

Ex. J.
Daisy

PALEOPALYNOLOGIE ET PALEOECOLOGIE

Relations entre l'origine, le transport et le dépôt
des palynomorphes et des palynodébris
(partim miospores)

Maurice Streef
1994

Pale 021-0 PALEOPALYNOLOGIE ET PALEOECOLOGIE . 15h + 15h
(Les 15h de TP sont consacrés à une approche morphologique des
miospores concernés)

Les relations entre l'origine, le transport et le dépôt des
palynomorphes et des palynodébris font l'objet de cet enseigne-
ment. Elles sont résumées avantageusement par Traverse (1994)
dont la fig. 1.1. nous servira de fil conducteur (Fig. 1).

L'accent sera mis ici sur les palynomorphes terrestres. Les
palynomorphes marins et les palynodébris seront évoqués seulement
dans les exemples où ils apportent une information complémentaire
aux premiers, pas dans les cas où ils sont étudiés seuls.

Dans le schéma de Traverse, on suivra plusieurs filières (numéro-
tées sur ce schéma) dont certaines sont propres à une partie plus
spécialisée de l'enseignement. Ainsi la filière 1, 2, 10 consa-
crée aux dépôts non-marins peut être développée dans le cadre
d'un enseignement s'adressant à la paléoécologie des tourbières
hautes, par exemple en Hautes-Fagnes. Elle concerne également la
paleoecologie et le transport des miospores dans les tourbières
basses et hautes des milieux côtiers inter- ou sub-tropicaux.
La filière 11 concerne plus particulièrement un enseignement de
palynologie marine, basé sur les palynomorphes marins, les fi-
lières 8 et 9, un enseignement de géologie appliquée...

D'une manière générale, on essayera, dans la mesure du possible,
de faire précéder les exemples pris dans les bassins de sédimen-
tation anciens par des exemples pris dans le Récent.

A. Les filières 2, 3 (transport fluvial) versus 2, 6 (transport par le vent) vers (4) un bassin marin "nearshore"

Le transport et la sédimentation du pollen sont étudiés dans la
région de Calvi, en Corse, à partir d'échantillons de surface
prélevés dans le cours de deux rivières, dans des sites d'inter-
tulle et sur le fond de la mer, près de la côte. (Fig. 1/1, 1/2,
1/3 et 1/4). Le rôle respectif des vents locaux et des courants
fluviaux est mis en évidence pour quelques espèces dominantes.
Le fait d'observation le plus important porte sur l'origine des
pollens sédimentés en mer, près de la côte, dans les accumula-
tions minéralo-organiques formées par les posidonies. Ces pollens
proviennent essentiellement de la végétation de moyenne et haute
altitude (dominance du Pin de montagne), non de la plaine cô-
tière. (Fig. 1/5 a et b). Ils sont surtout transportés par les
rivières en crue. Plus au large, cependant, ces apports locaux
sont dilués dans les assemblages transportés par les courants
marins (Dominance du Pin type pinaster) (Fig. 1/5 c et d). (Voir
Chap. C) (Voir Richelot & Streel, 1985 et Streel & Richelot,
1994).

La fig. 5.6. de Streeel & Richelot (1994) (Fig. 2) résume graphiquement ces dernières conclusions. Elle contraste avec la fig. 5.5. des mêmes auteurs (Fig. 3), basée sur l'analyse, par Hopping (1967), de bassins cénozoïques du sud-est asiatique où plaine alluviale et plaines côtières sont très développées. Ces derniers bassins montrent un enrichissement progressif en pollens vers l'aval et un site de dépôt marin "nearshore" où la quantité et la diversité des palynomorphes terrestres sont optimales.

La sédimentation pollinique récente dans le delta de l'Orénoque (Venezuela), étudiée par Muller (1959), détaille le contrôle exercé par les courants marins (sur Avicennia) et aériens (sur Podocarpus), sur le dépôt "nearshore" (Fig. 4). Elle montre pour la première fois l'importance comparée des palynodébris tels que "tracheids" et "cuticles". Les travaux ultérieurs prendront aussi en compte la matière organique amorphe (Fig. 5, exemple pris pour un delta comparable chez Boulter, 1994). (La classification et l'utilisation des palynodébris à des fins de reconstitution des environnements -filiera 5- ne font pas partie de cet enseignement.)

La sédimentation pollinique sur la partie émergée du delta est extrêmement hétérogène, contrairement à ce qui est observé en milieu marin côtier. La distance entre "milieu de production" et "milieu de dépôt" étant plus courte, certains liens entre la composition de l'assemblage de palynomorphes terrestres et la composition de la végétation productrice sont conservés. (Exemple de la localisation du type tricolporate-baculate). L'hétérogénéité de tels milieux dans le temps et dans l'espace est bien mise en évidence dans un delta à fort apport fluvial comme le Mississippi (Fig. 6).

Les deltas de type marée (comme le Rhône) ou de type houle (Fig. 6/1) sont beaucoup plus influencés par les apports marins et de ce fait la distribution des palynomorphes y est plus homogène.

Application au Mésozoïque

L'étude des miospores des séries deltaïques du Dogger (Jurassique) du Yorkshire (England), réalisée par Muir ^{in Chaloner & Muir (1968)} (~~1964~~), permet de retrouver quelques similitudes avec les exemples plus récents exposés plus haut. Les comparaisons sont facilitées par une bonne connaissance de la flore productrice.

On remarquera d'abord la ressemblance entre les sédiments gréseux continentaux et la moyenne des sédiments marins (Fig. 7) où les pollens de Conifères dominent. On peut en déduire que Muir (1964) fut la première à mettre en évidence un apport fluvial des miospores (sans doute provenant de l'arrière-pays) dans le bassin marin, distinct de celui des plaines côtières et alluviales proches ("Effet MUIR" par opposition à l'"effet HOPPING"). Une analyse plus détaillée des relations entre chaque taxon et les divers sédiments (Fig. 8) permet une approche dans la recherche de l'environnement requis par la végétation-source.

Application au Paléozoïque

La distribution latérale des miospores dans le Famennien supérieur a été étudiée dans différents milieux sédimentaires de Virginie (USA) et de Belgique (Streel & Scheckler, 1990). Une approche plus détaillée est tentée en Belgique, dans la vallée de l'Ourthe (Streel & Maziane, 1993). Ici les relations des miospores avec la flore productrice sont moins bien connues. On détermine d'abord les relations entre les miospores et les sédiments où ils sont dominants. On reconstitue ainsi (1) un marais tourbeux à Rhacophyton, (Le premier marais tourbeux de l'Histoire géologique!) présent à l'amont comme à l'aval du relief, (2) une végétation de plaine alluviale bien drainée, à Archaeopteris, et (3) 3 ou 4 environnements de bord de marécage, un ou deux, typiques de l'amont, deux, typiques de l'aval (Voir Streel & Scheckler, 1990- Fig. 12 et 13- et Streel & Maziane, 1993 -Fig. 10-) représentés par 4 miospores dont la plante-mère est inconnue.

Les mêmes miospores dominantes (sauf une, "hystricosus") sont présentes en Belgique où les échantillons étudiés sont classés en fonction de l'abondance de ces miospores (Fig. 9). On en déduit, localement au moins, des apports d'amont (effet MUIR) et une certaine cyclicité dans les différents apports confirmée par l'analyse séquentielle faite par les sédimentologues (Lafleur & Thorez 1994) (Fig. 11).

B. Cyclicité dans les bassins marins "nearshore".

Le sondage d'Ashdod, sur la côte d'Israël, recoupe 150 m de dépôts quaternaires (Fig. 14), la plupart, marins côtiers (Rossignol 1962).

On y observe plusieurs groupes de miospores dont l'abondance respective traduit différentes influences d'origine terrestre. Les pollens des "associations fixes", en particulier, montrent la réponse de la végétation côtière locale aux variations du niveau de la mer. (Fig. 15/1). Les spores traduisent un apport du delta du Nil et d'autres pollens, un apport plus lointain, par le Nil, de l'Erythrée ou de la crête Nil/Zaïre, c'est à dire de régions intertropicales. Les valeurs relatives du Pin d'Alep reflètent les conditions climatiques des collines de l'arrière-pays à l'est d'Israël. Les crues du Nil (maximum d'apport lointain) correspondent aux hauts niveaux marins. Elles coïncident avec un changement dans les Dinoflagellés, sans doute lié aux changements dans la salinité des eaux côtières. On peut mettre ainsi en relation les phases "pluviales" intertropicales avec les phases "interglaciaires" de l'hémisphère Nord. (Fig. 15)

La cyclicité observée est donc d'origine climatique et glacio-eustatique. Dans l'exemple qui précède la sédimentation est strictement côtière, déposée sur le plateau continental, à faible profondeur.

L'exemple qui suit correspond à un sondage fait sur la pente du plateau continental, à près de 1000 m de profondeur et à 40 km au

large de Dakar (Rossignol-Strick et Duzer, 1976). (Fig 16 a et b)
Il concerne la fin de la glaciation wurmienne et l'Holocène.
Sa position est utile dans la mesure où il a enregistré les
déplacements de l'ITCZ au cours des derniers 22.500 ans. (Fig.
16c). (Les déplacements de l'ITCZ sur l'Afrique dans les phases
glaciaires et interglaciaires et les relations avec les phases
pluviales sont détaillées sur le Fig. 17)
On assiste aux influences respectives des changements de la
végétation côtière (Chénopod. littor./mangrove), des apports de
la zone pre-saharienne par les vents de NE, des apports succes-
sifs soudano-guinéen, soudanien puis sahélien, par le fleuve
Sénégal et les vents de mousson du SW.
On n'observe donc qu'une partie d'un cycle et les influences
climatiques sont déterminantes, sans qu'apparaisse bien
l'influence du changement de niveau de l'océan.

Application au Tertiaire

Poumot (1989) a mis au point une méthode de palynologie séquen-
tielle qui repose sur les constatations faites plus haut. Une de
ses applications concerne le delta du Niger dans le golfe de
Guinée. L'analyse se fonde sur une bonne connaissance de la
répartition de la végétation locale (Fig. 18) et de ses contrain-
tes écologiques (Fig. 19) en particulier en fonction des change-
ments du niveau de la mer.

La méthode consiste à mettre en évidence les valeurs relatives
maximales des taxons les plus représentatifs de cette végétation
et de relier ces maxima en séquences répétitives (Fig. 20).
L'interprétation de ces séquences est faite essentiellement en
terme de stratigraphie séquentielle (Fig. 21).

Poumot & Suc (1994) complète la méthode par l'analyse des palyno-
débris. Le calcul de différents lissages des courbes de fréquence
relative leur permet de restituer des cycles de 3ème ordre et de
4ème ordre dans la stratigraphie séquentielle (Vail et al.,
1977). (Fig. 22)

Applications au Crétacé (Etudes non publiées, réalisées à l'ULg)

Une méthode comparable a été appliquée aux séquences du Campanien
et du Maastrichtien en carrières dans la vallée de la Meuse par
Slimani (non publié) pour la palynologie et Akodad (non publié)
pour l'analyse séquentielle et l'analyse des argiles. Echantil-
lonnage plus ou moins continu, plus ou moins mètre par mètre, sur
plus de 80 m de sédiments crayeux (2 % d'argile seulement!) à
Halembaye (au nord de Liège).

L'analyse des "palynocycles" repose sur le postulat que les
"monocolpes" dénombrés représentent une végétation côtière (Pal-
miers ?) dépendant du niveau de la mer, les "tricolpés" et les
"nortriporés" (= Normapolles + triporés), une végétation fores-
tière plus éloignée du rivage. Dans 85 % des cas les limites des
palynocycles coïncident avec les limites des argilocycles qui,
eux suggèrent des cycles de 4ème ou 5ème ordre, de type Milanko-
vitch (400 ka ?)

Une analyse palynologique beaucoup plus détaillée (Echantillonnage continu, 5 cm par 5 cm, sur environ 2 m 50) (sous l'Horizon de Nivelles, à l'ENCI), effectuée par Normand (non publié), reposant sur le même postulat, montre une relation évidente avec la distribution des mésofossiles et les mesures du rapport isotopique $18\text{ O}/16\text{ O}$ traduisant des variations de température. Ceci suggère que le moteur de la cyclicité serait d'ordre climatique plutôt qu'eustatique ?

Applications au Paléozoïque

L'alternance de palynofacies riches en Lycospora ou en Florinites dans le Carbonifère ^{et Mur} supérieur de Grande Bretagne a été interprétée par Chaloner (1968) comme le résultat des variations du niveau de la mer (effet NEVES). (Fig. 23)

Voir aussi les palynocycles du Famennien supérieur (Fig. 11).

