

## Analyses des flux polliniques sur la marge sud du Golfe de Guinée depuis 135 000 ans

Martin Darius BENG0 et Jean MALEY

**Résumé** — L'analyse pollinique de la carotte marine KW 23 prélevée sur la marge sud du Golfe de Guinée, fournit pour la première fois des informations sur les grandes étapes de l'histoire de la végétation du bassin du Congo-Zaïre au Pléistocène supérieur. On met ainsi en évidence des phases d'extension de la forêt dense humide durant les périodes chaudes du stade isotopique 5 et surtout durant 5e. Durant le stade 5 les pollens de Graminae, famille dominante dans les savanes, ont évolué en phase avec ceux qui caractérisent la forêt dense. Une formation montagnarde caractérisée par *Podocarpus* s'est développée durant les phases de refroidissement et surtout durant les stades 5d et le début de 2. La mangrove, caractérisée par *Rhizophora*, a été en extension durant les périodes de hauts niveaux marins relatifs.

### Analysis of pollen flux on the southern margin of the Gulf of Guinea in the last 135,000 years

**Abstract** — Pollen analysis of marine core KW23 extracted on the southern margin of the Gulf of Guinea, gives for the first time some information on the main stages of vegetational history in the Congo-Zaire basin during the upper Pleistocene. Evidence is given of rain forest extensions during the warm periods of the isotopic stage 5 and mainly during the 5e. During stage 5 the pollens of Graminae, dominant in the savanna vegetation, evolved in phase with those of the rain forest. A mountain formation characterized by *Podocarpus* was in extension during the cooling phases and particularly during stage 5d and the beginning of 2. The mangrove, characterized by *Rhizophora*, was in extension during the periods of relative high sea levels.

**Abridged English Version** — The core KW 23 was taken on the Gabon continental slope, in a sector with large terrigenous influx from the Congo-Zaire River [3].

The pollens of Caesalpiniaceae (Fig., b), plants typical of the rain forest, are frequent during the warm phases of stage 5 and particularly during 5e, which was a warm phase similar to the Holocene time during which the African rain forest was very developed [8]. The Euphorbiaceae are also abundant in the forest environments and their pollen curve is parallel with that of Caesalpiniaceae, particularly for the warm phases 5e and 5c.

The Graminae are herbaceous plants growing abundantly in all open environments and characterizing the savannas. Usually in pollen spectra the arboreal pollens evolve in opposition to the grass pollen, mainly Graminae in tropical zone. But in core KW 23 the Graminae pollens (Fig., b) evolve in phase, particularly during stage 5, with those of Caesalpiniaceae. One could interpret the three pikes of Graminae during the three substages of interglacial type 5e, 5c and 5a, as indicating three periods of savanna extension, parallel to the rain forest extensions, in some way similar to the present-day vegetation pattern in the Congo-Zaire basin.

If this interpretation is true, one may ask also what was the vegetation type which replaced the rain forest during the cooling phases 5d, 5b and 4? The study of pollens of *Podocarpus* could give elements of the answer. The *Podocarpus* is a typical tree of mountain forests. The fact that these pollens of *Podocarpus* (Fig., b) exhibit maxima during the relatively cold or cool phases of stages 6, 5, 4 and 2 seems to result from the spreading of mountain vegetations. For isotopic stage 5, the main peak occurs in stage 5d, but with another peak in 5c. A comparison can be established with similar results obtained for a

Note présentée par Yves COPPENS.

marine core extracted offshore Ivory Coast [13]. The last, prominent peak, situated in the upper part of the core KW 23, is also parallel with high percentages of this pollen observed in the neighbouring marine core extracted offshore Kouilou (Congo), for levels dated about 15-20,000 years [14]. One can prove that the spreading of mountain vegetation had reached the lowland because the pollen analysis effected by Elenga [15] on a short core taken on the continent, north of Brazzaville and about 600 m altitude, has shown that before the beginning of Holocene time the vegetation of this lowland area was of mountain forest type, dominated by *Podocarpus* [15]. Moreover fossil wood remains, found in soils of this area, and dating from stages 2 and 3 [16], and also some present-day isolated lowland stations of *Podocarpus* and other mountain taxa [12], support this interpretation.

