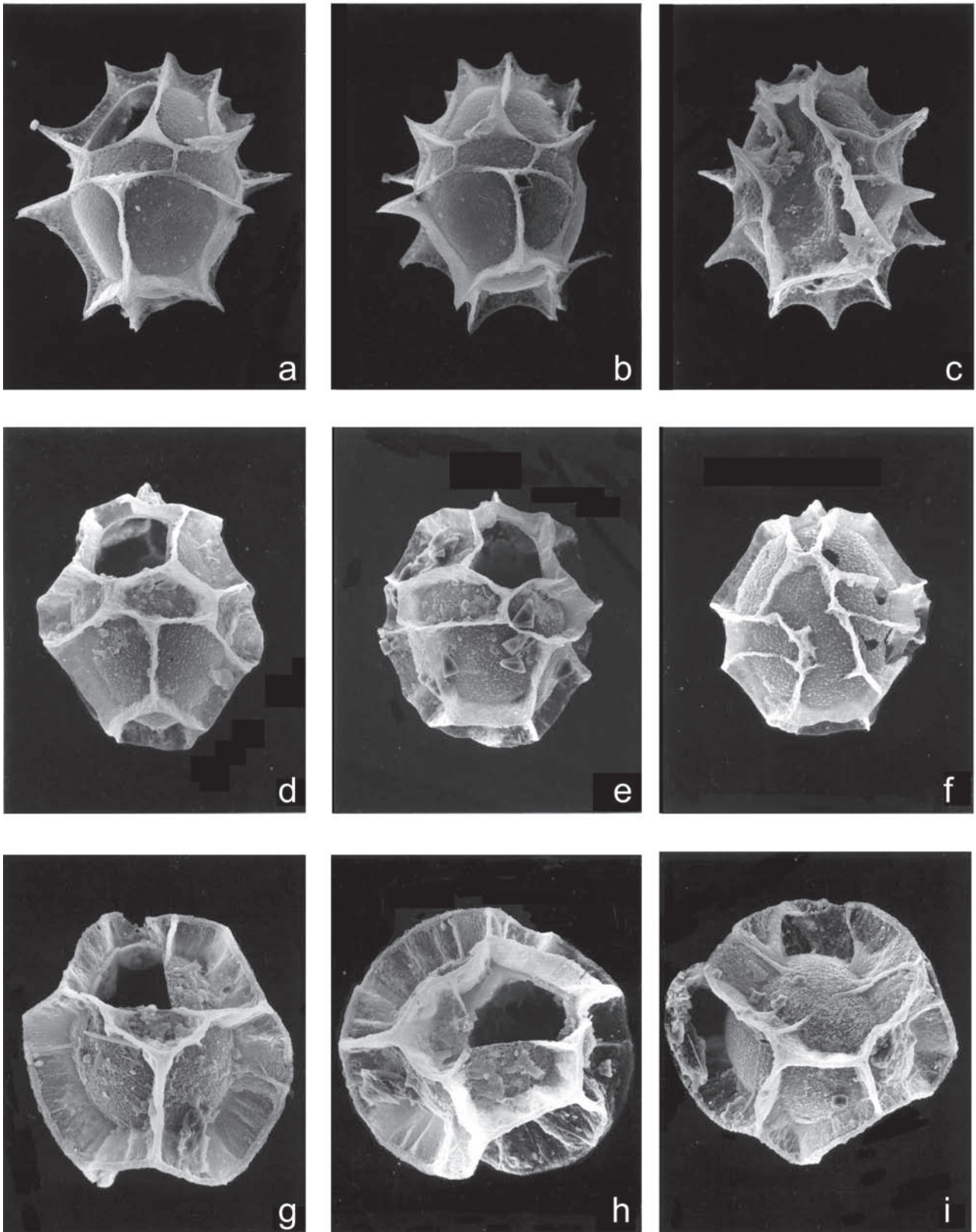


Fig. 4: Sondage 791B, leg 126 – Chronostratigraphie d'après Taylor *et al.* (1990). Diagramme de répartition des spores de ptéridophytes, des grains de pollen d'angiospermes, de gymnospermes, des kystes de dinoflagellés, des microforaminifères et de *Concentricystes circulus* par rapport au total du contenu palynologique et diagramme de répartition des différents kystes de dinoflagellés par rapport au total des kystes comptés d'après Zhao (1993).

Fig. 4: Core 791B, leg 126 – Distribution of the pteridophyte spores, angiosperm and gymnosperm pollen grains, dinoflagellate cysts, microforaminiferal linings and *Concentricystes circulus* with respect to total palynological content and distribution of the different dinoflagellate cysts with respect to the total dinoflagellate cysts after Zhao (1993). Chronostratigraphy after Taylor *et al.* (1990).







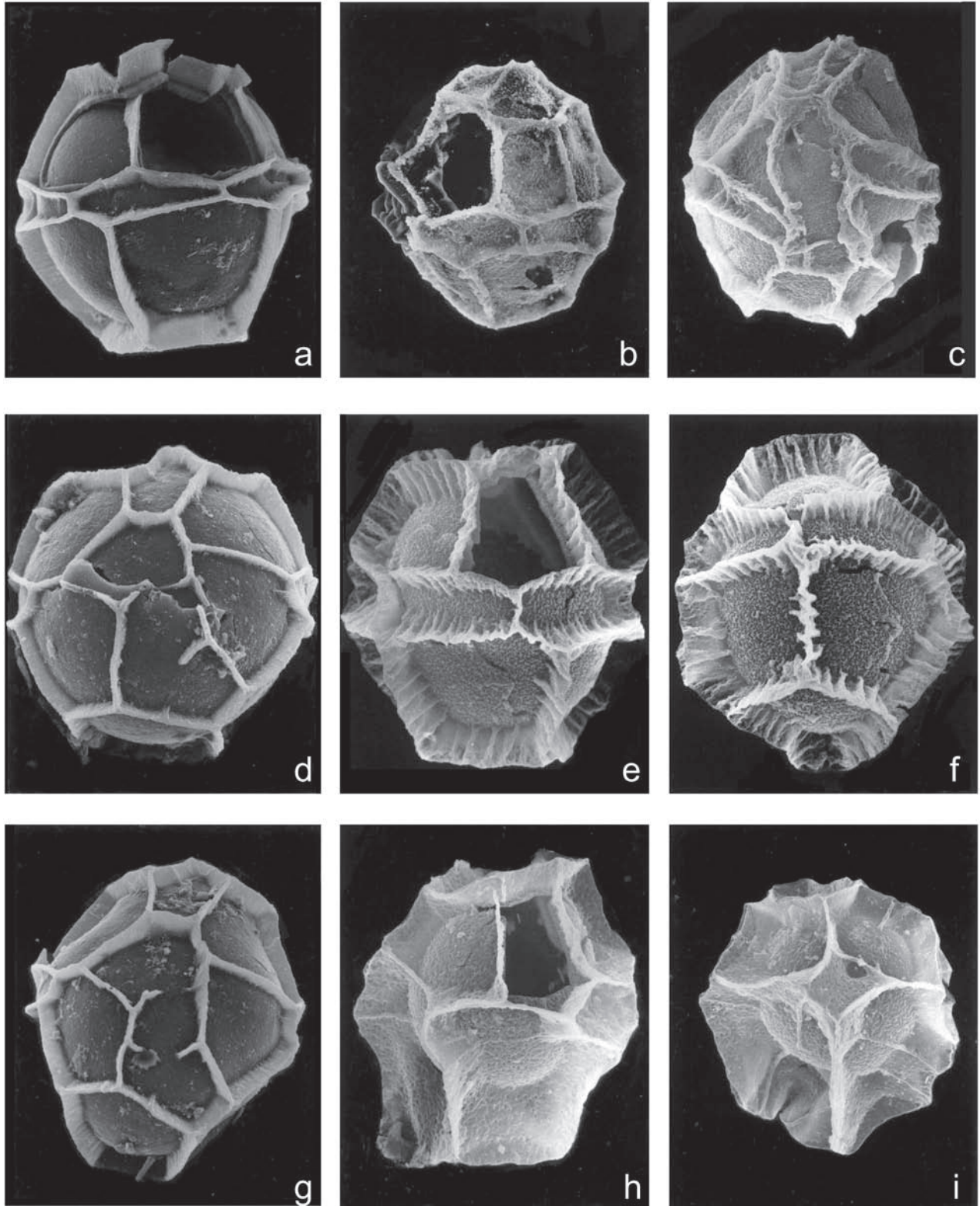
**Fig. 5 : Tous les kystes proviennent des sédiments du site 782A, leg 125.**

*Impagidinium aculeatum* (WALL 1967) STOVER & EVITT 1978. a - vue latéro-dorsale, b - vue latérale (x 1300), échantillon 2H-1,35-37 cm, 10,15 m; c - vue ventrale (x 1300), échantillon 5H-2,85-87 cm, 40,65 m.

*Impagidinium paradoxum* (WALL 1967) STOVER & EVITT 1978. d - vue dorsale, e - vue latéro-dorsale (x 1300), échantillon 5H-2,85-87 cm, 40,65 m; f - vue ventrale (x 1300), échantillon 5H-4,35-37 cm, 43,15 m.

*Impagidinium striolatum* (WALL 1967) STOVER & EVITT 1978. g et h - vues dorsales (x 1300), échantillon 1H-2,85-87 cm, 2,35 m; i - vue ventrale (x 1300), échantillon 5H-2,85-87 cm, 40,65 m.

Fig. 5: All the cysts come from sediments of the site 782A, leg 125.