C. Les filières 7 (par les courants marins) versus 12 (par le vent) du transport au delà du plateau continental

Les résultats obtenus par l'analyse palynologique de sédiments contenant des quantités extrêmement faibles (de l'ordre de 50 /gr. sédiment) de sporomorphes (Exemples du Crétacé supérieur à Halebaye et à l'ENCI) encouragent à envisager le transport latéral des sporomorphes, offshore, bien au delà des limites du plateau continental.

En milieux côtiers, on a pu constater que l'apport par les courants fluviaux et marins domine largement l'apport par les vents. Lorsqu'on s'écarte de la côte, en revanche l'importance respective des apports par les courants marins et par les courants aériens (aérosols) change en faveur des seconds mais on peut encore distinguer dans les premiers, des apports proches et des apports lointains.

L'étude réalisée par Rossignol-Strick (1974) d'un sondage profond (Fig. 24/2) sur une ride face au delta sous-marin (Fig. 24/1) du Nil montre le contraste pollinique entre d'une part des turbidites terrigènes avec des pollens transportés par le Nil (Graminées, Cyperacées, Ptéridophytes) et des boues pélagiques (dans la partie supérieure du sondage) contenant des pollens péri-méditerranéens transportés en mer sans doute surtout par voie aérienne (Pinus, Quercus et de nombreuses autres espèces). Le diagramme suggère une surrection du fond marin abyssal après le dépôt du premier type de spectre pollinique, avant et pendant celui du second type. Cette surrection a eu pour effet de mettre progressivement le site de sédimentation hors de portée des apports proches venant du Nil.

Lorsque les courants marins sont forts, ils conditionnent encore largement la distribution latérale des sporomorphes. La sédimentation pollinique sur le plateau continental en face

d'Ashdod (Israël) dépend des forts courants côtiers qui transportent les alluvions du Nil vers le nord. (Rossignol 1961). La distribution parallèle au rivage des concentrations de pollen (Fig. 25/1 et 25/4) traduit l'influence prépondérante de ces courants.

Malgré le faible taux de sporomorphes retenus dans ces sédiments (50/gr. sédiment), on peut cependant mettre en évidence, d'une part un apport localisé (par le vent ?) des pollens à ballonnets de Pinus halepensis dont les fréquences relatives augmentent vers le large (Fig. ~~25/9~~), et d'autre part un apport proche mais ponctuel de pollens "autochtones" à la faveur de la décharge sans doute intermittente d'un petit oued côtier (Fig. 25/6).

La partie de l'océan atlantique qui est proche de la côte ouest de l'Afrique, à hauteur du Sahara, se prête bien à une étude de l'apport éolien. En effet cette région est, et est restée même en phase glaciaire, sous l'influence des alizés de nord-est ou Harmattan (Fig. 17). Il est bien connu que la charge de sédiments minéraux d'origine éolienne est considérable dans cette partie de l'Atlantique. Un travail qui confronte le contenu pollinique des aérosols, collectés sur un navire océanographique (Fig. 26/1) et celui de sédiments prélevés en surface sur de grands fonds océaniques a été réalisé par Melia (1984).

L'exemple des pollens de Composées (Fig. 26/27 et 26/28) montre bien que l'apport éolien considérable (environ 50/m³ d'air) est ensuite dilué vers l'ouest par les courants marins (environ 50/gr. sédiment).

Sur un intervalle en latitude qui s'étale sur près de 40°, on reconnaît 3 palynoflores géographiquement distinctes: une palynoflore nord, composée d'éléments du bassin méditerranéen (Fig. 26/15 et 16, 26/19 à 21), une palynoflore centrale, composée de plantes dérivées du désert (Fig. 26/23 et 24, 26/27 et 28), une palynoflore sud composée de pollens d'origine tropicale (Fig. 26/26).

On remarquera que l'apport éolien explique tous les pollens sédimentés au nord du Tropique du Cancer tandis que l'apport côtier fluviatile et les courants marins restent prépondérants au sud (Fig. 26/3 et 4), tendance semblable pour les spores de champignons (Fig. 26/5 et 6).

On remarquera aussi le transport important des bisaccates par le vent (Fig. 26/13 et 14).

Enfin, l'accumulation côtière des Dinoflagellés (Fig. 26/11) traduirait le phénomène d'"upwelling" bien connu près de ces côtes.

Les résultats obtenus sur les sédiments de surface de grands fonds océaniques à l'ouest de l'Afrique avaient été perçus déjà par Koreneva (1964) dans la Mer d'Okhotsk, à grandes profondeurs à l'est de la Sibérie (Fig. 27/5): pollens de bouleaux et d'aulnes, au nord, de "latifoliées", au sud.

Même dans une mer peu étendue en latitude comme la Méditerranée, on retrouve dans des sédiments de fortes profondeurs, en plus



d'une forte dominance généralisée de Pinus (Voir aussi les sédiments étudiés au large de Calvi -Fig. 1/5)), des apports régionaux plus localisés comme ceux du Cèdre (Fig. 27/6) (D'après Koreneva, 1971).

En revanche, lorsque l'on s'éloigne fort des sources de production des sporomorphes, on observe une déformation des concentrations, voire des valeurs relatives, en fonction de la compétence variable des courants marins et des capacités respectives de flottaison des sporomorphes (à court ou à long "rayon d'action").

Ainsi dans le milieu récifal des Bahamas, on observe, contrairement à la distribution faible mais homogène de la Méditerranée, une distribution hétérogène des concentrations de Pinus en fonction des courants (Fig. 27/3). En particulier l'accumulation, dans une "fosse" un peu plus profonde le long de l'île d'Eleuthère (Fig. 27/4), de concentrations élevées de Pinus, dans une sédimentation argileuse, bien qu'il n'y ait pas de Pins sur cette île. (Traverse & Ginsburg, 1966)

De même, un transect au nord de la presqu'île de Qatar, dans le Golfe persique, montre une accumulation de pollen en proportion de la quantité d'argile notée dans le sédiment (Fig. 27/1 et 2). Il s'agit d'un apport pollinique très lointain car la végétation côtière est pratiquement inexistante et la source est sans doute à trouver à l'embouchure du Tigre et de l'Euphrate, à 400 km de distance.

Enfin, la sédimentation de surface sur une plateforme de faible profondeur d'eau (<10m) autour des îles Kerkennah, à l'est de la Tunisie (Fig. 28/2), a été étudiée en relation avec les fréquences relatives des principaux pollens par Brun (1983) (Fig. 28/1). L'auteur conclut que les modifications observées d'ouest en est ne sont liées, ni à l'épaisseur de la tranche d'eau, ni au faciès des sédiments, ni à leur granulométrie. Ces changements sont à mettre en relation avec l'éloignement du rivage. On observe une diminution de la représentation de l'Olivier, élément prépondérant des domaines phytogéographiques de la Tunisie proche, au bénéfice d'essences forestières lointaines.

D. Problèmes liés à l'échantillonnage en milieu bathyal: lacunes sédimentaires dans les dépôts siliciclastiques profonds

Les courants sous-marins, en particulier sur la pente du plateau continental, entraînent parfois une partie des sédiments déjà déposés créant ainsi des lacunes sédimentaires par arrachement. Des modifications du parcours de ces courants peuvent entraîner également des non-dépôts.

Dans le Golfe de Tarente, Belfiore *et al.* (1982) (Fig. 29) ont analysé 3 courts sondages afin de déterminer leurs relations stratigraphiques réciproques. Celles-ci ne peuvent être établies que moyennant l'acceptation de lacunes sédimentaires considérables. On remarquera, dans le sondage 210, que la diminution des pourcentages de Pinus est seulement apparente et le résultat de l'apparition concomitante d'abondants pollens de Quercus. En réalité, les concentrations de Pinus sont très importantes dans la zone où il régresse en valeur relative. Cette abondance pourrait être mise en relation avec un changement dans le taux de sédimentation. Il apparaît alors que les sédiments les plus supérieurs de chaque sondage ne sont pas tous contemporains (Pas de maxima de l'Olivier dans les sondages 137 et 210!) et que l'étude comparée des sédiments de surface de Belfiore *et al.*, 1981 (Fig. 30) était prématurée.

Le réexamen du site, à l'aide de deux sondages supplémentaires (Fig. 31) aboutit à un nouvel essai de corrélation alternatif, que tendent à confirmer des analyses de microfossiles animaux. L'exemple est donné pour illustrer les aléas d'une telle démarche.

BIBLIOGRAPHIE

- BELFIORE, A., DAMBLON, F., MONCHARMONT, M., OZER, A. PESCATORE, T., STREEL, M. et THOREZ, J.(1981)
La sédimentation récente du Golfe de Tarente (Italie méridionale) : aspects minéralogiques et micropaléontologiques. *Bull. Soc. Roy. Sc. Liège*, 11-12, 373-383.
- BELFIORE, A., BONADUCE, G., DAMBLON, F., GARAVELLI, C., PASCELLARO, P., MASOLI, M., MIRABILE, L., MONCHARMONT, M., MORETTI, M., NUOVO, G., OZER, A., PENNETTA, M., PESCATORE, T., PLACELLA, B., PUGLIESE, N., RUSSO, B., SENATORE, M.R., SGARRELLA, F., SPÉZIE, G.-C., STREEL, M., THJOREZ, J., TRAMUTOLI, M. et VULTAGGIO, M.(1982)
La sédimentation holocène du golfe de Tarente (Italie méridionale) : approche stratigraphique et paléoclimatique basée sur l'étude de trois carottes de sondage. *Bull. Soc. géol. France*, 24, 3, 581-588.
- BOULTER, Michael C.(1994)
An approach to a standard terminology for palynodebris. In *Sedimentation of Organic Particles*, ed. Alfred Traverse Cambridge University Press, 199-216.
- BRUN, A. (1983)
Étude palynologique des sédiments marins Holocènes de 5000 B.P. à l'actuel dans le Golfe de Gabès (mer pélagienne). *Pollen et Spores*, 25, 437-60.
- CHALONER, W.G. & MUIR, M.(1968)
Spores and floras. In D. Murchison and T. Stanley Westoll, eds. *Coal and Coalbearing Strata*. Oliver and Boyd, Edinburgh, 127-146.
- HOPPING, C.A.(1967)
Palynology and the oil industry. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 2, 23-48.
- KORENEVA, E.V.(1964)
Distribution of spores and pollen of terrestrial plants in bottom sediments of the Pacific Ocean. In *Ancient Pacific Floras - the Pollen Story*, ed. L.M. Cranwell. Honolulu : University of Hawaii Press, 31.
- KORENEVA, E.V.(1971)
Spores and pollen in Mediterranean bottom sediments. In *The Micropaleontology of Oceans*, ed. B.M. Funnell & W.R. Riedel. New York : Cambridge University Press, 361-71.
- LAFLEUR, S.(1991)
Contribution à l'analyse des séquences génétiques dans la partie la plus élevée de la formation d'Evieux (Famennien supérieur) à Esneux. Fac. des Sciences Univ. Lge, mémoire Licence.
- MAZIANE, N.(1993)
Palynologie quantitative de la formation d'Evieux (Famennien supérieur) à Esneux. Fac. des Sciences Univ. Lge, mémoire Maîtrise.
- MELIA, M.B.(1984)
The distribution and relationship between palynomorphs in aerosols and deep-sea sediments off the coast of northwest Africa. *Marine Geology*, 58, 345-71.
- MULLER, J.(1959)
Palynology of Recent Orinoco delta and shelf sediments. *Micropaleontology*, 5, 1-32.
- POUMOT, C.(1989)
Palynological evidence for eustatic events in the tropical Neogene. *Bull. C.r. expl.-prod. Elf-Aquitaine*, 13, 2, 437-453.