Formerly it was postulated that the breaking of the rain forest during cold periods of Quaternary could allow the spreading and connection around the equator of zambesian and sudanian savannas. Now the fact that species of these two types of savanna are largely different [20], shows that a screen was always interposed between them. During some periods of Quaternary this screen seems to have been constituted by mountain type forest vegetations whose settling was favoured by lowering temperatures and the persistence of some humidity. However, during more arid periods, this screen could have been constituted by more open vegetations, distinct from the sudano-zambeziian wooded savannas, and may be more similar to the open savanna type growing currently on the Plateau Batéké.

The good correlations between the pollen variations in the core KW 23 and the isotopic stratigraphy allows one to conclude that the main worldwide climatic phases have always had a critical action on the paleoenvironments and the vegetation of the Zaire-Congo basin.

---

INTRODUCTION. — Les sédiments étudiés correspondent à la moitié supérieure de la carotte KW 23, longue de 16,45 m : elle a été prélevée lors de la mission WALDA par le N. S. Jean-Charcot au large de la côte sud du Gabon, par 3°46'5" Sud et 9°17'5" Est et à la profondeur de 2330 m. Les apports terrigènes du fleuve Congo-Zaire ont formé au large de l'embouchure un vaste cône détrititique [2]. Ces apports constituent plus de 90 % des sédiments de KW 23 [3].

Le bassin du Congo-Zaire est couvert par des forêts denses humides dans sa partie centrale axée sur l'équateur. Au nord et au sud se rencontrent des savanes, avec parfois des forêts sèches, et à l'est, sur la Dorsale du Ruwenzori-Kivu, des végétations montagnardes [4].

1. LES ANALYSES POLLINIQUES ET LA PRÉSENTATION DES RÉSULTATS. — Les échantillons des sédiments analysés ont été traités par une méthode classique [5], améliorée par un tamisage aux ultra-sons.

Le cadre chronologique de la carotte KW 23 a été établie par la mesure du  $\delta^{18}$  de l'oxygène extrait du Foraminifère benthique *Melonis barleanum*, présent dans toute la carotte [3]. La courbe obtenue (*fig., b*) se compare étroitement aux courbes isotopiques standard [6], fournissant ainsi une chronologie relativement précise qui permet la subdivision de la carotte en « stades isotopiques » correspondant aux grandes phases climatiques, chaudes ou froides [6].

Dans cette première étude, 18 échantillons ont été analysés entre 800 cm — vers le sommet du stade isotopique 6 dont la fin est datée d'environ 128 000 ans — et 40 cm situé à la fin du stade isotopique 2, vers 12 000 ans, juste avant le début de l'Holocène. Pour l'ensemble des échantillons étudiés un total de 152 taxons polliniques ont été

comptés [1]. Les résultats sont présentés sous forme de pourcentages relatifs par rapport à la somme de base qui correspond au total des pollens comptés pour chaque échantillon, à l'exception des pollens abîmés indéterminables. Les spores étant très nombreuses, représentant fréquemment de 50 à 80 % du total, elles ont été éliminées des sommes de base [5]. Les types polliniques des grandes familles tropicales des Euphorbiaceae, Caesalpiniaceae et Rubiaceae ont été regroupés par famille. La variation des principaux taxons polliniques est présentée sur un diagramme pollinique synthétique (fig., a). Par ordre d'importance leur valeur moyenne est d'environ 40 % pour *Podocarpus*, puis *Rhizophora* 12 %, Graminae 8 %, Euphorbiaceae 7 %, Cyperaceae 7 %, Caesalpiniaceae 4 % et enfin Rubiaceae 3 %. Le total des pollens des autres taxons (varia) représente environ 15 %, et 4 % des pollens sont indéterminés (inclus dans la somme de base).

2. DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS. — 2.1. *Les pollens de Caesalpiniaceae* (fig., b). — La famille des Caesalpiniaceae est une des plus typiques de la forêt dense humide, particulièrement des formations sempervirentes, mais aussi de certaines forêts sempervirentes sèches situées de part et d'autre de la forêt dense humide [4]. Ces forêts sèches sont particulièrement développées dans la Région zambézienne, vers le sud du bassin du Congo-Zaïre [4]. Le type pollinique le plus fréquent est le type *Monopetalanthus* (qui peut correspondre à plusieurs espèces et aussi à d'autres genres polliniquement proches). Dans la carotte KW23, les pollens de Caesalpiniaceae sont abondants à l'extrême fin du stade 6 et surtout dans le stade 5e qui est une phase chaude comparable à l'Holocène, période durant laquelle la forêt dense africaine s'est à nouveau développée ([7], [8]). On peut donc conclure à une forte extension des milieux forestiers de basse altitude au cours du stade 5e. Durant les épisodes plus chauds suivants du stade isotopique 5 (stades 5c et 5a), on observe aussi des pics relatifs de la courbe des pollens de Caesalpiniaceae, impliquant donc aussi un développement des forêts.