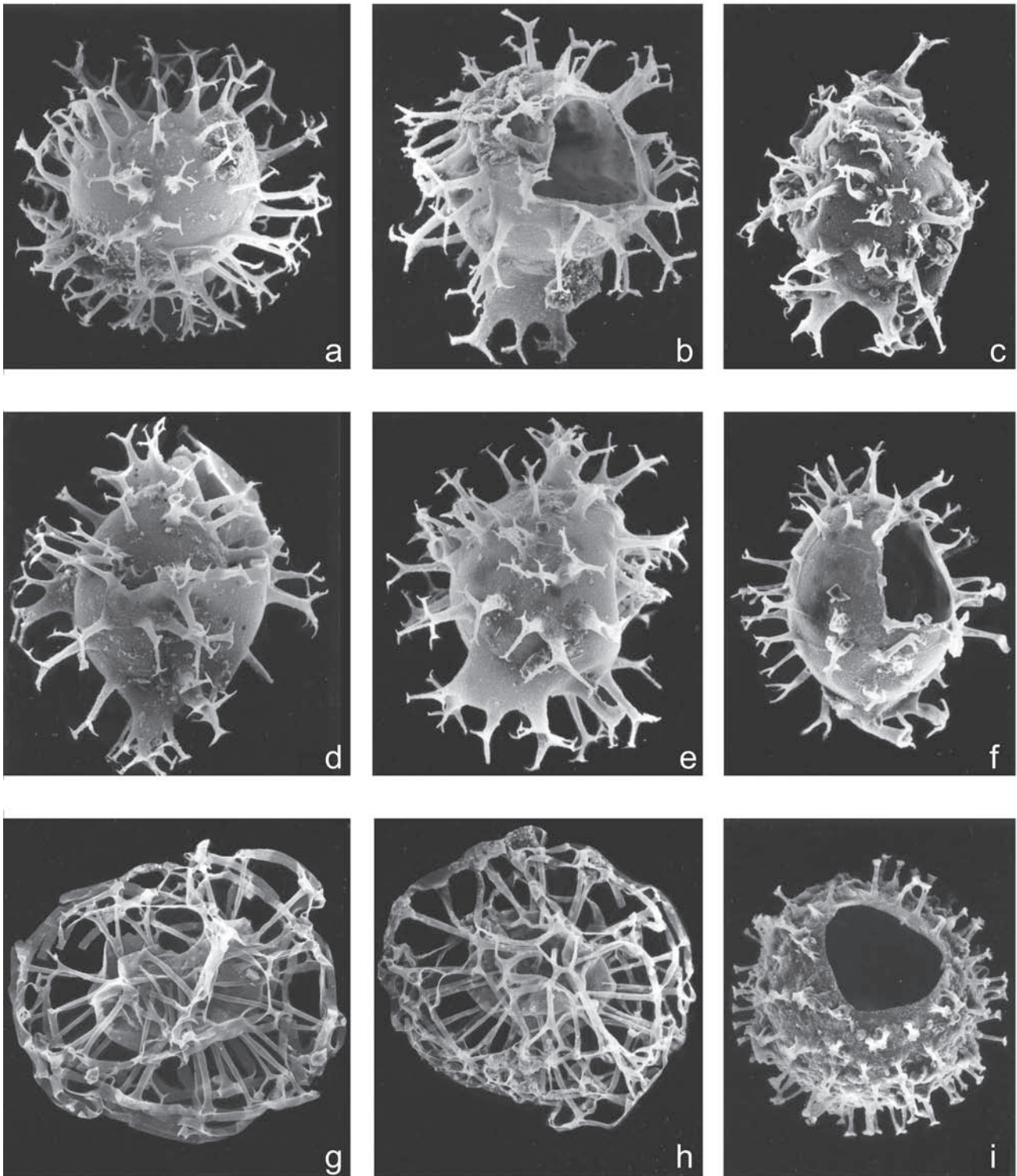
**Fig. 6:** Tous les kystes proviennent des sédiments du site 782A, leg 125. *Impagidinium patulum* (WALL, 1967) STOVER & EVITT, 1978. a - vue dorsale (x 1000), échantillon 2H-1,35-37 cm, 10,15 m; d - vue ventrale (x 1300), échantillon 4H-2,85-87 cm, 31,15 m; g - vue ventrale (x 1000), échantillon 1H-2,85-87 cm, 2,35m.

*Impagidinium sphaericum* (WALL 1967) STOVER & EVITT 1978. b - vue latérale (x 2000), échantillon 1H-1,35-37 cm, 0,35 m; c - vue ventrale (x1300), échantillon 5H-4,35-37 cm, 43,15 m.

*Impagidinium plicatum* VERSTEEGH & ZEVENBOOM 1995. e - vue dorsale (x 2000), f - vue latérale (x 2000), échantillon 2H-1,35-37 cm, 10,15 m.

*Pentadinium netangei* ZHAO & MORZADEC-KERFOURN 1994. h - vue dorsale (x1300), i - vue apicale (x 1300), échantillon 5H-4,35-37 cm, 43,15 m.

Fig. 6: All the cysts come from sediments of the site 782A, leg 125.



**Fig. 7:** Tous les kystes proviennent des sédiments du site 782A, leg 125.

*Spiniferites hyperacanthus* (DEFLANDRE & COOKSON 1955) COOKSON & EISENACK 1974. a – vue apicale (x 900), échantillon 5H-3,34-35 cm, 41,64 m.

*Spiniferites mirabilis* (ROSSIGNOL 1964) SARJEANT 1970. a – vue dorsale (x 900), échantillon 2H-1, 135-137 cm, 11,15 m; e – vue ventrale (x 1000), échantillon 5H-2,85-87 cm, 40,65 m.

*Spiniferites pacificus* ZHAO & MORZADEC-KERFOURN 1994. c – vue ventrale (x1000), échantillon 5H-2,85-87 cm, 40,65 m; f – vue latérale (x1000), échantillon 2H-1,135-137cm, 11,15 m.

*Spiniferites splendidus* HARLAND 1979. d – vue latérale (x860); échantillon 5H-2,85-87 cm, 40,65 m.

*Nematosphaeropsis labyrinthus* (OSTENFELD 1903) REID 1974. g – orientation indéterminé (x 1300), échantillon 5H-4,35-37 cm, 43,15 m; h – orientation indéterminée (x 1000), échantillon 5H-4,35-37 cm, 43,15 m.

*Operculodinium centrocarpum* (DEFLANDRE & COOKSON 1955) WALL 1967. i - vue dorsale (x1300), échantillon 2H-1,135-137 cm, 11,15 m.

Fig. 7: All the cysts come from sediments of the site 782A, leg 125.

(Marret & Zonneveld, 2003). Du fait de la faible représentation des kystes péridinoïdes dans les deux sondages, la représentation des kystes produits par les dinoflagellés autotrophes a été privilégiée. Pour interpréter les changements de l'environnement, il est possible d'aborder séparément l'étude des deux groupes de dinoflagellés dont les modes d'alimentation sont distincts. Les indications qu'apportent les dinoflagellés autotrophes et donc leurs kystes sont précises concernant la salinité et la température des eaux de surface. Les dinoflagellés hétérotrophes, produisant des kystes tels *Brigantedinium*, supportent de plus larges variations de ces deux facteurs et sont plus dépendants de la nature des nutriments (Marret & Zonneveld, 2003).

Toutes les études ont montré que les exigences des dinoflagellés, vis-à-vis de la température des eaux de surface, sont spécifiques et que les assemblages de kystes de dinoflagellés conservés dans les sédiments quaternaires constituent un bon enregistrement des variations de température des eaux de surface. Le problème est de transcrire ces exigences environnementales en données susceptibles d'être comparées aux données fournies par les foraminifères ou par les isotopes. La température n'est pas l'unique facteur déterminant le développement optimal du microplancton, mais dans le domaine océanique il est le plus facile à aborder par le biais du paramètre latitudinal. Pour obtenir une valeur chiffrée allant dans le sens des changements de température, nous avons utilisé un rapport basé sur la représentation de deux ensembles de kystes à répartition océanique. Les espèces dont les centres de dispersion – c'est-à-dire les lieux où elles atteignent leur pourcentage relatif maximal – se situent au nord de la latitude du point de sondage, sont considérées comme tempérées à tendance froide (TF), et celles dont les centres de distribution se trouvent au sud comme tempérées à tendance chaude (TC). Les cartes de répartition proposées par Wall *et al.* (1977), Turon (1980) et Harland (1983), et la récente synthèse, plus complète présentée par Marret & Zonneveld (2003), sont utilisées pour établir cette sélection. Les variations du rapport entre les pourcentages relatifs de ces deux ensembles (TC/TF) indiquent les tendances évolutives du climat vers un réchauffement ou un refroidissement. Un rapport TC/TF établi de cette manière, a permis de mettre en évidence des oscillations climatiques comparables à celles de l'enregistrement isotopique dans les sédiments océaniques au large de la Guinée (Vergnaud-Grazzini, 1986 ; Morzadec-Kerfourn, 1992, 2001).

La région Izu-Bonin se trouve près du 30° parallèle Nord, en climat subtropical humide soumis au régime de mousson. La température des eaux de surface dépasse 28°C pendant l'été et atteint 20°C pendant l'hiver. La position latitudinale des sondages a été le critère fondamental pour définir la composition spécifique des ensembles. Le rapport TC/TF est basé sur les espèces du genre *Impagidinium* considérées comme tempérées à tendance chaude: *I. aculeatum* (Wall, 1967), *I. patulum* (Wall, 1967), *I. paradoxum* (Wall, 1967), *I. striatum* (Wall, 1967), à l'exclusion de *I. sphaericum* (Wall, 1967) dont la répartition actuelle indique une forme adaptée

aux basses températures (fig. 5 & 6). Les espèces tempérées à tendance froide, retenues comprennent: *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre & Cookson, 1955) dont le centre de dispersion se situe en zones polaire, subpolaire et tempérée, *Nematosphaeropsis labyrinthus* (Ostenfeld, 1903) qui présente un centre de dispersion en zones polaire et tempérée et *Spiniferites mirabilis* (Rossignol, 1964) (fig. 7), essentiellement répandue en zone tempérée et qui peut descendre au sud de la limite des zones tempérée et subtropicale; son maximum d'abondance relative correspondant à des températures estivales d'eau de surface comprises entre 16 et 19°C (Edwards & Andrieu, 1992).