- POUMOT, C. et SUC, J.-P.(1994)
 Palynofaciès et dépôts séquentiels dans des sédiments marins du Néogène. (Palynofacies and sequential deposition in marine sediments of the Neogene). *Bull. C.r. explor.-prod. Elf Aquitaine*, **18**, Publ. Spéc., 107-119.
- RICHELOT, C. & STREEL, M.(1985)
 Transport et sédimentation du pollen par les courants aériens, fluviaux, et marins à Calvi (Corse). *Pollen et Spores*, **27**, 349-64.
- ROSSIGNOL, M.(1961)
 Analyse pollinique de sédiments marins Quaternaires en Israël. I. Sédiments récents. *Pollen et Spores*, **3**, 303-24.
- ROSSIGNOL, M.(1962)
 Analyse pollinique de sédiments marins quaternaires en Israël. II. Sédiments pleistocènes. *Pollen et Spores*, **4**, **1**, 121-148.
- ROSSIGNOL,-STRICK, M.(1974)
 Tectonique de plaques et sédimentation palynologique marine sur la ride méditerranéenne. *Sci. Géol., Bull.*, **27**, **1-2**, 135-145.
- ROSSIGNOL,-STRICK, M. & DUZER, D.(1979)
 Late Quaternary pollen and dinoflagellate cysts in marine cores off West Africa. *Pollen et Spores*, **21**, **1-2**, 105-134.
- STREEL, M. & MAZIANE, N.(1993)
 Miospores and palynofacies, in Mixed siliciclastic-carbonate depositional environments of the late Famennian in the Ourthe Valley, Belgian, in Late Famennian to Namurian in the eastern Ardenne, Belgium *Guidebook* (Ed. Dreesen, R., Poty, E., Streel, M. & Thorez, J.). Subcommunion on Carboniferous Stratigraphy, Liège, June 1983, 19-21.
- STREEL, M. & RICHELOT, Cl.(1994)
 Wind and water transport and sedimentation of miospores along two rivers subject to major floods and entering the Mediterranean Sea at Calvi (Corsica, France). In *Sedimentation of Organic Particles*, ed. Alfred Traverse Cambridge University Press, 59-67.
- STREEL, M. & SCHECKLER, S.E.(1990)
 Miospore lateral distribution in upper Famennian alluvial, lagoonal to tidal facies from eastern United States and Belgium. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **64**, 315-324.
- TRAVERSE A. & GINSBURG R.N.(1966)
 Palynology of the surface sediments of Great Bahama Bank, as related to water movement and sedimentation. *Marine Geology*, **4**, 417-59.
- TRAVERSE, A.(1994)
 Sedimentation of palynomorphs and palynodebris : an introduction. In *Sedimentation of Organic Particles*, ed. Alfred Traverse Cambridge University Press, 1-8.
- VAIL, P.R., MITCHUM, R.M.Jr., TODD, R.G., WIDMERI, J.W., THOMPSON, S., SANGREE, J.B., BUBB, J.N. & HATELID, W.G.(1977)
 Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In Seismic stratigraphy. Application to hydrocarbon exploration. *Mem. amer. Assoc. Petroleum Geology*, **26**, 49-212.

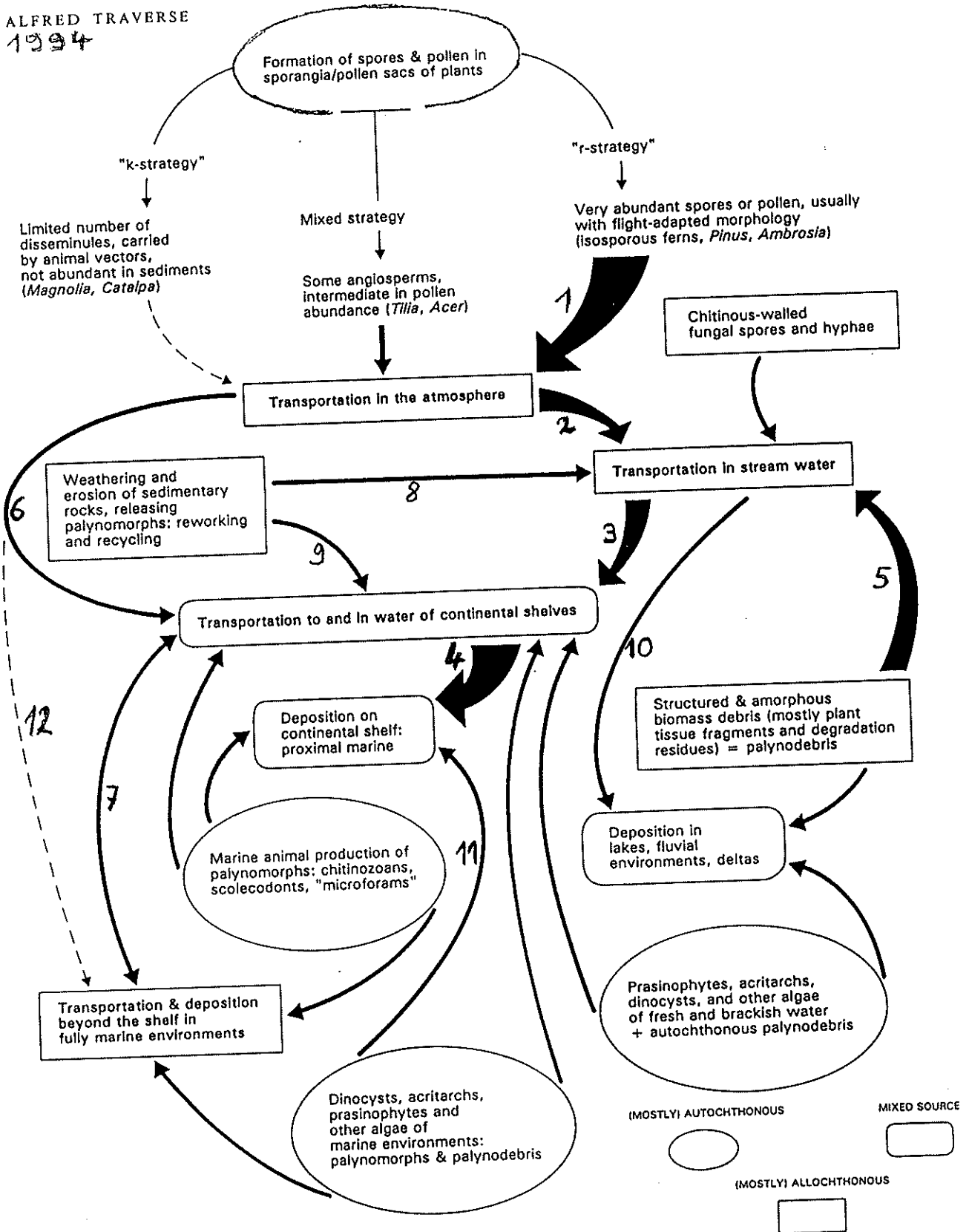


Figure 1.1. The complex origin, transportation and deposition as sediment, of robust organic (carbonaceous) particles. The shape of the boxes indicates whether particles concerned are produced mostly in the given fluid environment (autochthonous), or delivered mostly to that environment from outside of it (allochthonous), or have a mixed

source. (See legend at bottom of figure.) The size of the arrows indicates very roughly the relative magnitude of particle movements. More detail is provided for tracheophyte spores and pollen, because information derived from fossil sporomorphs is widely used for reconstruction of terrestrial climate and events.

Fig. 1

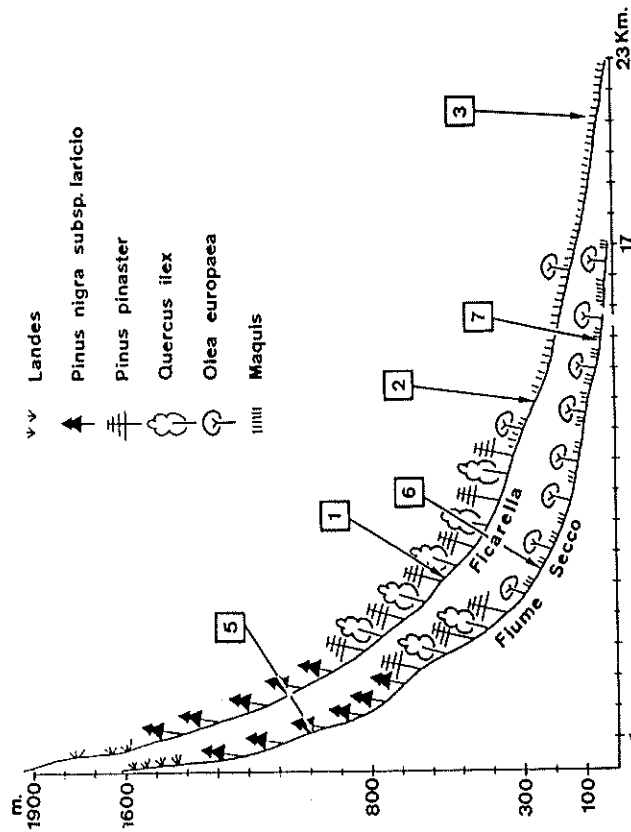


Fig. 2. — Profil en long de la Ficarella et du Fiume Secco et emplacement des « échantillons fluviatiles » en relation avec la végétation des versants.

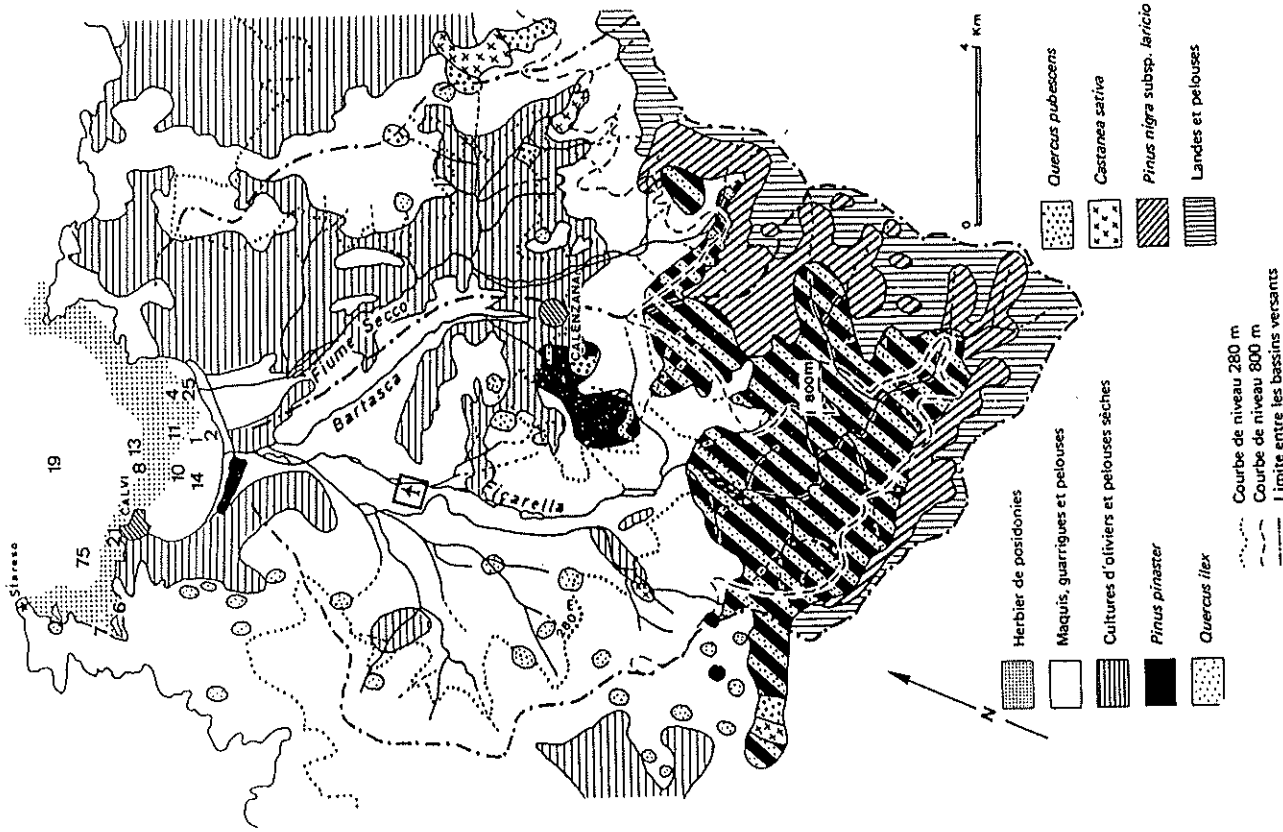


Fig. 1/1 — Le relief et la végétation des bassins versants du golfe de Calvi. D'après la carte de la végétation de la France (Corse) par DUPIAS, GAUSSEN, IZARD et REY (1966).