2.2. *Les pollens d'Euphorbiaceae* (fig., b). — La famille des Euphorbiaceae, bien que abondamment représentée en forêt dense humide et dans les forêts sèches, est aussi présente dans de nombreux biotopes tropicaux de plaine ou d'altitude [4]. Les taxons les plus fréquemment recensés dans les comptages appartiennent surtout à des taxons de type pionnier *Alchornea*, *Macaranga*, *Mallotus* et *Tetrorchidium*. La courbe des pollens d'Euphorbiaceae se parallélise bien avec celle des Caesalpiniaceae dans la partie inférieure, ce qui semble confirmer les phases d'extension forestière dans les stades 5e et 5c (§ 2.1). Par contre, ensuite, la courbe des Euphorbiaceae évolue différemment, avec une extension relative durant la phase fraîche 5b et après durant les stades 3 et 2 qui ont été plus froids. Les Euphorbiaceae pourraient donc ici appartenir à des groupements végétaux de type montagnard.

2.3. *Les pollens de Rhizophora* (fig., b). — *Rhizophora* est le genre dominant des mangroves qui se développent le long des côtes de l'Afrique tropicale. Les pollens de *Rhizophora* sont fréquents dans les carottes marines de cette région et fréquemment ses forts pourcentages traduisent des hauts niveaux marins ou des remontées relatives [9]. Cela s'applique assez bien à la carotte KW23 puisque le premier pic des pollens de *Rhizophora* se situe à la fin du stade 5e, au moment du réchauffement maximal qui a correspondu à un haut niveau marin. Les pics suivants, bien que moins élevés, se situent dans les stades 5c et 5a qui sont aussi des périodes de hauts niveaux marins relatifs. Ensuite durant les stades 4 et 2 (sauf la fin), associés à des bas niveaux relatifs, les

pourcentages ont été plutôt en diminution. Enfin le pic le plus élevé se situe à la fin du stade 2, lors de la transgression marine du tardiglaciaire [10].

2.4. *Les pollens de Graminae* (fig., b). — Les Graminae sont des plantes herbacées qui se développent en abondance dans tous les milieux ouverts. Ainsi, sur un petit bassin versant climatiquement homogène, comme pour un lac de cratère, la variation de la courbe des pollens de Graminae se fait en opposition de celle des pollens d'arbres (cf. le lac Bosumtwi au Ghana [8]). Cependant à l'échelle d'un bassin très étendu, comme celui du Congo-Zaïre qui supporte des végétations forestières et savaniques, il peut en être autrement. En effet, pour la carotte KW23 la courbe de variation des pollens de Graminae évolue nettement en phase avec les pollens d'arbres des forêts de plaine (les Caesalpinaceae et les Euphorbiaceae : fig., b), et cela particulièrement durant le stade isotopique 5.

Ce comportement inhabituel pose problème. Afin d'essayer d'y apporter une explication, il faut rappeler qu'actuellement, période de type interglaciaire, les forêts (s.lato) couvrent environ les 2/3 du bassin du Congo-Zaïre et les savanes le tiers restant [11]. On pourrait donc interpréter les trois pics de pollens de Graminae durant les trois phases de type interglaciaire 5e, 5c et 5a, comme indiquant trois périodes de développement des savanes, parallèlement aux extensions forestières. Si cette interprétation est exacte, on peut alors se demander quel a été le type de végétation qui a pris la place des milieux forestiers durant les phases de refroidissement 5d, 5b et 4? L'étude des pollens de *Podocarpus* semble pouvoir apporter des éléments de réponse.

2.5. *Les pollens de Podocarpus* (fig., b). — *Podocarpus* est un arbre montagnard typique peuplant en abondance les montagnes du Kivu-Ruwenzori et qui se rencontre aussi dans quelques stations isolées sur la Dorsale qui constitue la marge sud du bassin congolais ainsi que vers la côte Atlantique, sur le flanc méridional du Massif du Chaillu ([4], [12]).

Dans la carotte KW23 les pollens de *Podocarpus* sont dans l'ensemble relativement abondants. Les maximums se manifestent particulièrement durant les phases relativement froides ou fraîches correspondant aux stades isotopiques 6, 5 et 4, et pour le stade isotopique 2.