Afin d'avoir une approche différente des résultats, l'indice préconisé par Edwards (1992) à partir d'espèces du genre *Impagidinium* qui représentent plus de 50 % du total des kystes en Atlantique-nord entre le 40° et le 20° parallèle (Harland, 1983), a été calculé. L'"*Impagidinium* index" est établi comme suit:  $100 \times \text{nombre d'exemplaires de } I. \text{ aculeatum} + I. \text{ striatum} / \text{total des exemplaires de } I. \text{ aculeatum}$ . Un indice supérieur à 40 correspondrait à une température des eaux de surface au moins égale à 10-13°C en hiver.

Les assemblages de kystes de dinoflagellés définis à partir du rapport TC/TF sont numérotés de bas en haut et précédés du sigle DF (DinoFlagellés) (fig. 8 & 9). Pour le sondage 782A, le rapport TC/TF varie de 0,6 à 31,6 avec une moyenne de 6,9 et pour le sondage 791B de 0,1 à 33,2 avec une moyenne de 6,2. Les assemblages pour lesquels le rapport est égal ou supérieur à la moyenne sont considérés comme les plus chauds. Le calage dans le temps est fait à l'aide du paléomagnétisme. En se basant sur la position de la limite Brunhes/Matuyama, du sommet et de la base de Jaramillo, il est possible d'établir un parallèle entre les assemblages reconnus dans les sédiments des sites 782A et 791B.

### 3.2 - ASSEMBLAGES DE KYSTES DE DINOFLAGELLÉS DANS LES SÉDIMENTS QUATERNAIRES DE LA RÉGION IZU-BONIN

Du sommet d'Olduvai à la base de Jaramillo (DF1 à DF6, site 782A), six assemblages ayant une caractéristique climatique différente sont identifiables (fig. 8).

– Les assemblages DF1 et DF2 sont marqués par le développement des espèces du genre *Impagidinium*. Parmi celles-ci, *I. aculeatum* est dominant sauf au début de DF1 (TC/TF = 11,2) où *I. patulum* atteint des pourcentages qui lui sont comparables. L'assemblage DF2 (TC/TF = 1,9) se caractérise par une diminution de la représentation de *I. aculeatum* et *I. patulum* et se définit essentiellement par la présence de *O. centrocarpum*.

– Dans l'assemblage DF3 (TC/TF = 17,6), *I. aculeatum* atteint des valeurs très élevées et le taux de *I. patulum* est en forte baisse.

– A l'assemblage DF4 (TC/TF = 0,6), est associée une diminution drastique des espèces du genre *Impagidinium* qui représentent moins de 20 % du total des kystes. *S. mirabilis* atteint des valeurs supérieures à celle du genre *Impagidinium*.

## LEG 125, Site 782A, Izu - Bonin

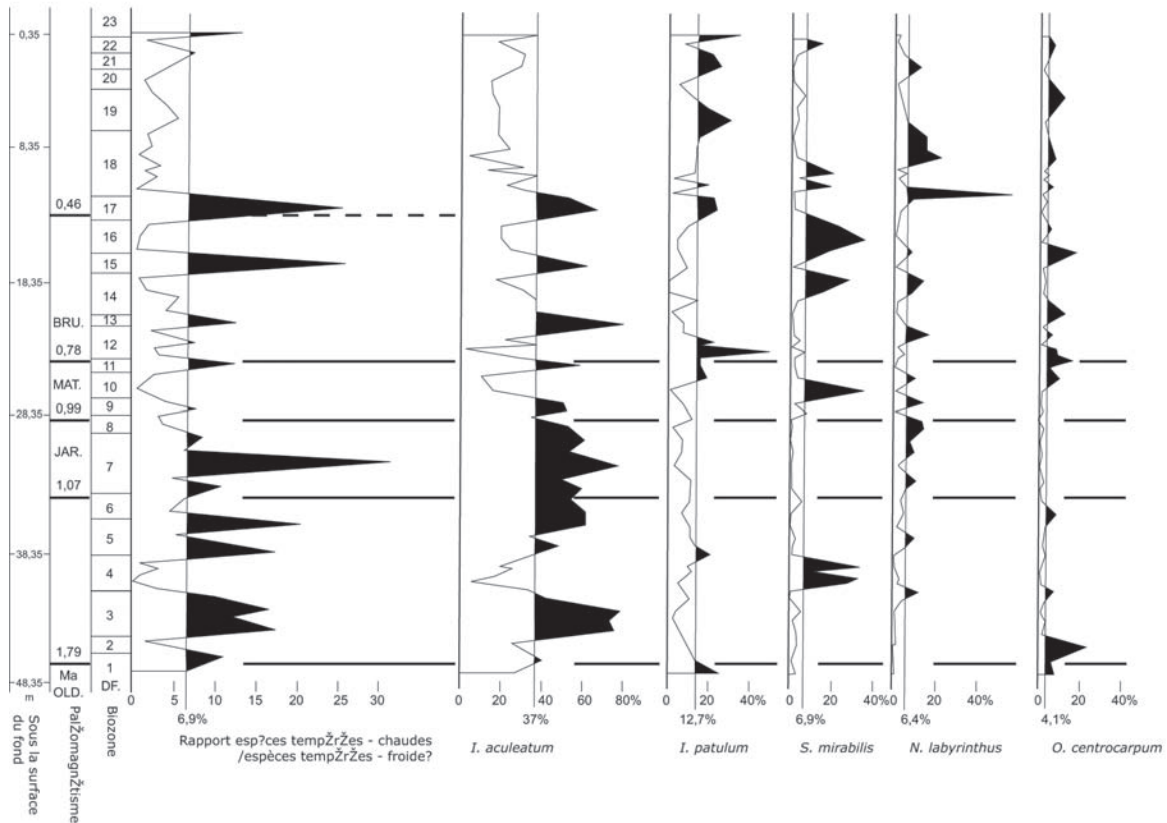


Fig. 8: Sondage 782A, leg 125. Variations du rapport espèces tempérées-chaudes / espèces tempérées-froides, et répartition des dinoflagellés indicateurs climatiques: *I. aculeatum*, *I. patulum*, *S. mirabilis*, *N. labyrinthus*, *O. centrocarpum*. La chronologie est établie à partir du paléomagnétisme, d'après Ali *et al.* (1992) et des nanfossiles d'après Ciampo (1992).

Fig. 8: Core 782A, leg 125. Variations of the ratio temperate-cold species / temperate-warm species and distribution of the climatic markers: *I. aculeatum*, *I. patulum*, *S. mirabilis*, *N. labyrinthus*, *O. centrocarpum*. The chronology is established from paleomagnetic events after Ali *et al.* (1992) and calcareous nanfossil zones after Ciampo (1992).

## LEG 126, Site 791 B, Izu - Bonin

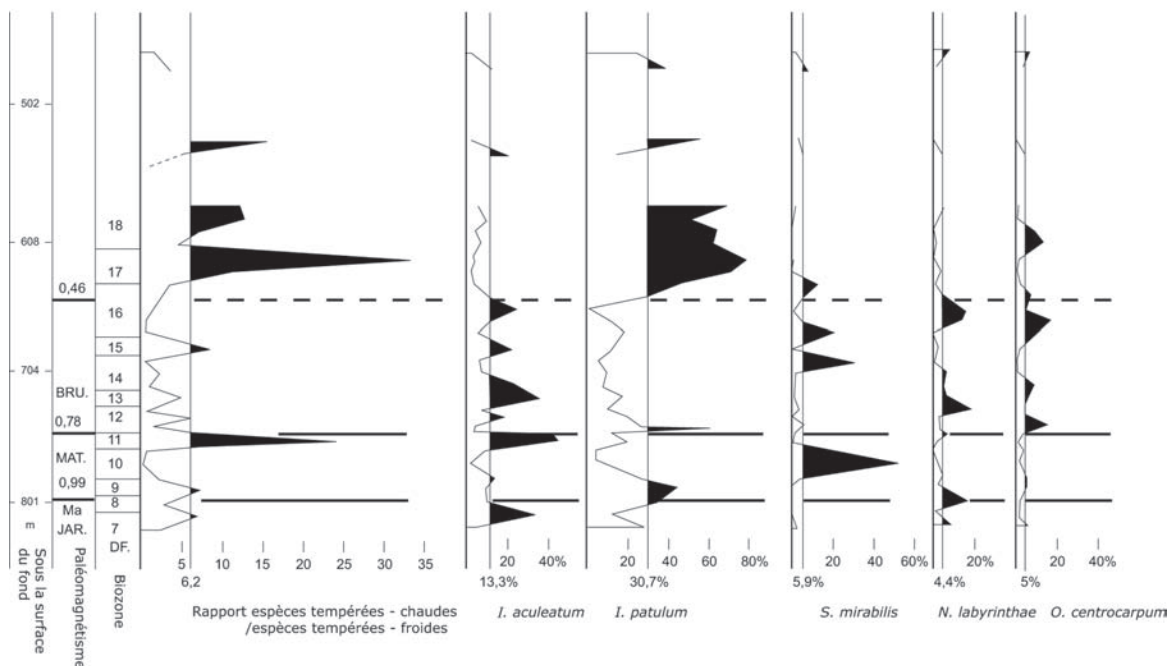


Fig. 9: Sondage 791B, leg 126. Variations du rapport: espèces tempérées-chaudes / espèces tempérées froides, et répartition des dinoflagellés indicateurs climatiques: *I. aculeatum*, *I. patulum*, *S. mirabilis*, *N. labyrinthus*, *O. centrocarpum*. La chronologie est établie à partir du paléomagnétisme et des nanfossiles, d'après Taylor *et al.* (1990).