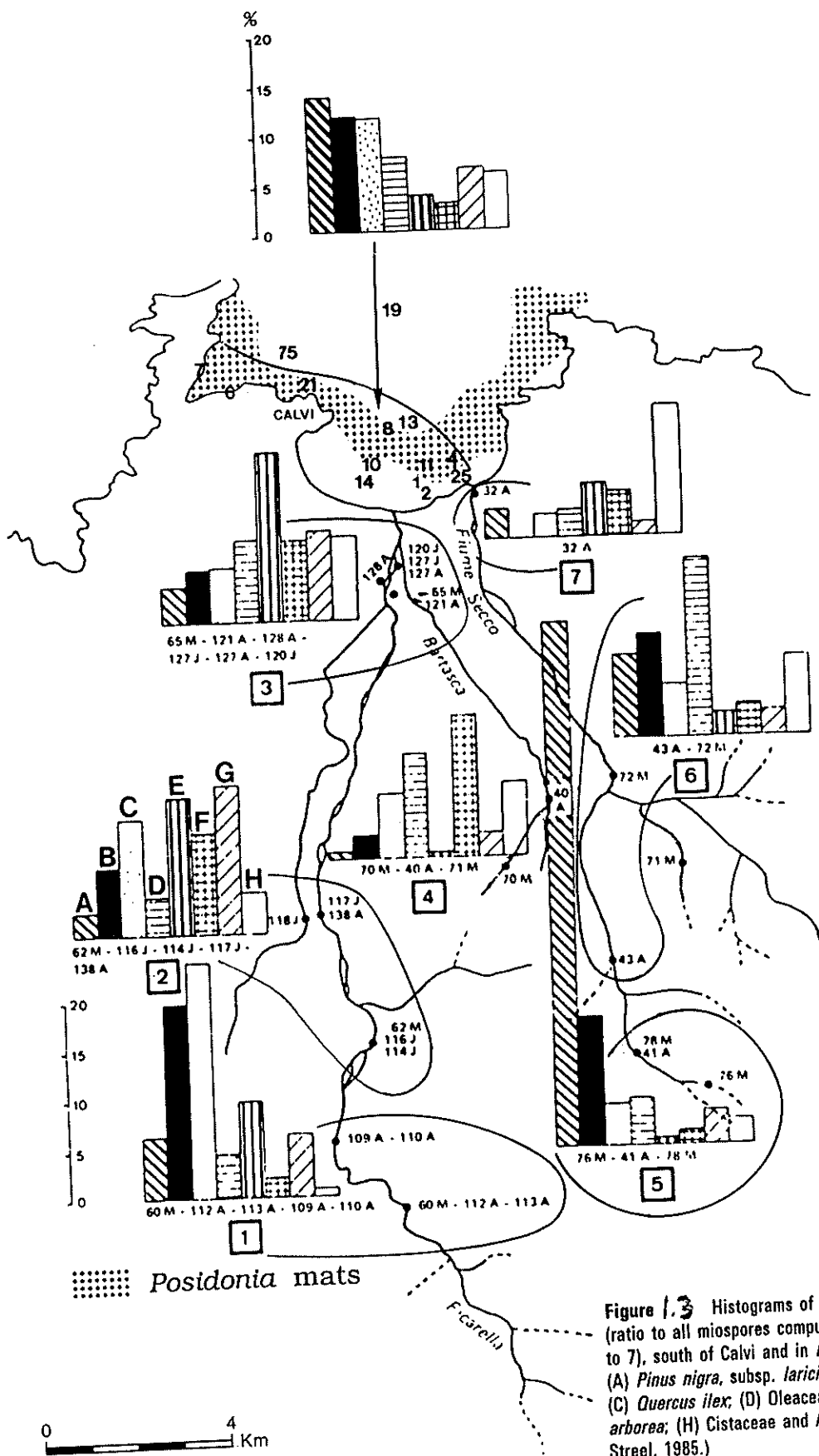


Figure 1.3 Histograms of relative frequencies of eight pollen taxa (ratio to all miospores computed) in river samples (mean localities 1 to 7), south of Calvi and in *Posidonia* samples in the Bay of Calvi. (A) *Pinus nigra*, subsp. *laricio*; (B) *Pinus pinaster* subsp. *hamiltonii*; (C) *Quercus ilex*; (D) Oleaceae; (E) *Alnus* sp.; (F) Poaceae; (G) *Erica arborea*; (H) Cistaceae and Asteraceae. (Modified from Richelot & Strel, 1985.)

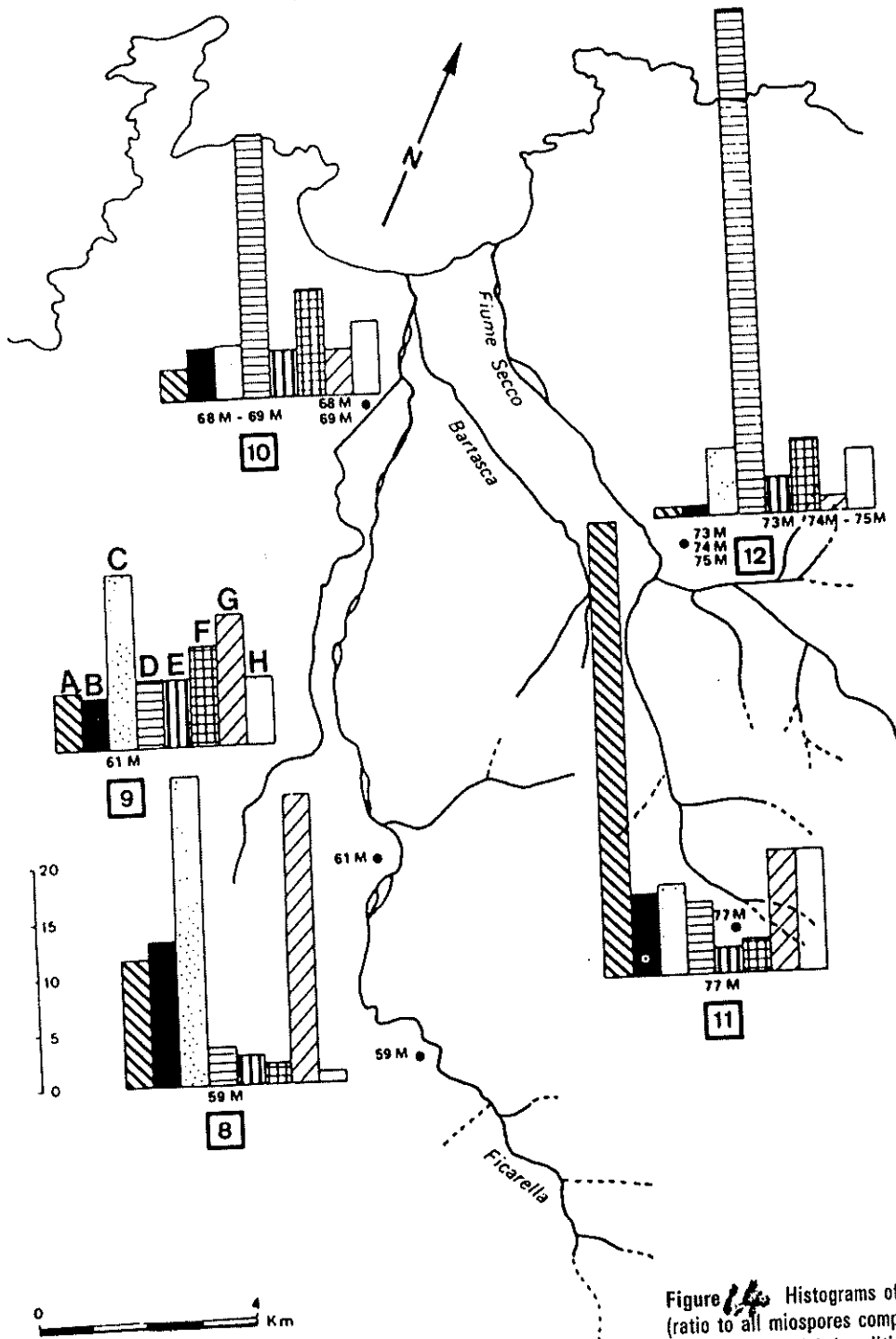


Figure 14. Histograms of relative frequencies of eight pollen taxa (ratio to all miospores computed) outside the rivers (localities 8 to 12), south of Calvi. Localities 10 and 12 include sub-localities. (A) *Pinus nigra*, subsp. *laricio*; (B) *Pinus pinaster* subsp. *hamiltonii*; (C) *Quercus ilex*; (D) Oleaceae; (E) *Alnus* sp.; (F) Poaceae; (G) *Erica arborea*; (H) Cistaceae and Asteraceae. (Modified from Richelot & Streel, 1985.)

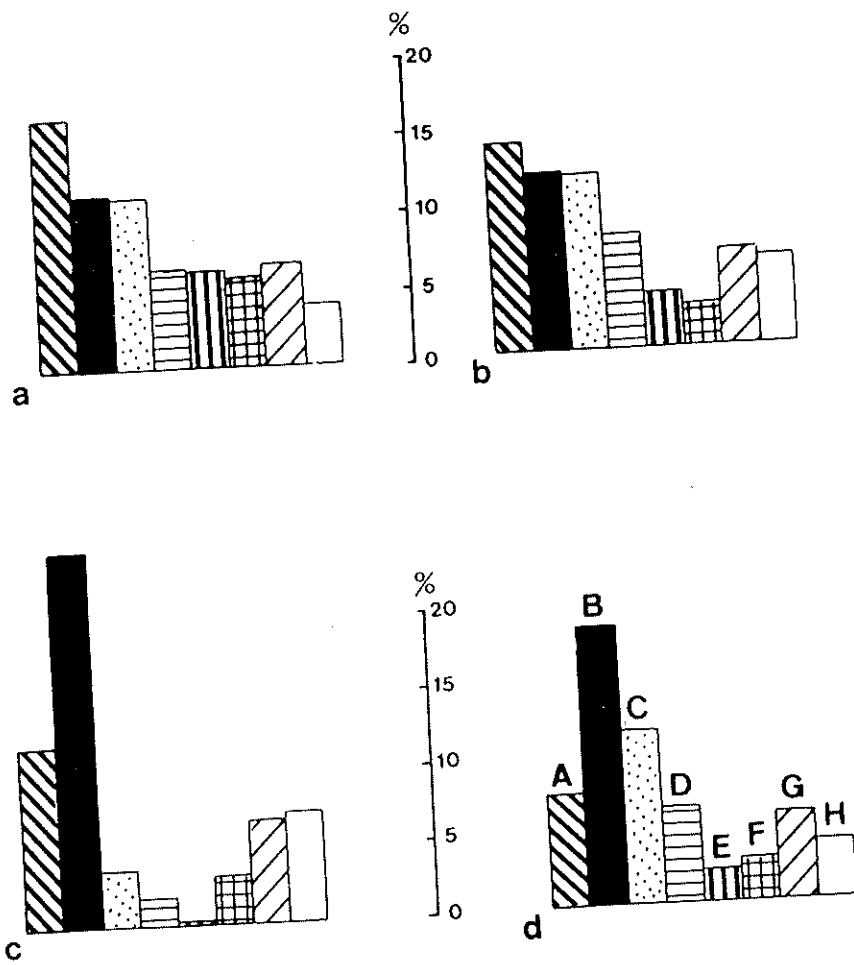


Figure 1.5 Histograms of relative frequencies of eight pollen taxa (ratio to all miospores computed): (a) mean of four river sample localities (1, 2, 5, 6) in the intermediate and high level; (b) mean of all samples in the *Posidonia* mats. (c) sample 19, at 70 m depth and 2 km offshore. (d) sample 75, at 45 m depth and 500 m offshore. (See Fig. 5.2 for localities of samples 19 and 75.) (A) *Pinus nigra*, subsp. *laricio*; (B) *Pinus pinaster* subsp. *hamiltonii*; (C) *Quercus ilex*; (D) Oleaceae; (E) *Alnus* sp.; (F) Poaceae; (G) *Erica arborea*; (H) Cistaceae and Asteraceae.