Pour le stade isotopique 5, le pic principal se situe dans le stade 5d, mais avec un autre pic dans 5c qui est dans l'ensemble relativement chaud mais qui comporte dans sa partie moyenne une brève pulsation fraîche [6]. Une comparaison peut être établie avec des résultats similaires obtenus pour une carotte marine prélevée au large de la Côte d'Ivoire [13].

Vers le sommet de la carotte KW23, au cours du stade 2 (daté d'environ 24 000 à 12 000 ans) [6], se situe un dernier pic bien marqué qui est à paralléliser avec des forts pourcentages de ce pollen, observés d'une part dans une carotte marine prélevée au large du Kouilou (Congo) et pour des niveaux situés vers 15-20 000 ans [14] et d'autre part dans une courte carotte prélevée sur le continent, vers 600 m d'altitude et à environ 40 km au nord de Brazzaville. Les analyses polliniques effectuées par Elenga [15] sur cette dernière montrent qu'avant le début de l'Holocène s'est produite dans ce secteur des Plateaux Batéké une importante extension à basse altitude d'une végétation montagnarde forestière dominée par *Podocarpus* avec plus de 50 % accompagné par *Olea hochstetteri* et *Ilex mitis*. De plus, dans des podzols fossiles de la région de Brazzaville ont été trouvés des restes végétaux qui ont été datés des stades isotopiques 2 et 3, et qui ont été déterminés comme appartenant pour la plupart au genre *Monopetalanthus* (Caesalpinaceae) [16] dont

plusieurs espèces vivent aussi bien en plaine qu'en forêt montagnarde ou à affinités montagnardes, comme dans les Monts de Cristal au Gabon, où les conditions climatiques montagnardes sont dues à la fréquence des nuages. Il s'agit de forêts de nuages (cloud forests) (cf. [7], [8], [12]). Dans KW 23 l'importance des pollens de *Caesalpiniaceae* vers le début du stade 2 ainsi qu'à la fin du stade 6 pourrait être associé à un tel développement des *Monopetalanthus*.

La convergence de ces diverses données montre qu'une végétation afromontagnarde dominée par *Podocarpus* s'était alors largement étendue sur la partie occidentale du bassin du Congo-Zaïre et des régions voisines (Mayombe, Chaillu, nord de l'Angola) [7].

Cette conclusion est importante car elle pourrait aider à répondre à la question posée plus haut (§ 2.4) pour essayer de savoir quelle végétation s'était développée sur une grande partie du bassin du Congo-Zaïre durant les phases de refroidissement des stades isotopiques 5, 4, 3 et 2. La plupart des auteurs qui avaient discuté autrefois de l'histoire de la forêt dense humide africaine au Quaternaire avaient émis l'hypothèse que durant les périodes arides la forêt s'était conservée dans des refuges et que les régions ayant perdu leur couverture de forêt dense avaient été envahies par des savanes de type soudano-zambézien ([17], [18], etc.). Van Zinderen Bakker [19] avait bien illustré cette hypothèse sur une carte schématique, toutefois, comme l'avait rappelé récemment l'un de nous ([7], p. 327), un tel contact au Quaternaire récent des savanes zambéziennes et soudaniennes n'a pas été possible car, suivant White ([20], [4]), les flores de ces deux types de savane sont composées en grande majorité d'espèces différentes, même si de nombreux genres sont souvent communs. Si ces végétations avaient été largement en contact dans la zone centrale du bassin du Congo-Zaïre et cela à plusieurs reprises au cours des stades isotopiques 4, 3 et 2, il y aurait eu un mélange des flores. Or ce n'est pas le cas : on doit donc conclure qu'un écran formé de végétations diverses s'est toujours interposé entre ces deux types de savane, comme c'est le cas actuellement avec la zone forestière. Il apparaît donc assez clairement maintenant que, durant certaines périodes du Quaternaire, cet écran a été composé de végétations forestières de type montagnard dont l'installation a été favorisée par l'abaissement de la température avec le maintien d'une certaine humidité. Cependant il est probable qu'à d'autres périodes plus arides, cet écran a pu être aussi constitué de végétations ouvertes, de type savanicole, différentes de celle plus boisée des savanes soudano-zambéziennes, et peut-être plutôt comparables à celle qui existe actuellement sur les Plateaux Batéké et qui est une végétation assez pauvre en espèces, particulièrement pour les arbres qui sont de type surtout ubiquiste [7] (pour la végétation des Plateaux Batéké, voir [17]).