Fig. 9: Core 791B, leg 126. Variations of the ratio temperate-cold species / temperate-warm species and distribution of the climatic markers: *I. aculeatum*, *I. patulum*, *S. mirabilis*, *N. labyrinthus*, *O. centrocarpum*. The chronology is established from paleomagnetic events and calcareous nanfossil datum after Taylor *et al.* (1990).

– Dans les assemblages DF5 (TC/TF = 20,6) et DF6 (TC/TF = 4,9), le groupe *Impagidinium* reprend de l'importance pour une longue période; *I. aculeatum* est l'espèce dominante mais dans l'assemblage DF5, *I. patulum* dépasse avec 20 % son taux moyen. Aucune espèce tempérée à tendance froide ne présente un développement particulier au sein de ces deux assemblages.

Au cours de l'évènement Jaramillo (DF7-DF8, site 782A et 791B *pro parte*), la dominance de *I. aculeatum* se maintient dans les deux sites (fig. 8 & 9).

– Dans l'assemblage DF7 (TC/TF = 31,7) la représentation de *I. aculeatum* est optimale.

– L'assemblage DF8 qui date de la fin de l'évènement Jaramillo, est caractérisé par des rapports TC/TF de 3,8 en 782A et de 3,4 en 791B, inférieurs aux moyennes et associés au développement de *N. labyrinthus* dans les deux sites.

Entre le sommet de Jaramillo et la base de Brunhes (DF9 à DF11, sites 782A et 791B), trois assemblages peuvent être reconnus.

– L'assemblage DF9 est dominé par *I. aculeatum* (59 %) en 782A (TC/TF = 8) et par *I. patulum* (34 %) en 791B (TC/TF = 7,5).

– L'assemblage DF10 présente un rapport TC/TF très bas de 0,8 en 782A et de 0,1 en 791B et une forte représentation de *S. mirabilis* dans les deux sites.

– L'assemblage DF11 est caractérisé par un rapport TC/TF élevé dans les sondages 782A et 791B, respectivement de 12,5 et 25,3, dû à l'abondance de *I. aculeatum* et à la progression de *I. patulum*.

De la base de Brunhes jusqu'à la dernière occurrence de *P. lacunosa* (DF12 à DF16, sites 782A et 791B), les variations du rapport TC/TF sont proches dans les deux sondages (fig. 8 & 9).

– L'assemblage DF12 est dominé par *I. patulum* et présente trois oscillations. A la base, avec un rapport TC/TF moyen (2,5 et 3,2), la représentation de *O. centrocarpum* est notable. Le rapport TC/TF s'élève ensuite (7,7 et 6,5) en liaison avec un accroissement du taux de *I. patulum*. La dernière oscillation est marquée par le développement de *N. labyrinthus*.

– Le rapport TC/TF est élevé dans l'assemblage DF13 en 782A (12,4), plus faible en 791B (4,6). Cependant dans les deux sites, il est dominé par *I. aculeatum*.

– L'assemblage DF14, à faible rapport TC/TF (0,4 et 0,7) présente un développement de *S. mirabilis* et *N. labyrinthus* et inclut une petite oscillation positive.

– L'assemblage DF15 a un rapport TC/TF plus élevé en 782A (26,1) qu'en 791B (8,5) mais se caractérise dans les deux sites par une extension de *I. aculeatum*.

– L'assemblage DF16 (TC/TF = 0,9 et 0,4) se définit grâce à la bonne représentation de *S. mirabilis* et coïncide dans les deux sondages avec la LO de *P. lacunosa*.

Au-delà de la LO de *P. lacunosa* (DF17 à DF23, sites 782A (fig. 8) et 791B *pro parte* (fig. 9)), les perturbations sédimentaires liées à l'activité volcanique sont nombreuses.

– L'assemblage DF17 est caractérisé par *I. patulum* en 791B (TC/TF = 33,2) et par *I. aculeatum* en 782A (TC/TF = 25,6).

– De DF18 à DF23, la courbe du rapport TC/TF présente des oscillations de faible amplitude. En 782A, la représentation de *I. aculeatum* reste en dessous de la moyenne du sondage et *I. patulum* atteint 40 % lors des épisodes les plus chauds. Cette espèce est particulièrement développée en 791B où elle atteint près de 80 % dans les assemblages DF17 et DF18.

Les courbes obtenues à l'aide du rapport TC/TF et de l'«*Impagidinium index*» présentent des différences liées au fait que *I. aculeatum* et *I. patulum* ne figurent pas au même niveau pour le calcul des indices (fig. 10 & 11). *I. patulum* est inclus dans l'ensemble tempéré à tendance chaude dans le rapport TC/TF comme les autres espèces du genre *Impagidinium*, classées parmi les thermophiles: *I. aculeatum* et *I. striatum* (Marret & Zonneveld, 2003). Par contre, il ne figure pas parmi les espèces les plus thermophiles pour le calcul de l'«*Impagidinium index*» et son développement au sein des assemblages se traduit par une baisse de l'indice.

Sur les deux courbes, jusqu'à la LO de *P. lacunosa* (0,46 Ma), les pics de froids apparaissent en liaison avec

## LEG 125, Site 782 A, Izu - Bonin

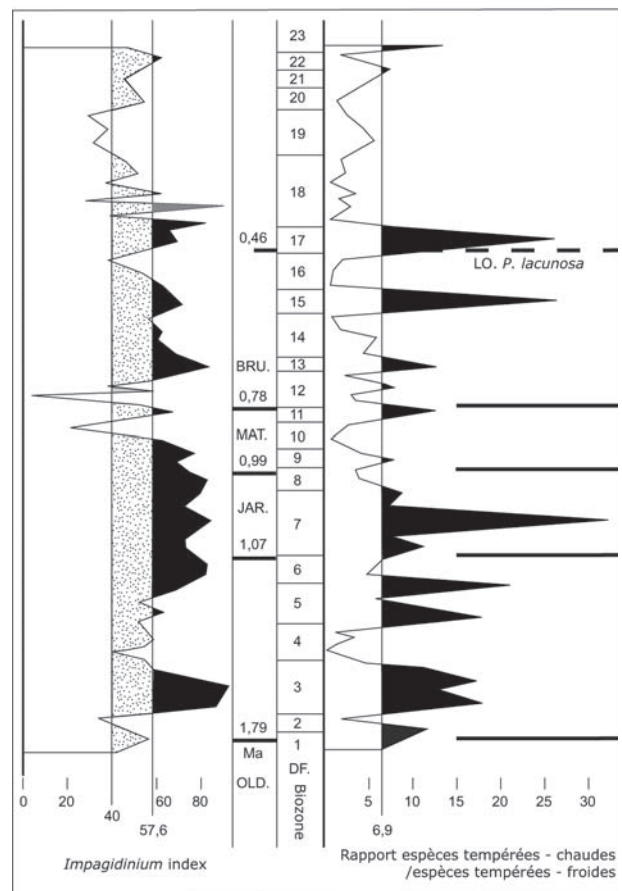


Fig. 10: Sondage 782A, leg 125. Correlations entre les variations de l'«*Impagidinium index*» et celles du rapport espèces tempérées-chaudes / espèces tempérées-froides.

Fig. 10: Core 782A, leg 125. Correlations between the «*Impagidinium index*» and the ratio temperate-cold species/temperate-warm species.

## LEG 126, Site 791 B, Izu - Bonin

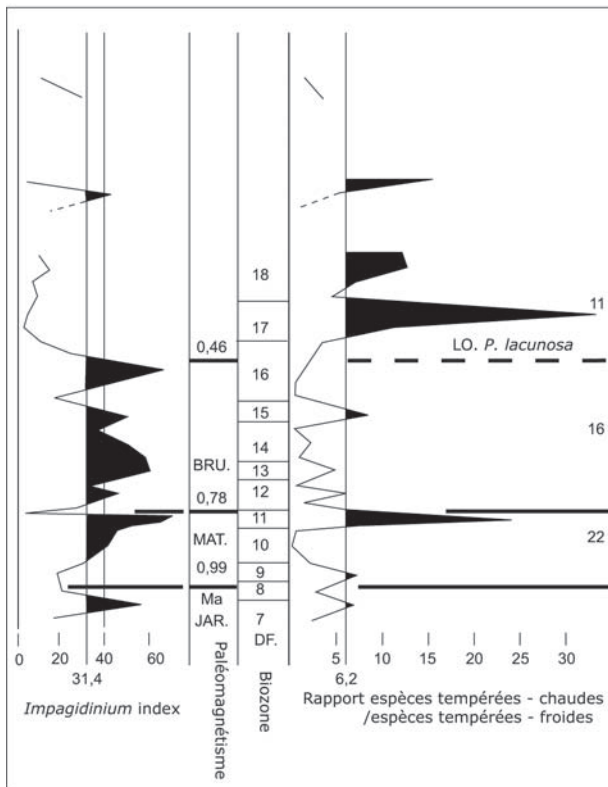


Fig. 11 : Sondage 791B leg 126. Correlations entre les variations de l'«Impagidinium index» et celles du rapport espèces tempérées-chaudes / espèces tempérées-froides.