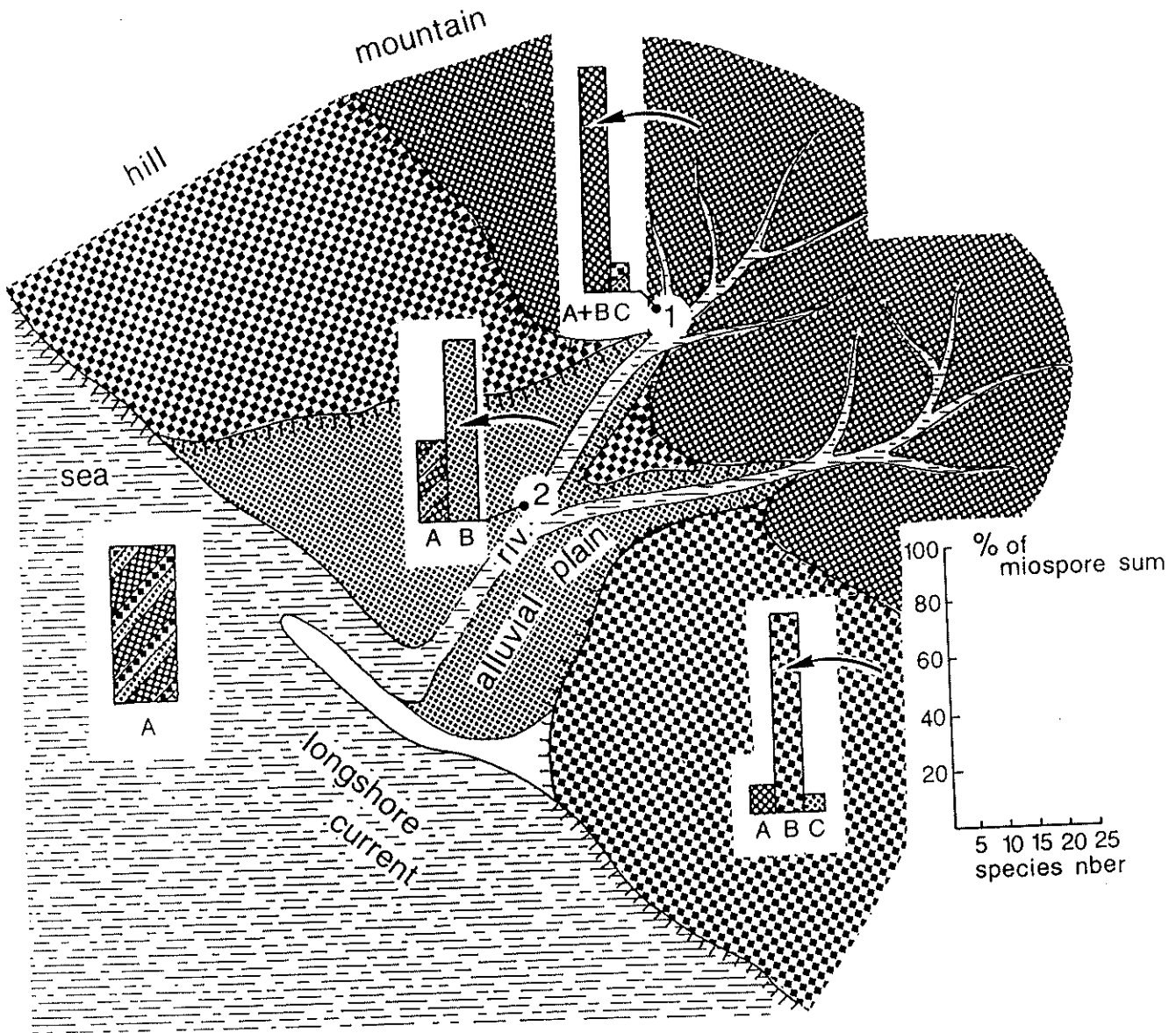


Figure 2 Reconstruction of wind and river transport of miospores to the sea in a coastal mountainous environment with poorly developed coastal and alluvial plains, such as that in the Calvi area. (A) wind and river transport from upstream; (B) local wind transport; (C) wind transport from downstream.

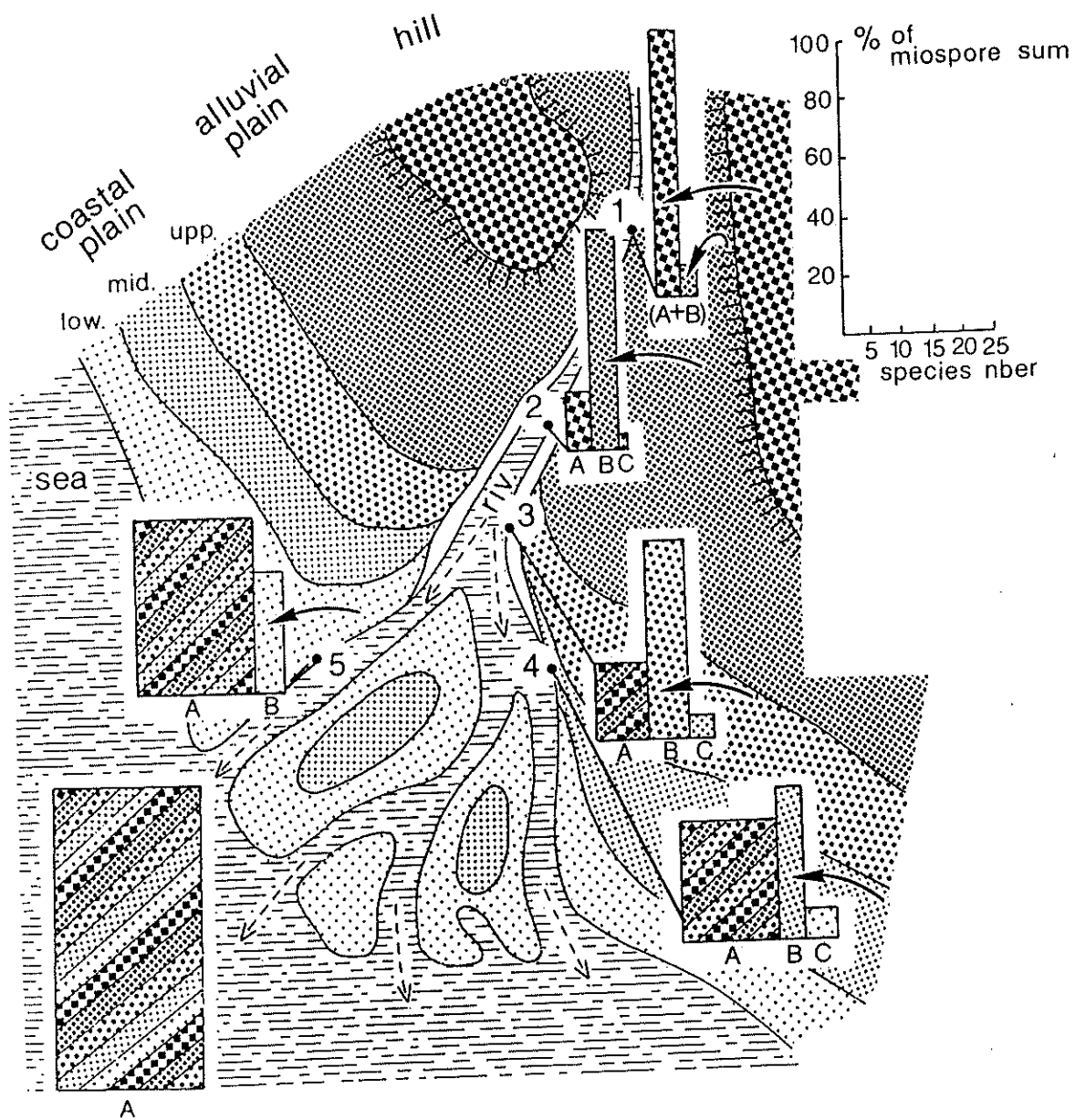


Figure 3 Reconstruction of wind and river transport of miospores to the sea in a deltaic environment with well developed coastal and alluvial plains. (A) wind and river transport from upstream; (B) local wind transport; (C) wind transport from downstream. (See also Hopping, 1967).

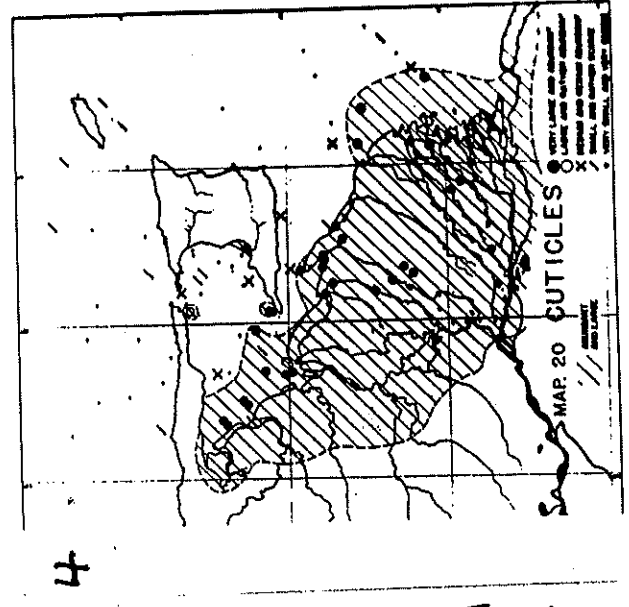
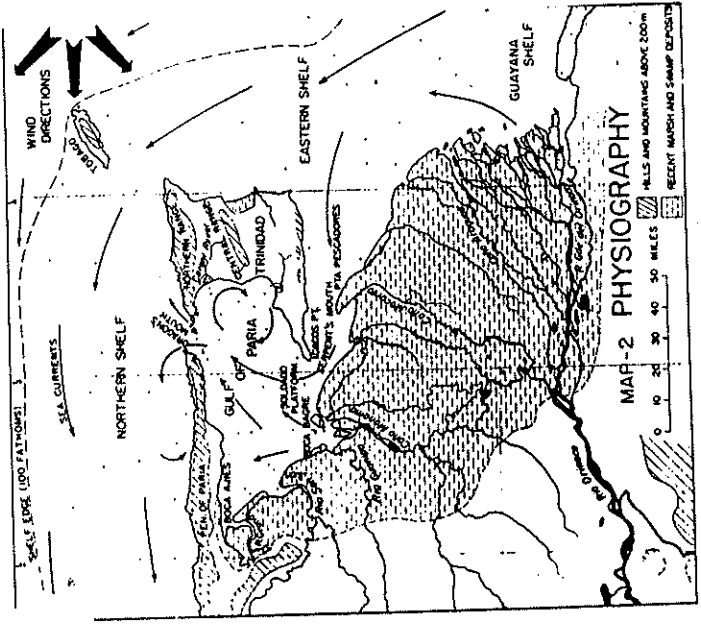
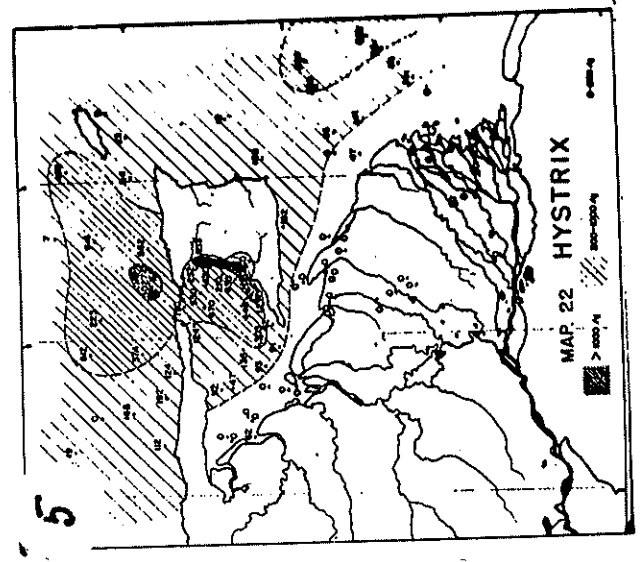
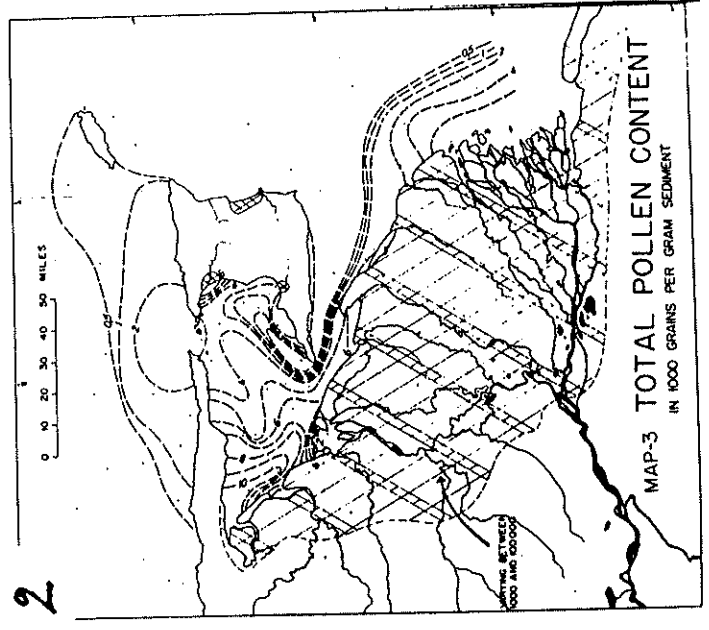
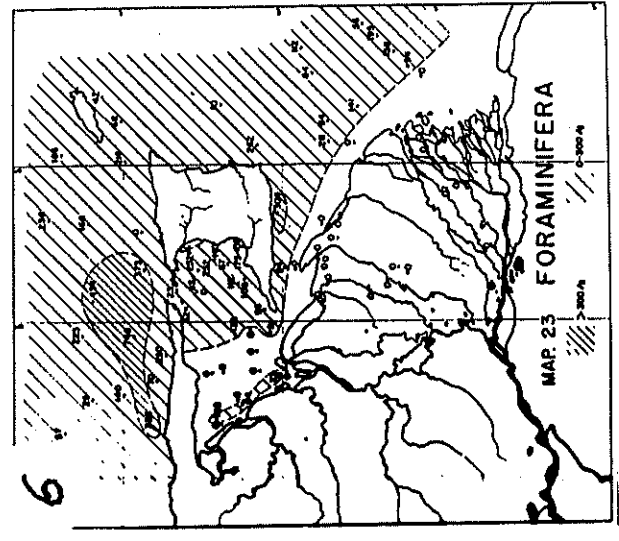
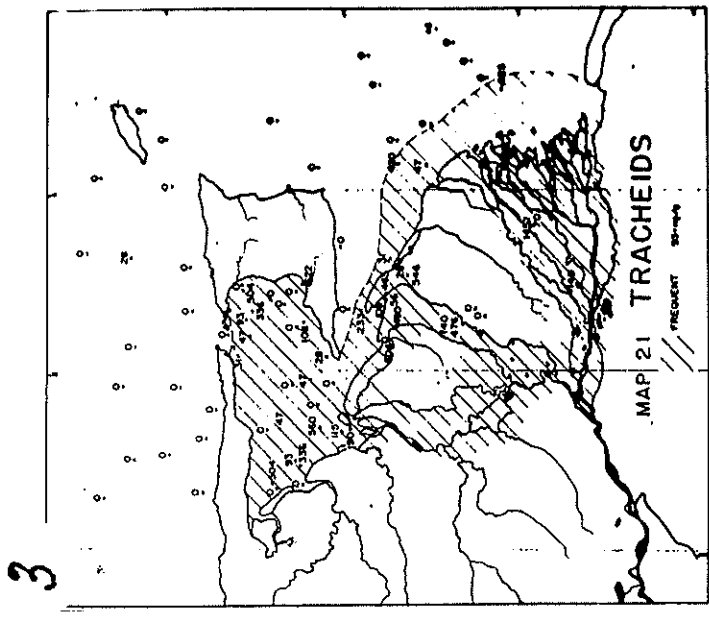