CONCLUSIONS. — Les résultats polliniques obtenus sur la carotte KW 23 apportent pour la première fois une vue d'ensemble sur les grandes étapes de l'évolution de la végétation du bassin du Congo-Zaïre depuis environ 135 000 ans.

Le fait que les interprétations polliniques ont été effectuées en particulier avec la référence constante à la stratigraphie isotopique qui se rattache aux grandes fluctuations climatiques globales [6], permet d'aboutir à la conclusion que ces phases climatiques se sont appliquées à nos données et donc finalement ont eu un impact décisif sur les paléoenvironnements et sur les végétations du bassin du Congo-Zaïre, comme cela avait d'ailleurs été présenté par divers auteurs ([16], [21], [22]).

Les auteurs remercient le Professeur P. Giresse (Université de Perpignan) de leur avoir donné l'opportunité d'étudier la carotte KW 23.

Note remise le 25 février 1991, acceptée après révision le 24 juin 1991.

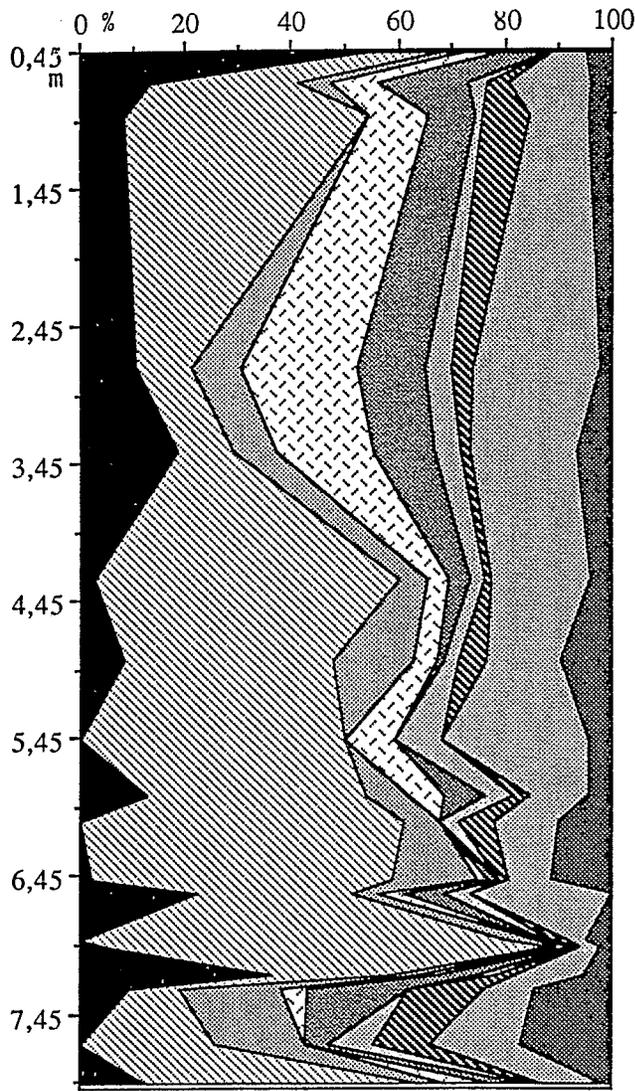
## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] M. D. BONGO, Analyses des flux polliniques sur la marge sud du Golfe de Guinée depuis 135 000 ans, *Dipl. Et. Sup. Univ.*, Montpellier-II, 1990, 62 p.
- [2] J. H. F. JANSEN et coll., *Netherland J. Sea Res.*, 17, 1984, p. 201-249; G. BONGO-PASSI et coll., *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), 4, 1988, p. 437-452.
- [3] D. BONIFAY, Interaction des accumulations terrigènes et océaniques dans le Quaternaire moyen et supérieur des marges profondes du Gabon et de la ride médio-guinéenne, *Thèse d'Université*, Perpignan, 1987, 185 p.; P. GIRESSE et J. BARUSSEAU, *Marine Geology*, 89, 1991, p. 279-297.
- [4] F. WHITE, *The vegetation of Africa*, UNESCO/AETFAT Map et Memoir, 1983.
- [5] K. FAEGRI et J. IVERSEN, *Textbook of pollen analysis*, J. Wiley, Chichester, 1989, 328 p.
- [6] D. G. MARTINSON et coll., *Quat. Res.*, 27, 1987, p. 1-29; J. V. GARDNER et J. D. HAYS, *Geol. Soc. of America Memoir*, 145, 1976, p. 221-245; A. MCINTYRE et coll., *Paleoceanography*, 4, 1989, p. 19-55.
- [7] J. MALEY, *Palaeoecology of Africa*, 18, 1987, p. 307-333.
- [8] J. MALEY, Late Quaternary climatic changes in the African rain forest: Forest refugia and the major role of sea surface temperature variations, *NATO Adv. Sc. Inst., C, Math. Phys. Sc.*, Kluwer Acad. Press, 282, 1989, p. 585-616; J. MALEY, *Climatic Change*, 18, 1991 (sous presse).
- [9] C. POUMOT, *Bull. Centres Rech. Explor. Pr. Elf-Aquitaine*, 13, 1989, p. 437-453.
- [10] P. GIRESSE, *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 41, 1987, p. 7-18.
- [11] C. DOUMENGE, La conservation des Écosystèmes forestiers du Zaïre. U.I.C.N. et Rapport C.E.E., 1990, 242 p.
- [12] J. MALEY, G. CABALLE et P. SITA, Étude d'un peuplement résiduel à basse altitude de *Podocarpus latifolius* sur le flanc congolais du Massif du Chaillu. Implications paléoclimatiques et biogéographiques, in R. LANFRANCHI et D. SCHWARTZ Ed., *Paysages Quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique*, Didactiques, ORSTOM, Paris, 1990, p. 336-351.
- [13] A. FREDOUX et J. P. TASTET, *Trav. Sc. et Techn. Inst. Fr. Pondichéry*, 25, 1988, p. 175-183.
- [14] C. CARATINI et P. GIRESSE, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 288, série II, 1979, p. 379-382.
- [15] H. ELENGA, Les Plateaux Batéké (Congo). Paléoenvironnements quaternaires d'après l'étude du sondage du Bois de Bilanko, *Dipl. Et. Appr.*, Université Aix-Marseille, 1987, 37 p.
- [16] D. SCHWARTZ, *Geoderma*, 43, 1988, p. 229-247; R. DECHAMPS. R. LANFRANCHI, A. LE COCQ et D. SCHWARTZ, *Palaeogeogr., Palaeoecol., Palaeoclim.*, 66, 1988, p. 33-44.
- [17] A. AUBREVILLE, *Adansonia*, 2, 1962, p. 16-84.
- [18] R. E. MOREAU, *The bird faunas of Africa and its islands*, Academic Press, 1967, 424 p.
- [19] E. M. VAN ZINDEREN BAKKER, *Palaeoecology of Africa*, map in frontispiece, 9, 1976.
- [20] F. WHITE, *Webbia*, 19, 1965, p. 651-681.
- [21] P. GIRESSE, *Palaeogeogr., Palaeoecol., Palaeoclim.*, 23, 1978, 57-77.
- [22] J. MALEY, *Synthèse sur le Domaine forestier africain au Quaternaire récent*, in R. LANFRANCHI et D. SCHWARTZ Ed., *Paysages Quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique*, Didactiques, ORSTOM, Paris, 1990, p. 383-389.