Fig. 11: Core 791B, leg 126. Correlations between the "Impagidinium index" and the ratio temperate-cold species/temperate-warm species.

une baisse significative de la représentation de *I. aculeatum* compensée par *O. centrocarpum* en DF2, *S. mirabilis* en DF4, DF10, *O. centrocarpum*, *N. labyrinthus* en DF 12, *S. mirabilis*, *O. centrocarpum*, *N. labyrinthus* en DF14, DF16. Au-delà de cette période, lorsque le pourcentage des espèces d'*Impagidinium* baisse et que *I. patulum* prend de l'importance aux dépens de *I. aculeatum*, *N. labyrinthus* et *O. centrocarpum* se développent de façon privilégiée pendant les phases plus froides (fig. 8 & 9). Les taux atteints lors des pics les plus froids sont de l'ordre de 40 % pour *S. mirabilis* et de l'ordre de 20 %, rarement plus, pour *O. centrocarpum* et *N. labyrinthus*. D'après Marret & Zonneveld (2003, fig. 82, 86, 156), *O. centrocarpum* et *N. labyrinthus* ont actuellement des pourcentages d'environ 10 % au sud du Japon alors que la représentation de *S. mirabilis* varie de 7 à 35 %. Les changements cycliques qui apparaissent dans la composition des assemblages n'indiquent donc pas de bouleversement majeur dans le plancton. Ces variations témoignent d'incursions répétées de plancton de type tempéré (*S. mirabilis*, *O. centrocarpum*, *N. labyrinthus*) dans la zone subtropicale au sud du 30° parallèle au cours du Quaternaire. Elles reflètent différents états de l'environnement, sans qu'il soit possible d'envisager une continuité dans l'évolution car l'espace-temps séparant chaque prélèvement est de l'ordre de 25 000 à 35 000 ans. De ce fait, une comparaison avec la courbe isotopique standard est difficile.

## 3.3 - POLLEN DE CONIFÈRES, TÉMOIN DE L'APPORT ÉOLIEN CONTINENTAL

Dans la région Izu-Bonin, les variations dans la composition du contenu palynologique des sédiments quaternaires traduisent essentiellement la dualité entre la sédimentation de pollen de conifères et celle des kystes de dinoflagellés (fig. 3 & 4). Les spores de fougères, transportées préférentiellement par les eaux fluviales, avec une moyenne de 4,5 % en 782A et de 3,8 % en 791B, indiquent un apport terrigène faible et homogène dans la région.

Les forts apports de pollen de conifères sont en relation avec les assemblages à rapport TC/TF faible qui définissent les périodes froides. Jusqu'à 0,46 Ma, les maxima d'abondance relative de pollen de conifères sont associés aux minima de représentation du kyste *I. aculeatum*, reconnu comme traduisant le mieux l'environnement océanique à caractère tempéré-chaud dans les basses latitudes, et coïncident avec des assemblages à rapport TC/TF faible (DF2, DF10, DF12, DF14, DF16...), à taux élevé de *O. centrocarpum* (DF2, DF12), de *S. mirabilis* (DF10, DF16) ou fort développement de *S. mirabilis* et *N. labyrinthus* (DF14). En croissance globale après 1 Ma, les pics de pollen de conifères peuvent être associés après 0,46 Ma à des taux élevés de *I. patulum* (fig. 8, 9, 12 & 13).

En représentation relative par rapport à l'ensemble des microfossiles à membrane organique conservés dans les sédiments, les variations de pollen de conifères peuvent refléter des changements de la production pollinique et/ou de l'apport continental (fluvial ou éolien). Les études palynologiques réalisées en Chine ont montré que les conifères étaient dominants dans les régions montagneuses pendant les périodes froides (Zhou, 1984). Le climat est-asiatique est marqué par l'alternance d'une mousson d'hiver froide et sèche, venant du nord-est et d'une mousson d'été chaude et humide venant du sud-ouest (An *et al.*, 1990). Dans le cadre d'une évolution climatique à long terme, le renforcement de l'apport éolien continental par les moussons d'hiver dans la région (An, 2000) expliquerait la forte représentation de pollen de conifères lors des périodes glaciaires dans les sédiments marins au large de la Chine. Sun & Li (1999) ont montré que des variations plus courtes, lors de phases froides et humides au passage Pléistocène supérieur - Holocène, apportent des grains de pollen de conifères de montagne (*Picea*, *Abies*, *Tsuga*) dans le domaine marin, qui sont couplés avec les apports éoliens (An, 2000). La sédimentation de pollen de conifères en domaine marin est liée à la dominance de la mousson d'hiver comme le dépôt de loess sur le plateau de Chine (An *et al.*, 1990). Dans la séquence quaternaire étudiée au site 782A, en pourcentage relatif, des taux de pollen de conifères élevés se rencontrent à la fin Olduvai-début Matuyama et de fin Jaramillo à fin Bruhnes (0,128 Ma environ). Ces apports polliniques, supérieurs à la moyenne, sont en phases avec les fortes accumulations loessiques enregistrées sur les plateaux chinois aux mêmes périodes (Heslop *et al.*, 2000).

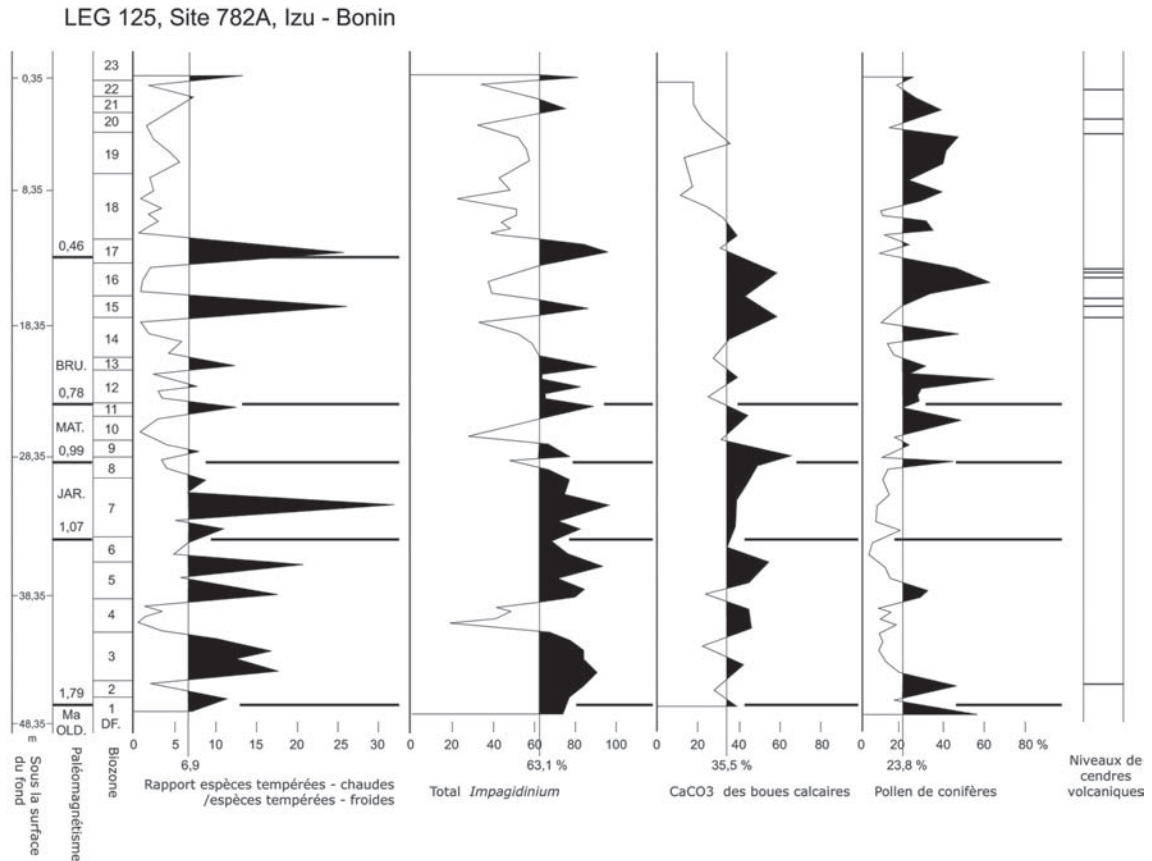


Fig. 12: Sondage 782A, leg 125. Représentation – du rapport espèces tempérées-chaudes / espèces tempérées-froides, – du pourcentage des espèces du genre *Impagidinium* par rapport au total des kystes comptés, – du pourcentage de pollen de conifères par rapport au total du contenu palynologique, – des variations de la concentration en carbonate et répartition des niveaux de cendre volcanique d'après Fryer *et al.* (1990).

Fig. 12: Core 782A, leg 125. Curves – of relative abundance of temperate-cold species as compared with temperate-warm species – of percentages of the different species of *Impagidinium* with respect to the total dinoflagellate cysts – of percentages of conifers pollen grains with respect to the total palynological content. Variations of the carbonate content and position of the ash layers, after Fryer *et al.* (1990).