Fig. 4a

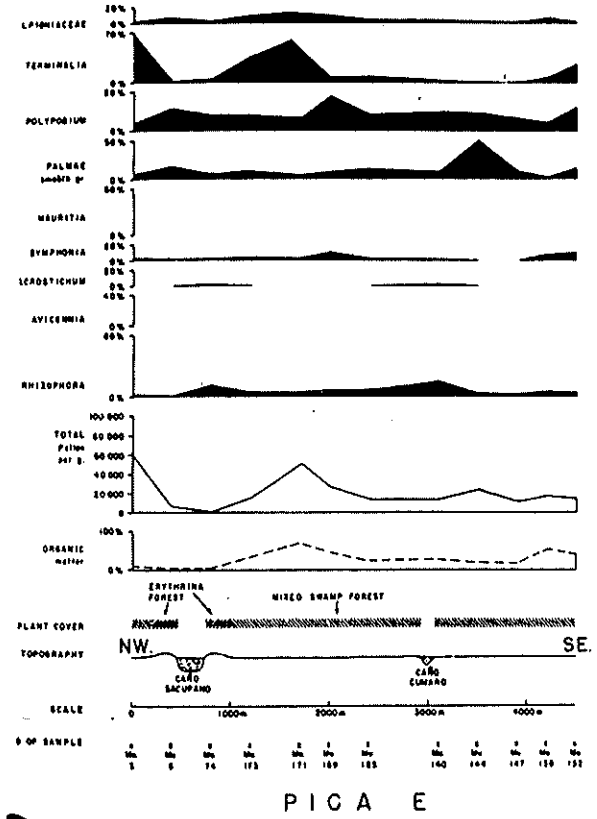
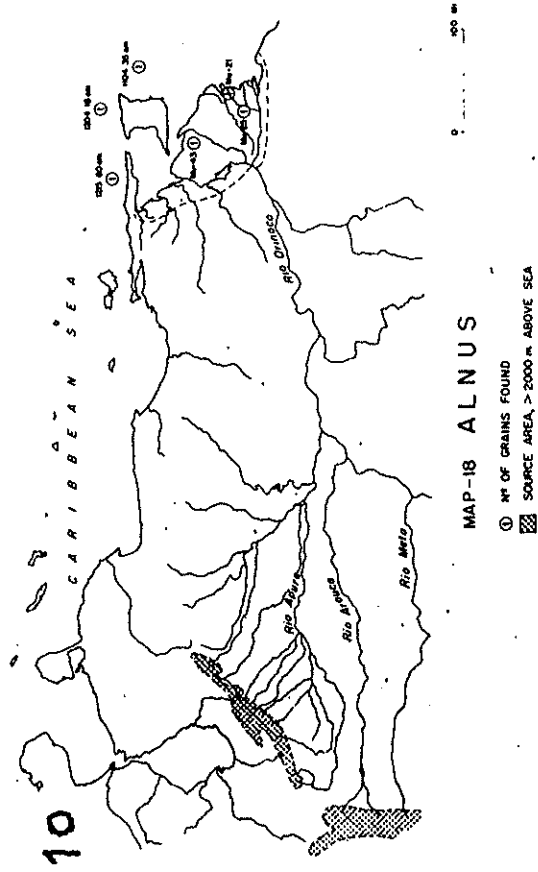
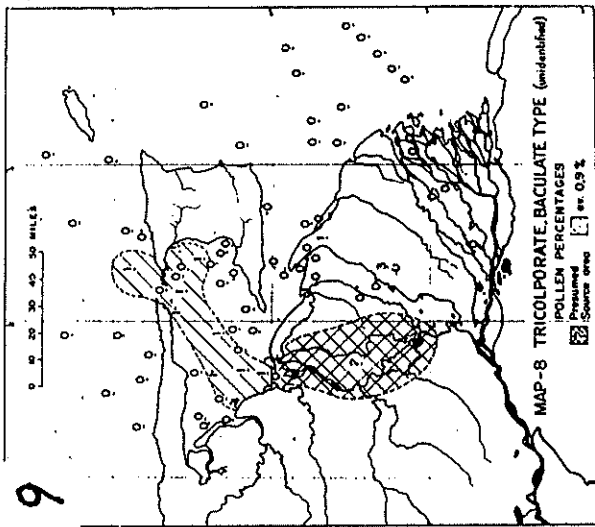
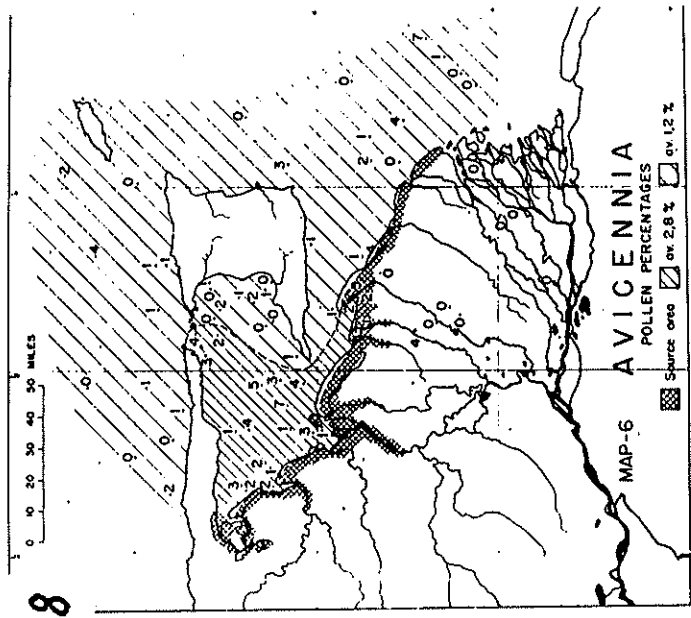
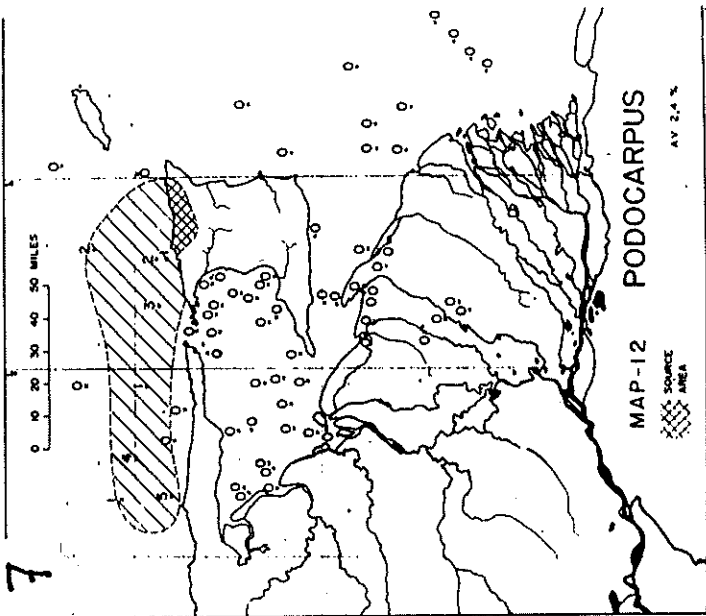


Fig. 4b

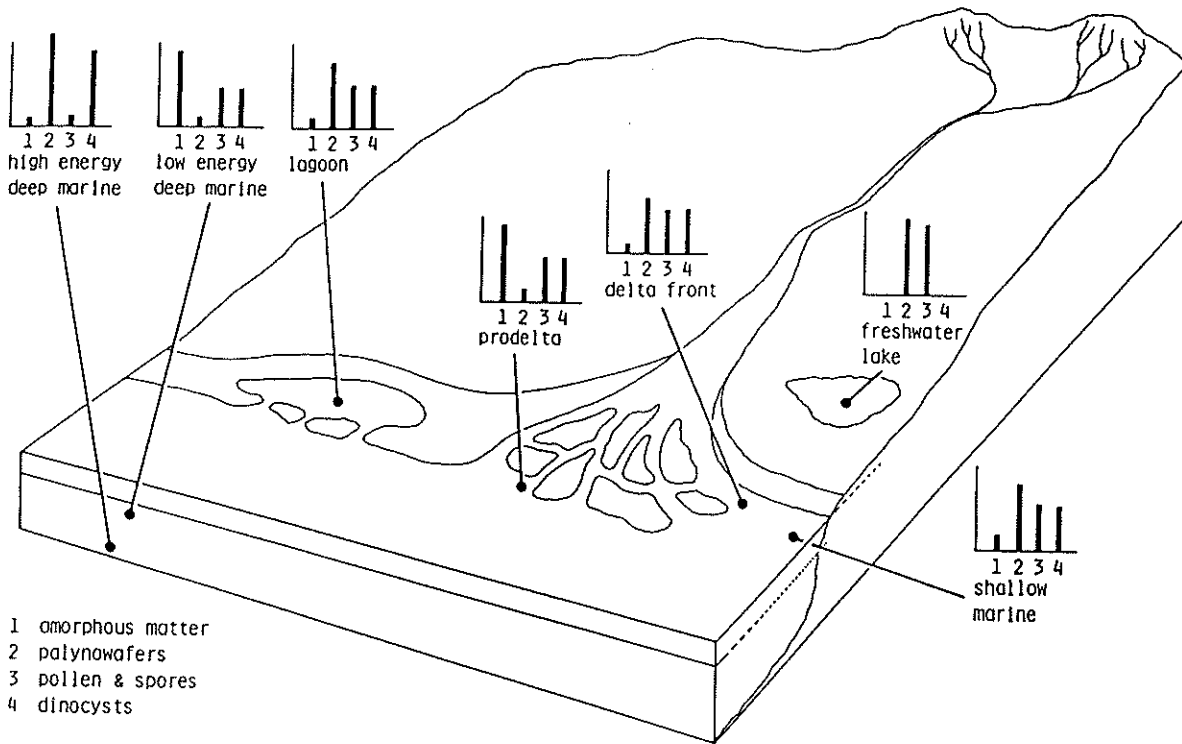
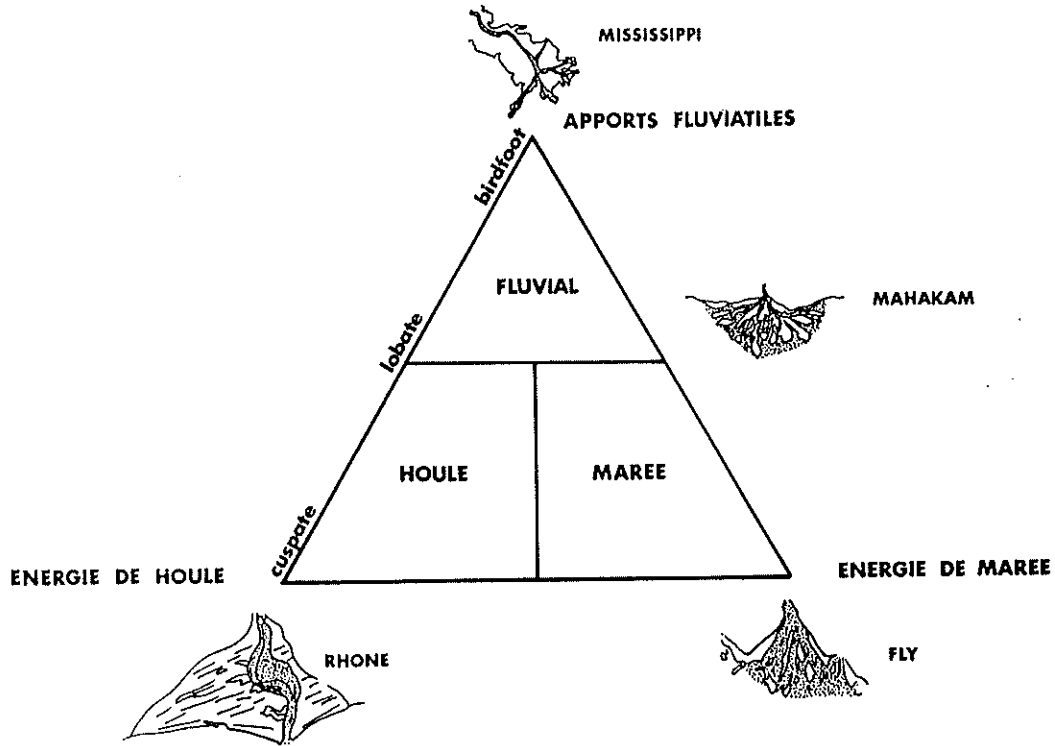