ORSTOM, U.R. 1 C, Laboratoire de Palynologie C.N.R.S.-U.A., n° 327,  
Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 34095 Montpellier Cedex 5.

## EXPLICATIONS DE LA PLANCHE

- (a) (à gauche). Diagramme pollinique synthétique des principaux taxons de la partie supérieure (de 0,45 à 7,97 m en ordonnées) de la carotte KW 23. Les valeurs des pourcentages relatifs cumulés sont données en abscisses.
- (b) (à droite). Détails de la variation des pourcentages des principaux taxons polliniques. Les valeurs des pourcentages relatifs sont portées en ordonnées et la profondeur dans la carotte en abscisses. La courbe isotopique est présentée dans le diagramme inférieur : le  $\delta^{18}\text{O}$  est portée en ordonnées et les étages isotopiques sont indiquées au-dessus du diagramme supérieur.
- (a) Synthetic pollen diagram of the main taxa from the upper part (0.45 to 7.97 m on ordinates) of the KW 23 core. The values of the cumulated relative percentages are given on abscissa. (b) Details of the variation of the main pollen taxa. The values of relative percentages are given on ordinates and the depth in the core on abscissa. The isotopic curve is shown in the lower diagram: the  $\delta^{18}\text{O}$  is given on ordinates and the isotopic stages above the upper diagram.



Profondeur

-  *Rhizophora*
-  *Podocarpus*
-  Gramineae
-  Cyperaceae
-  Euphorbiaceae
-  Rubiaceae
-  Caesalpinaceae
-  Varia
-  Indéterminés