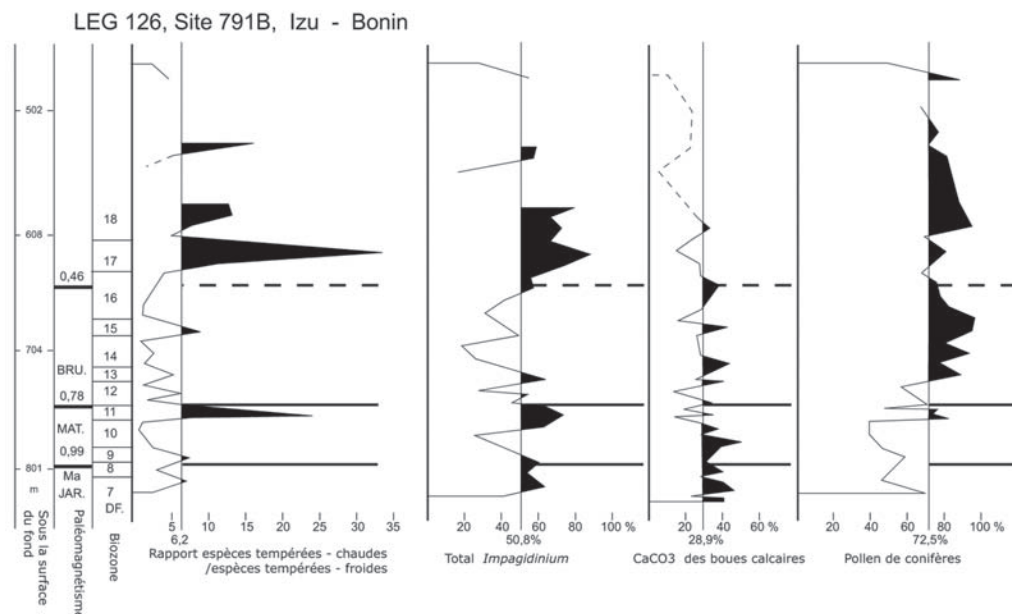


Fig. 13: Sondage 791B leg 126. Représentation – du rapport espèces tempérées-chaudes / espèces tempérées-froides, – du pourcentage des espèces du genre *Impagidinium* par rapport au total des kystes comptés, – du pourcentage de pollen de conifères par rapport au total du contenu palynologique et des variations de la concentration en carbonate d'après Taylor *et al.* (1990).

Fig. 13: Core 791B leg 126. Curves – of relative abundance of temperate-cold species as compared with temperate-warm species, – of percentages of the different species of *Impagidinium* with respect to the total dinoflagellate cysts, – of percentages of conifers pollen grains with respect to the total palynological content. Variations of the carbonate content, after Taylor *et al.* (1990).



#### 4 - VARIATIONS DE L'ENVIRONNEMENT MARIN DANS LA RÉGION IZU-BONIN

Les assemblages de kystes de dinoflagellés définis par le rapport TC/TF et la représentation individuelle des espèces intervenant dans l'établissement de ce rapport, se succèdent de façon comparable dans les deux sondages. Cependant, la composition spécifique des assemblages considérés comme les plus chauds est différente dans les deux sites: la moyenne de représentation de *I. aculeatum* est de 13,3 % en 791B et de 37 % en 782A et inversement celle de *I. patulum* est de 30,7 % en 791B et de 12,7 % en 782A. Pour l'assemblage DF17, un maximum de 64,7 % est atteint par *I. aculeatum* en 782A (2H-3, 86-88cm) et un maximum de 72,5 % par *I. patulum* en 791B (26R, 10-12 cm). Le nombre de kystes comptés étant élevé, respectivement de 608 et 969, ces différences de taux sont significatives. Après 0,46 Ma, *I. patulum* se maintient avec des pourcentages élevés dans les sédiments du site 791B et se développe en 782A (fig. 12, 13). Par ailleurs, avec une moyenne de 72,5 % de pollen de conifères, le sondage 791B se distingue nettement du sondage 782A (23,8 %).

Les différences observées dans la composition des assemblages palynologiques (kystes de dinoflagellés, pollen de conifères) des sites 782A et 791B, situés à la même latitude, ainsi que l'augmentation générale de la représentation de *I. patulum* depuis 0,46 Ma environ, conduit à examiner les facteurs autres que climatiques qui pourraient intervenir lors de la sédimentation. Dans la région Izu-Bonin, au sud-est du Japon, ils peuvent concerner d'éventuelles modifications du parcours du courant chaud Kuroshio, l'environnement sédimentaire et/ou l'activité volcanique de l'arc Izu-Bonin.

##### 4.1 - LE COURANT KUROSHIO

Le courant Kuroshio (fig.1), caractérisé par une température chaude et une faiblesse en sels nutritifs longe les côtes méridionales du Japon avant de s'orienter vers l'est, sous l'influence essentiellement du flux d'ouest du front polaire (Matsuoka, 1992). Les deux sondages provenant de la région Izu-Bonin sont séparés actuellement par une des branches du courant Kuroshio. Les sédiments ont un contenu palynologique relativement différent et les taux moyens de l'"*Impagidinium index*", de 31,4 en 791B et de 57,6 en 782A, indiqueraient selon Edwards & Andrieu (1992), une température moyenne des eaux de surface plus basse dans le bassin intra-arc que sur la ride externe (fig. 10 & 11). Jusqu'à 0,46 Ma (LO de *P. lacunosa*), l'"*Impagidinium index*" indique, pendant les périodes les plus froides, des températures hivernales souvent supérieures à 13°. Les valeurs de l'indice sont ensuite en baisse dans le bassin intra-arc et dans une moindre mesure sur la ride externe lorsque *I. patulum* se développe pendant les phases chaudes. Les valeurs atteintes par *I. patulum* sont proches de celles observées (60 %) plus au nord en mer de Chine du Sud (Nanhai), près du

15° parallèle (Zhao & Morzadec-Kerfourn, 1992). Dans les sédiments actuels au sud du Japon d'après les cartes fournies par Marret & Zonneveld (2003), *I. patulum* représente 70 % des assemblages et *I. aculeatum* 8 %. Dans la région Izu-Bonin, le changement intervenu après 0,46 Ma dans la représentation de ces deux espèces, a été plus important dans les sédiments du bassin intra-arc. Zonneveld (1996) a montré que la représentation des différentes espèces du genre *Impagidinium* pouvait être influencée par la disponibilité en éléments nutritifs et la salinité des eaux plutôt que par de simples changements de température. Une modification du tracé des branches orientales du courant Kuroshio vers 0,46 Ma pourrait donc avoir changé l'environnement à l'ouest de la fosse de Bonin, au-dessus du rift de Bonin (fig. 1 & 2). Moins influencé par le courant chaud, devenant moins stable et plus riche en sels nutritifs, le nouvel environnement aurait entraîné une régression de l'espèce *I. aculeatum* et permis une meilleure représentation de *I. patulum*.

##### 4.2 - LA SÉDIMENTATION MARINE

Les sédiments sont des silts ou des boues calcaires riches en nannofossiles, accompagnés de cendres et de ponces volcaniques qui influent sur les taux de sédimentation au niveau des deux sites. Ainsi du sommet de Jaramillo à la base de Brunhes (DF9 à DF11), le taux de sédimentation est de l'ordre de 0,034 mm/an sur la ride externe dominant la fosse de Bonin (site 782A) et de 0,40 mm/an dans l'axe du rift intra-arc (site 791B) (tab. 1).

Les taux en carbonate des boues calcaires analysées sont de 35,5 % en 782A et de 29 % en 791B (Fryer *et al.*, 1990) et ne traduisent pas une nature fondamentalement différente de ces boues (fig. 12 & 13). Les sédiments du site 782A ne présentent pas de couches de cendres volcaniques entre 45,98 m (5H-6) et 18,16 m (2H-6) (Fryer *et al.*, 1990). Les taux de carbonate les plus élevés sont enregistrés dans les sédiments où des assemblages plus froids ont été reconnus. Cette répartition inhabituelle ne serait pas exceptionnelle et a été signalée dans le Pacifique près de l'Equateur (Feng & Li, 1986; Farrell & Prell, 1989; Murray *et al.*, 1995). Selon Murray *et al.* (1995), la teneur plus basse en carbonate pendant le dernier interglaciaire résulterait d'une augmentation relative des composants siliceux du plancton. Feng & Li (1986) mettent l'accent sur la production de carbonate et pensent que le climat des périodes glaciaires entraîne une baisse de température des eaux de surface provoquant l'intensification du système de circulation verticale des eaux qui favorise l'apport d'éléments nutritifs en surface. Au contraire au cours des périodes tempérées, le climat chaud provoque une stabilité des couches d'eaux superficielles qui entraînent une baisse en sels nutritifs.

L'hypothèse de Feng & Li (1986) s'accorde bien avec la représentation des kystes de dinoflagellés dans la région Izu-Bonin. Les périodes froides favoriseraient la production de kystes issus de formes planctoniques

nécessitant des eaux riches en éléments nutritifs telles *O. centrocarpum*, *S. mirabilis* (Harland, 1983 ; Zonneveld, 1996) et les périodes plus chaudes celle de kystes issus de formes moins influencées par la disponibilité en éléments nutritifs et les fluctuations de la salinité des eaux de surface, telle *I. aculeatum* (Zonneveld, 1996). Elle explique aussi l'opposition, observée en 782A, entre les maxima d'abondance de pollen de conifères pendant les phases froides et ceux de *I. aculeatum* pendant les phases tempérées (fig. 3 & 12).

#### 4.3 - L'INFLUENCE DE L'ACTIVITÉ VOLCANIQUE

Dans le bassin intra-arc, près du site 791B, l'activité volcanique du rift présente deux périodes optimales entre 1,0 et 0,6 Ma et entre 0,4 et 0,2 Ma (Fujioka *et al.*, 1992). Dans les sédiments, les assemblages palynologiques, outre la forte représentation de *I. patulum*, sont caractérisés par une dominance de pollen de conifères par rapport aux kystes de dinoflagellés qui s'accroît après 1 Ma (fig. 4, 13). Des retombées volcaniques ont atteint le site 782A après 0,6 Ma environ (Fryer *et al.*, 1990). Les kystes de dinoflagellés sont dominants par rapport au pollen de conifères mais leur fréquence décroît après 1 Ma, alors que *I. patulum* tend à supplanter *I. aculeatum* après 0,46 Ma (fig. 3 & 12).