Figure 5. Block diagram of paleoenvironmental interpretations for palynodebris occurrences based on the evidence considered in this chapter. For each sedimentary environment a histogram shows a generalized proportional occurrence for the palynodebris/palynological constituents deemed to be paleoecologically significant: (1) amorphous matter, (2) palynowafers, (3) pollen and spores, (4) dinoflagellate cysts. The block drawing is similar to that presented by Pocock *et al.*, 1988, and the trends indicated conform with the results of those authors.

CLASSIFICATION DES DELTAS .Fig.2.

(Galloway 1975)



FACIES ET MORPHOLOGIE DES PRINCIPAUX TYPES DE DELTAS

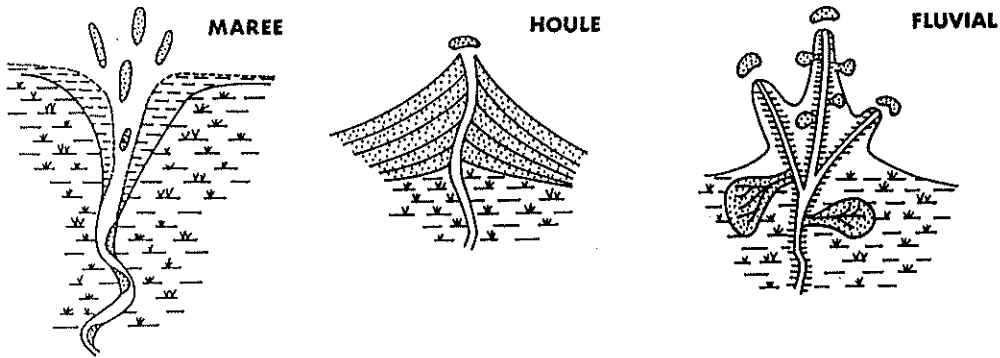
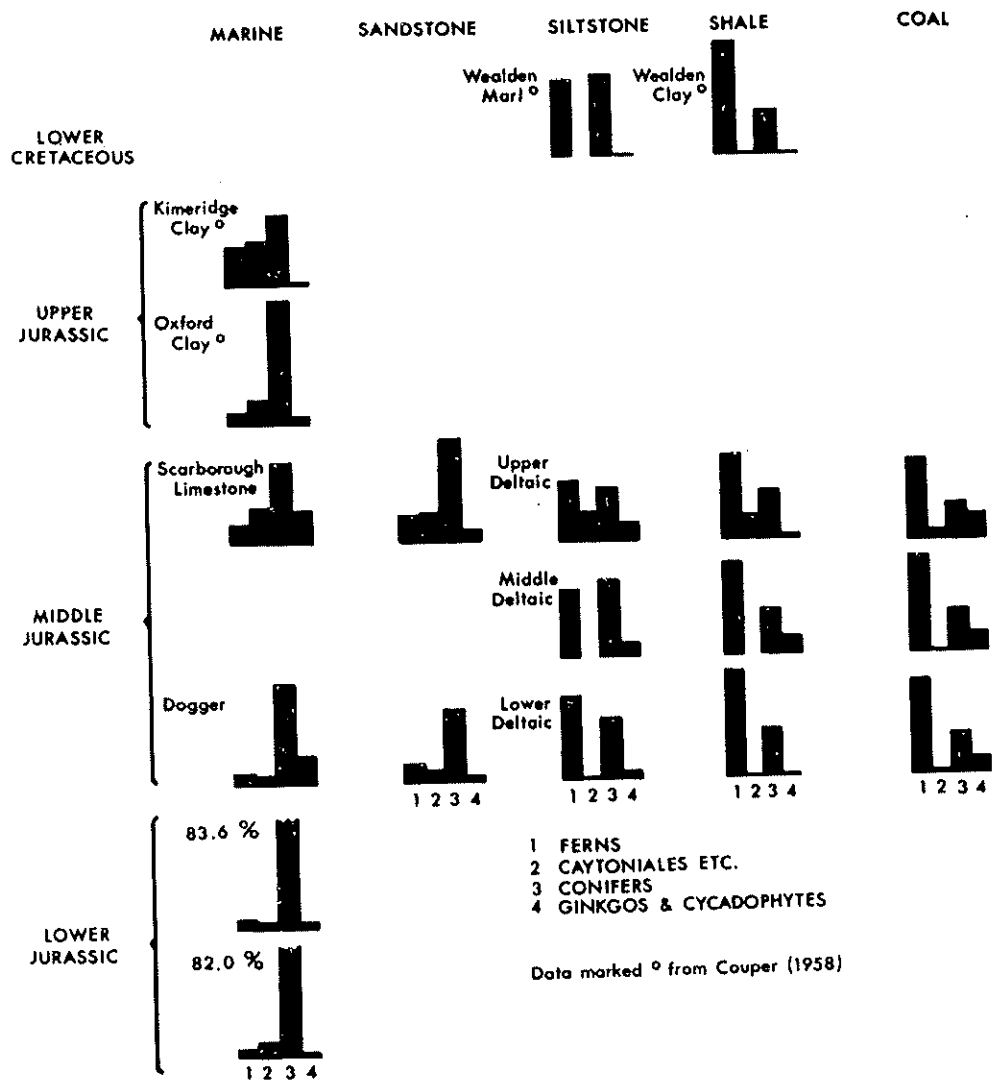


Fig. 6/1

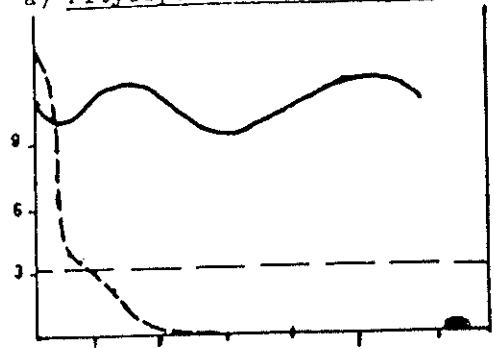


Histograms to show the composition of spore assemblages in British Jurassic and Lower Cretaceous rocks of different lithology. The spores are grouped as far as possible into four categories of botanical significance. In general there is closer agreement in the broad composition of the assemblages between samples from the same type of lithology (i.e. vertically in the diagram), regardless of their stratigraphic position, than between more or less synchronous assemblages (horizontally aligned in the diagram) from widely different types of lithology. The cause of this apparent influence of the depositional environment on the composition of the spore assemblage is discussed in the text (from the unpublished thesis of Muir, 1964).

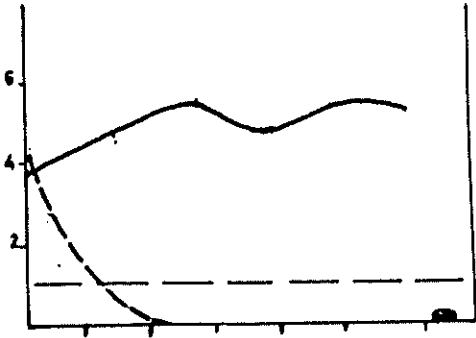
Fig. 7

— sediments marins --- sed. continentaux
 ⊕ charbons.

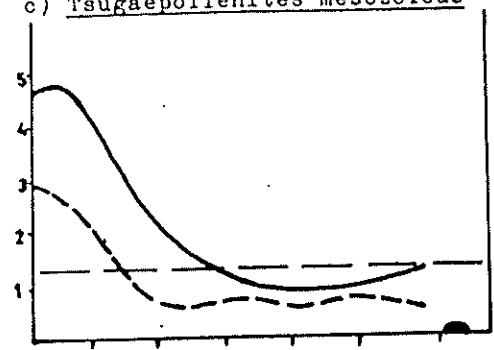
a) Pityosporites microalatus



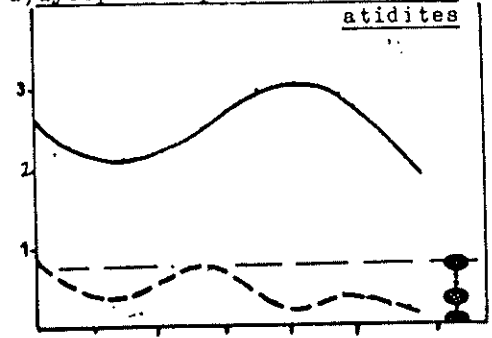
b) Pityosporites similis



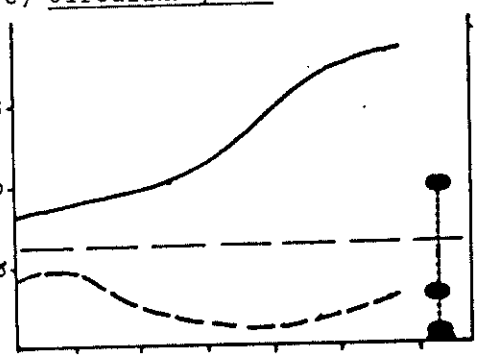
c) Tsugaepollenites mesozoicus



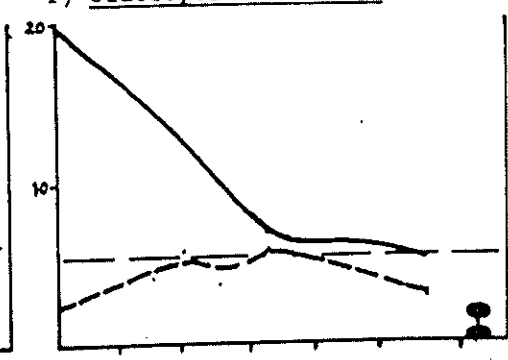
d) Lycopodiumsporites austroclav-
atidites



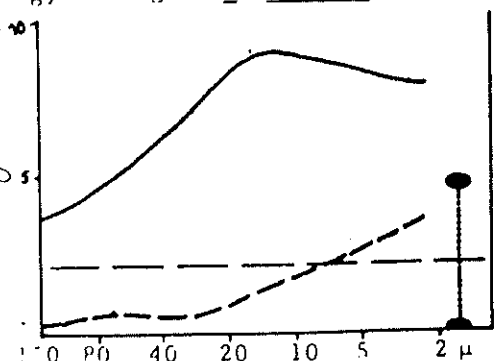
e) Circulina parva



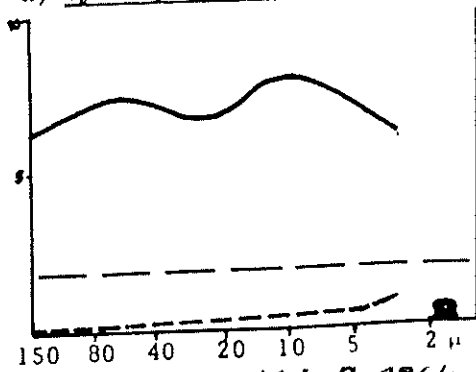
f) Classopollis torosus



g) Nov. gen. A. apertus



h) Cycadopites subgranulosus



Pourcentage de l'espèce / total : spores + pollen.