Les forts pourcentages de pollen de conifères peuvent représenter des changements de développement et/ou de conservation du microplancton marin à membrane organique. Tous les échantillons traités dans les carottes provenant du site 782A renfermaient des microfossiles organiques. Par contre pour le site 791B, dans la zone correspondant à l'activité volcanique maximale sur le rift, cinq échantillons traités étaient stériles ou très pauvres en microfossiles à paroi organique (fig. 4).

Quelles que soient les conditions climatiques, le volcanisme par l'émission de sulfures, chlorures et autres gaz volatiles, peut avoir agi de deux manières sur la représentation palynologique, en créant des conditions défavorables à la conservation d'une certaine fraction de la matière organique ou en induisant un environnement défavorable au développement des dinoflagellés autotrophes. Suivant la première hypothèse, une éventuelle action sur la matière organique dans le milieu sédimentaire aurait favorisé la représentation de pollen de conifères – qui sont bien connus pour être parmi les éléments organiques les plus résistants à l'altération – et celle de certains kystes de dinoflagellés parmi lesquels *I. patulum* qui pourrait être considéré comme un des plus résistants. Suivant la seconde hypothèse, le développement des dinoflagellés aurait été perturbé pendant une longue période dans le bassin intra-arc (site 791B) de manière plus intense que sur la ride externe dominant la fosse (site 782A), favorisant ainsi la représentation de l'apport pollinique continental et celle de kystes issus de dinoflagellés s'adaptant aux nouvelles contraintes de l'environnement. Il faut noter que *I. patulum* présente également des taux très élevés (Zhao & Morzadec-Kerfourn, 1992), dans les sédiments d'un sondage réalisé dans le bassin abyssal à –4170 m, à proximité de structures volcaniques

(Pautot *et al.*, 1986). La concordance, dans le temps, entre l'activité volcanique, la forte représentation de pollen de conifères et celle de *I. patulum* dans les sédiments de la région Izu-Bonin conduit à admettre que le volcanisme a pu agir d'une manière ou d'une autre sur la composition des assemblages palynologiques conservés dans les sédiments, en s'ajoutant aux effets du courant Kuroshio.

#### 5 - CONCLUSION

Dans les sédiments marins profonds de la région Izu-Bonin, les kystes de dinoflagellés comprennent essentiellement des espèces océaniques, de type gonyaulacoïde. Le genre *Impagidinium* domine avec une moyenne de 63,1 % en 782A et 50 % en 791B mais présente des variations importantes, en opposition avec les taux de pollen de conifères. Afin de visualiser sous forme de courbe, les changements de l'environnement, un rapport a été établi à partir de la somme des espèces tempérées à chaudes (TC) du genre *Impagidinium*: *I. aculeatum* + *I. patulum* + *I. paradoxum* + *I. striatum* et de la somme des espèces tempérées à froides (TF): *Operculodinium centrocarpum* + *Nematosphaeropsis labyrinthus* + *Spiniferites mirabilis*. Les données paléomagnétiques, en fournissant le cadre stratigraphique, permettent de comparer les résultats d'un site à l'autre. Des assemblages de kystes de dinoflagellés tempérés à tendance chaude ou à tendance froide ont été définis à partir des valeurs du rapport TC/TF et de la répartition des différentes espèces. Les variations des kystes de dinoflagellés correspondent, de la même façon que celles des foraminifères et des isotopes de l'oxygène, à des changements cycliques de température des eaux de surface. Au cours du Quaternaire, dans la région Izu-Bonin, dans le nord-ouest du Pacifique, à climat subtropical, les modifications au sein des assemblages de kystes de dinoflagellés sont restées peu importantes. *Impagidinium aculeatum* et *Impagidinium patulum* sont les formes dominantes pendant les intervalles chauds. Les intervalles les plus frais sont marqués par la présence de *Spiniferites mirabilis*, accompagnée de *Nematosphaeropsis labyrinthus* et de *Operculodinium centrocarpum*. L'environnement oscille de conditions océaniques subtropicales à océaniques tempérées et la température des eaux de surface en été est rarement descendue au-dessous de 13 °C. Des taux élevés de pollen de conifères sont associés aux assemblages de dinoflagellés les plus froids (notamment à la présence de *O. centrocarpum*), témoignant comme le dépôt de loess, du renforcement de l'apport éolien continental pendant les moussons d'hiver.

La composition du contenu palynologique (kystes de dinoflagellés, grains de pollen) diffère de façon très sensible dans les sédiments des sites 782A et 791B, prélevés à la même latitude, à des distances et des profondeurs océaniques proches. Dans le bassin intra-arc (791B), il est dominé par le pollen de conifères qui représente en moyenne 72,5 %, alors que sur la pente vers la fosse (782A), la moyenne est de 23,8 %. Les assem-

blages de kystes de dinoflagellés de type gonyaulacoïde, tempérés à tendance chaude, sont constitués en 791B par une majorité de *Impagidinium patulum* avec une moyenne de 30,7 % et un maximum de 71 % du total des kystes alors qu'en 782A, *I. patulum* représente en moyenne 12,7 % et *I. aculeatum* est l'espèce dominante. Mais une prédominance de *I. patulum* s'installe après 0,46 Ma dans les deux sites.

Les différences constatées dans la représentation du pollen de conifères et dans celles de *I. aculeatum* et *I. patulum* dans les sédiments de sites très proches, pose le problème de l'influence des environnements locaux sur la composition des assemblages palynologiques des sédiments marins. Celui-ci est lié à la fois à la zone climatique, aux conditions océaniques (courant, upwelling...), au type de sédimentation marine, à l'apport continental. Dans l'axe du rift intra-arc (site 791B), l'ensemble des facteurs environnementaux semble indiquer, après 0,46 Ma, la possibilité d'eaux de surface, à température plus basse et plus riches en sels nutritifs que sur la ride externe de la région avant-arc (site 782A). Cette différence qui affecte les phases les plus chaudes, peut-être liée à un déplacement du courant Kuroshio, qui aurait modifié les caractéristiques des eaux de surface, privilégiant la représentation de *I. patulum*. Mais les facteurs géologiques sont également à prendre en compte dans le bassin intra-arc, caractérisé par une grande abondance de matériel volcano-clastique et un taux de sédimentation élevé. L'activité volcanique, très active après 1 Ma, a pu influencer sur le contenu palynologique des sédiments en perturbant le développement des dinoflagellés, entraînant une sous représentation des kystes par rapport à l'apport continental éolien et/ou en altérant partiellement la matière organique à l'interface eau-sédiment, favorisant la représentation des kystes et des grains de pollen les plus résistants. Les émissions volcaniques, plus importantes dans l'axe du rift que sur la ride externe, se sont ajoutées aux différences de température des eaux de surface, due à la position du courant Kuroshio, pour différencier de façon très notable le contenu palynologique des sédiments marins de sites très proches.

## REMERCIEMENTS

Ce travail, extrait de la thèse de doctorat d'Université de YunYun Zhao, a été réalisé au Laboratoire de Micropaléontologie et Paléontologie Marines grâce à des financements de l'Université de Rennes 1 (BQR). Le jury de thèse était présidé par Hugues Faure ; nous publions cet article en hommage à sa mémoire. Nous remercions les responsables du programme JOIDES/ODP, à College Station, Texas, d'avoir accepté ce programme de recherche et fourni les échantillons nécessaires. YunYun Zhao remercie la Fondation de France pour le soutien financier qui lui a été accordé durant la préparation de sa thèse. Nos remerciements vont également à Fabienne Marret et Denis Didier Rousseau ; leurs remarques nous ont amené à préciser notre démarche et notre interprétation des résultats.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIE

- ALI J.P., HASTON R.B., & STOKKING L.B., 1992 - Magnetostratigraphy of Sites 782, 783, 784 and 786. Izu-Bonin outer fore-arc, Western Pacific. In P. Fryer, J.A. Pearce, L.B. Stokking *et al.*, *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **125**, College Station, Texas (Ocean Drilling Program), 547-560.
- AN Z., 2000 - The history and variability of the East Asian paleomonsoon climate. *Quaternary Science Reviews*, **19**, 171-187.
- AN Z.S., LIU T.S., LU Y.C., PORTER S.C., KUKLA G., WU X.H., & HUA Y.M., 1990 - The long term paleomonsoon variation recorded by the loess-paleosol sequence in central China. *Quaternary International*, **7/8**, 91-95.
- BUJAK J.P., 1984 - Cenozoic dinoflagellate cysts and acritarch from the Bering sea and northern North Pacific. DSDP leg 19. *Micro-paleontology*, **30** (2), 180-212.
- CIAMPO G., 1992 - Late Miocene (CN9B Subzone) to Holocene calcareous nannofossils from the Western and Northwestern Pacific Ocean. Leg 125. In P. Fryer, J.A. Pearce, L.B. Stokking *et al.*, *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **125**, College Station, Texas (Ocean Drilling Program), 15-42.
- DALE B., 1996 - Dinoflagellate cyst ecology: modeling and geological applications. In J. Jansonius & D.L. McGregor (eds), *Palynology: Principles and Applications*, vol. 3. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Salt Lake City, UT, 1249-1275.
- DE VERNAL A., MUDIE P.J., HARLAND R., MORZADECKERFOURN M.-T., TURON J.-L., & WRENN J.H., 1992 - Quaternary organic-walled dinoflagellate cysts of the North Atlantic Ocean and adjacent seas: Ecostratigraphy and Biostratigraphy. In M.J. Head & J.M. Wrenn (eds.), *Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and Acritarchs*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, 209-320.
- DE VERNAL A., ROCHON A., TURON J.-L., & MATTHIESSEN J., 1998 - Organic walled dinoflagellate cysts: palynological tracers of sea surface conditions in middle to high latitude marine environments. *Géobios*, **30** (7), 905-920.
- EDWARDS L.E., 1992 - New semiquantitative (paleo)temperature estimates using Dinoflagellate cysts, an example from the North Atlantic Ocean. In M.J. Head & J.M. Wrenn (eds.), *Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and Acritarchs*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, 69-87.
- EDWARDS L.E., & ANDRLE V.A.S., 1992 - Distribution of selected Dinoflagellate cysts in modern marine sediments. In M.J. Head & J.M. Wrenn (eds.), *Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and Acritarchs*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, 259-288.
- FARRELL J.W., & PRELL W.L., 1989 - Climatic change and CaCO<sub>3</sub> preservation: an 800,000 year bathymetric reconstruction from the central equatorial Pacific Ocean. *Paleoceanography*, **4**, 447-466.
- FENG W.K., & LI W.F., 1986 - Sedimentary environment and palaeoclimate in Northern South China Sea since late Pleistocene. *Marine Geology and Quaternary Geology*, **6** (3), 9-24.
- FRYER P., PEARCE J.A., STOKKING L.B., *et al.*, 1990 - *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*. College Station, Texas (Ocean Drilling Program), **125**, 1002 p.
- FRYER P., & PEARCE J.A., 1992 - Introduction to the scientific results of Leg. 125. In P. Fryer, J.A. Pearce, L.B. Stokking *et al.*, *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, College Station, Texas (Ocean Drilling Program), **125**, 5-14.
- FRYER P., PEARCE J.A., STOKKING L.B., *et al.*, 1992 - *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. College Station, Texas (Ocean Drilling Program), **125**, 716 p.
- FUJIOKA K., NISHIMURA A., MATSUO Y., & RODOLFO K.S., 1992 - Correlation of quaternary tephtras throughout the Izu-Bonin area. In B. Taylor, K. Fujioka *et al.* *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, College Station, Texas (Ocean Drilling Program), **126**, 23-41.
- HARLAND R., 1983 - Distribution maps of recent dinoflagellate cysts in bottom sediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas. *Palaeontology*, **26**, 321-387.
- HESLOP D., LANGEREIS C.G., & DEKKERS M.J., 2000 - A new astronomical timescale for the loess deposits of Northern China. *Earth and Planetary Science Letters*, **184**, 125-139.
- JARVIS J., & TOCHER B.A., 1984 - Neogene and Quaternary Dinoflagellate Biostratigraphy of the Eastern Equatorial Pacific: Deep Sea Drilling project Leg. 85. In L. Mayer, F. Theyer *et al.*, *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Washington (U.S. Govt. Printing Office), **85**, 407-411.
- MARRET F., DE VERNAL A., BENDERA F., & HARLAND R., 2001 - Late Quaternary sea-surface conditions at DSDP Hole 594 in

- southwest Pacific based on dinoflagellate cyst assemblages. *Journal of Quaternary Science*, **16**, 739-751.
- MARRET F., & ZONNEVELD K., 2003** - Atlas of modern organic-walled dinoflagellate cyst distribution. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **125**, 1-200.
- MATSUOKA K., 1985** - Organic-walled dinoflagellate cysts from surface sediments of Nagasaki Bay and Senzaki Bay, West Japan. *Bulletin of the Faculty of Liberal Arts of Nagasaki University (Natural Science)*, **25**, 21-115.
- MATSUOKA K., 1997** - Organic-walled dinoflagellate cysts from surface sediments of Akkeshi Bay and Lake Saroma, North Japan. *Bulletin of the Faculty of Liberal Arts of Nagasaki University (Natural Science)*, **28**, 35-123.
- MATSUOKA K., 1992** - Species diversity of Modern Dinoflagellate cysts in surface sediments around the Japanese Islands. In M.J. Head & J.H. Wrenn (eds), *Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and Acritarchs*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, 33-53.
- MIX A.C., PISIAS N.G., RUGH W., WILSON J., MOREY A., & HAGELBERG T.K., 1995** - Benthic foraminifer stable isotope record from site 849 (0-5 Ma): local and global climate changes. In N.G. Pisias, L.A. Mayer, T.R. Janecek, A. Palmer-Julson & T.H. Van Andel (eds), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. College Station, Texas (Ocean Drilling Program), **138**, 371-412.
- MORZADEC-KERFOURN M.-T., 1992** - Estuarine dinoflagellate cysts among oceanic assemblages of Pleistocene deep-sea sediments from the west african margin and their paleoenvironmental significance. In M.J. Head & J.H. Wrenn (eds.), *Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and Acritarchs*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, 133-146.
- MORZADEC-KERFOURN M.-T., 2001** - Kystes de dinoflagellés et changements climatiques en zone littorale de Côte d'Ivoire-Ghana à la transition Pléistocène-Holocène. *Quaternaire*, **12** (4), 213-222.
- MURRAY D.W., FARRELL J.W., & MCKENNA V., 1995** - Biogenic sedimentation at site 847, eastern equatorial Pacific Ocean, during the past 3 M.Y. in N.G. Pisias, L.A. Mayer, T.R. Janecek, A. Palmer-Julson & T.H. Van Andel (eds), *Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results*, College Station, Texas (Ocean Drilling Program), **138**, 429-459.
- PAUTOT G., RANGIN C., BRAISA A., TAPONNIER P., BEUZART P., LERICOLAIS G., MATHIEU X., WU J., HAN S., LI H., LU Y., & ZHAO J., 1986** - Spreading direction in the Central South China Sea. *Nature*, **321**, 150-154.
- SHACKLETON N.J., BERGER A., & PELTIER W.R., 1990** - An alternative astronomical calibration of the Lower Pleistocene time scale based on ODP Site 677. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, **81**, 251-261.
- SHAOZHI M., & HARLAND R., 1993** - Quaternary organic-walled dinoflagellate cysts from the south China sea and their paleoclimatic significance. *Palynology*, **17**, 47-65.
- SUN X.J., & LI X., 1999** - A pollen record of the last 37 ka in deep sea core 17940 from the northern slope of the South China Sea. *Marine Geology*, **156** (1-4), 227-244.
- TAYLOR B., FUJIOKA K. et al., 1990** - *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, College Station, Texas (Ocean Drilling Program), **126**, 1002 p.
- TAYLOR B., & Shipboard Scientific Party, 1990** - Introduction. In B. Taylor, K. Bujioka et al., *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, College Station, Texas (Ocean Drilling Program), **126**, 5-11.
- TURON J.-L., 1979** - Les kystes de dinoflagellés dans les sédiments récents de l'Atlantique nord-oriental et leurs relations avec l'environnement océanique. Application aux dépôts holocènes du chenal de Rockall. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, **27** (B), 269-282.
- VERGNAUD-GRAZZINI C., 1986** - Variations de composition isotopique de l'Oxygène et du carbone dans les foraminifères planctoniques et benthiques. In E. Blaerez & J. Mascle (eds), *Campagnes Océanographiques Françaises, Les marges continentales transformantes ouest-africaines, Guinée - Sierra Leone, Côte d'Ivoire - Ghana, campagne Equamarge I*. IFREMER, **3**, 259-261.
- WALL D., DALE B., LOHMANN G.P., & SMITH W.K., 1977** - The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from region in the North and South Atlantic Oceans and adjacent Seas. *Marine Micropaleontology*, **2**, 121-200.
- WRENN J.H., & KOKINOS J.P., 1986** - Preliminary comments on Miocene through Pleistocene dinoflagellate cysts from De Soto Canyon, Gulf of Mexico. *American Association of Stratigraphic Palynologists, Contribution Series*, Dallas, **17**, 169-225.
- ZHAO Y., 1993** - Kystes de dinoflagellés, du Pliocène terminal au Pléistocène du bassin avant-arc Izu-Bonin, Nord-ouest Pacifique (ODP Leg 125, Site 782A, Leg 126, site 791B); Biostratigraphie et Paléoenvironnement. Thèse, Université de Rennes, 184p.
- ZHAO Y., & MORZADEC-KERFOURN M.-T., 1992a** - Kystes de Dinoflagellés, pollens et spores des sédiments quaternaires du Bassin abyssal de Mer de Chine du Sud: leur signification paléoenvironnementale. *Revue de Micropaléontologie*, **35** (1), 77-88.
- ZHAO Y., & MORZADEC-KERFOURN M.-T., 1992b** - Late Pleistocene - Holocene Dinoflagellate Cysts of South China Sea. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, **9** (3), 29-302.
- ZHAO Y., & MORZADEC-KERFOURN M.-T., 1994** - Nouveaux kystes de dinoflagellés: *Spiniferites pacificus* nov.sp. et *Pentadinium netangei* nov.sp., du Pléistocène du Nord-Ouest Pacifique. *Géobios*, **27** (3), 261-269.
- ZONNEVELD K., 1996** - Palaeoclimatic and Palaeo-ecologic changes in the Eastern Mediterranean and Arabian Sea regions during the last deglaciation: a palynological approach to land-sea correlation. *Laboratory of Paleobotany and Palynology, Contributions Series*, **3**, 199 p.
- ZHOU K.S., 1984** - Quaternary succession of vegetation and climatic evolution in North China. *Scientia Geologica Sinica*, **2**, 165-170.