→ Divers sédiments de granulométrie diversifiée

MUIR, 1964

Fig. 8

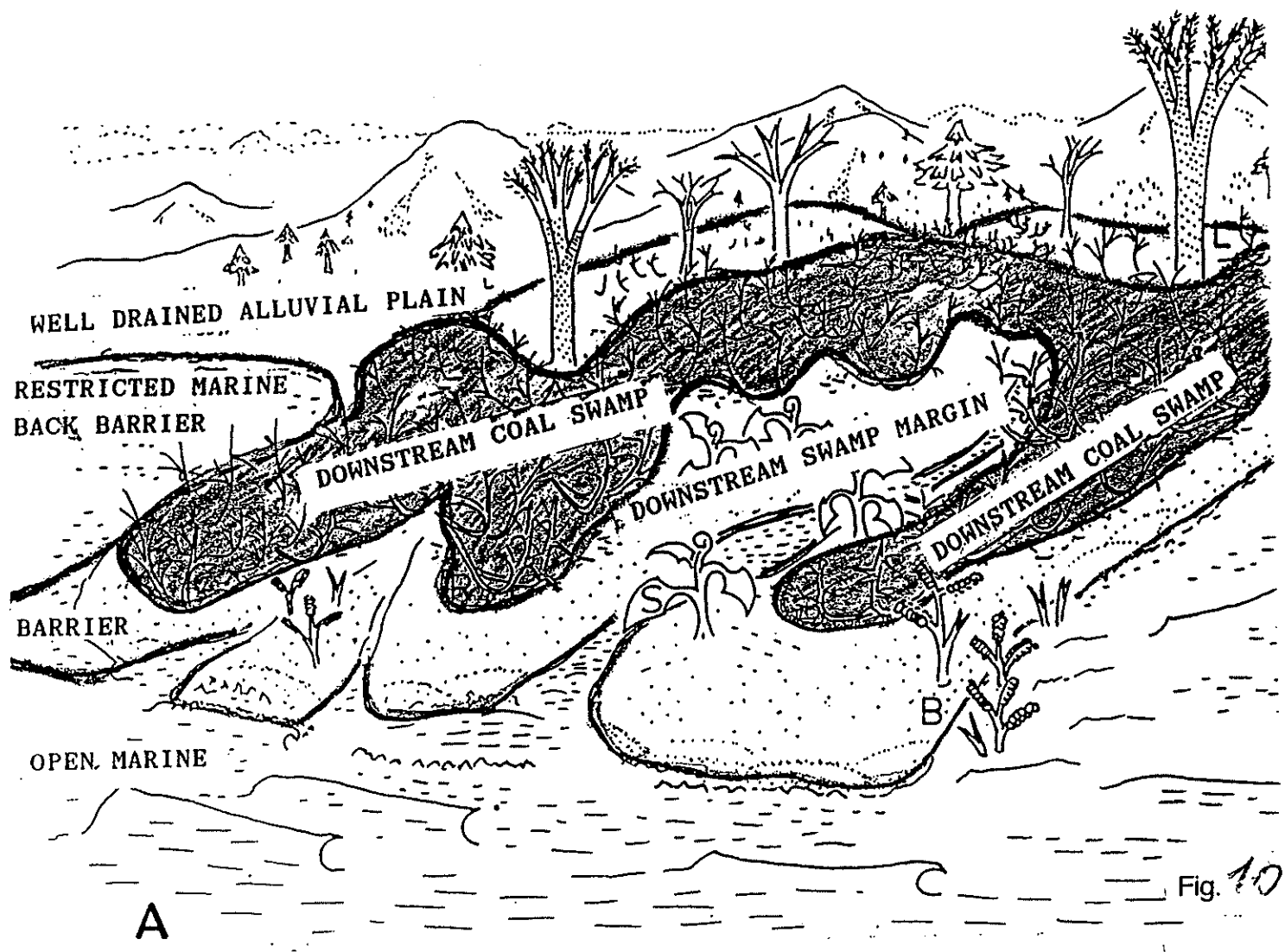
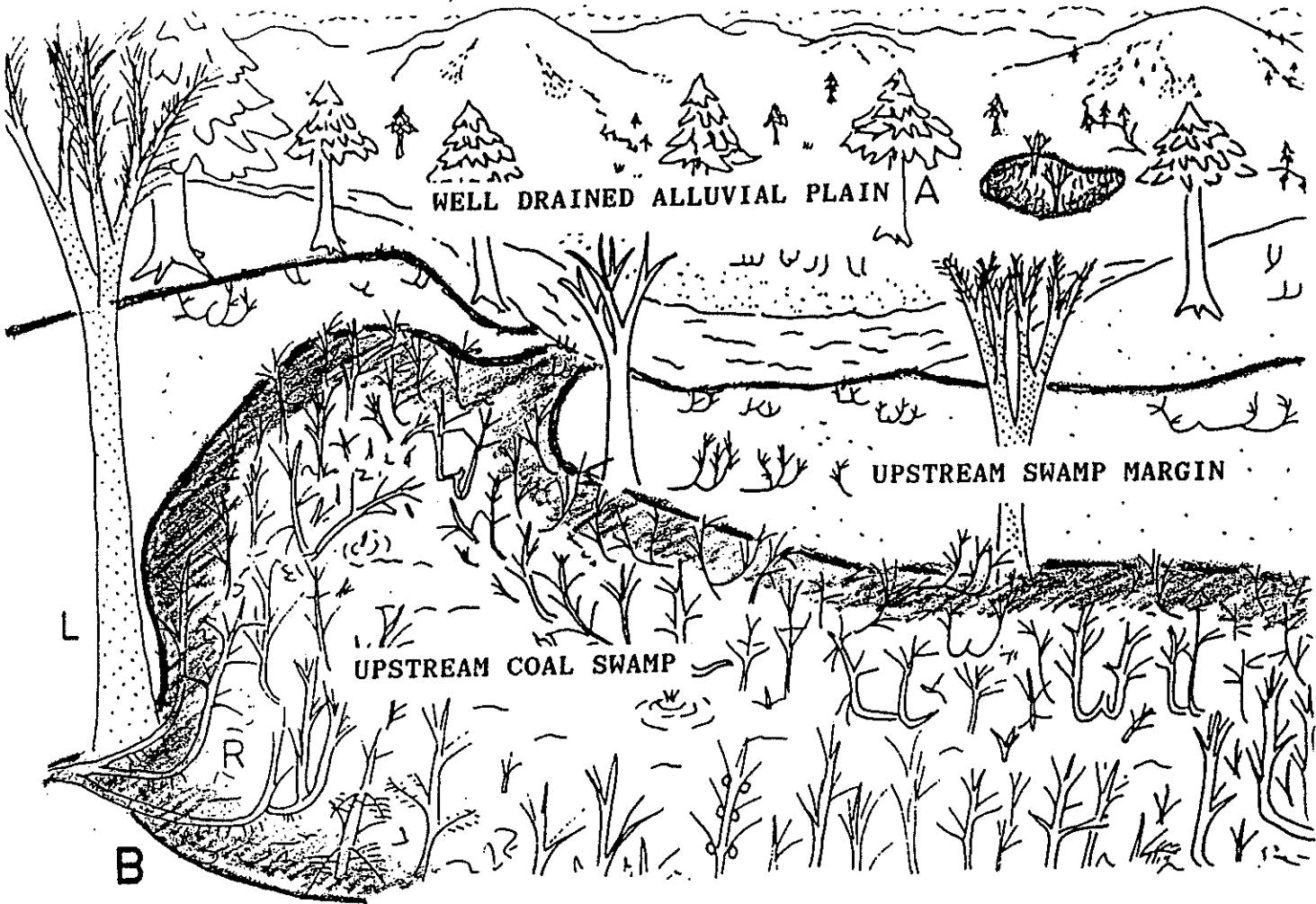
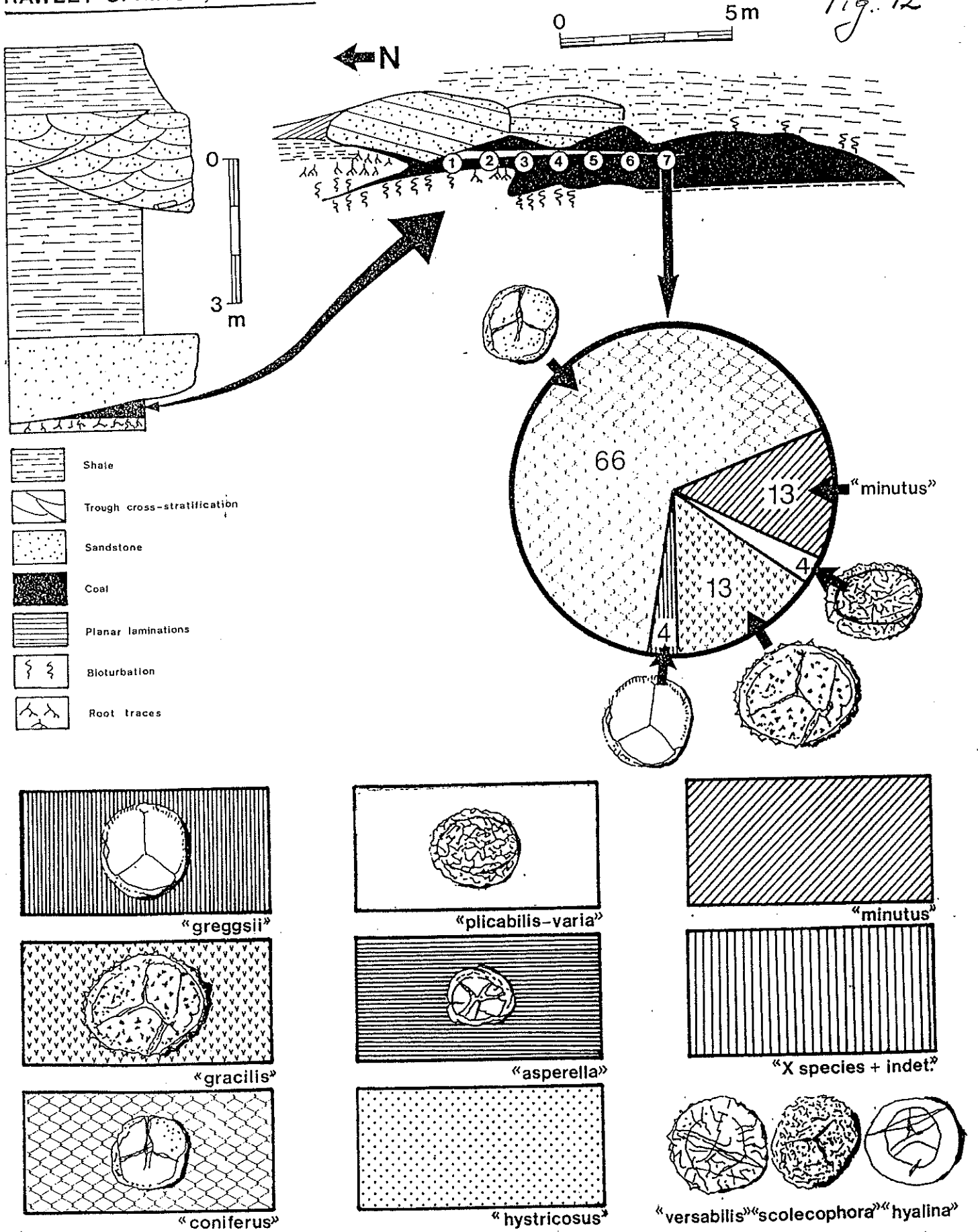


Fig. 10

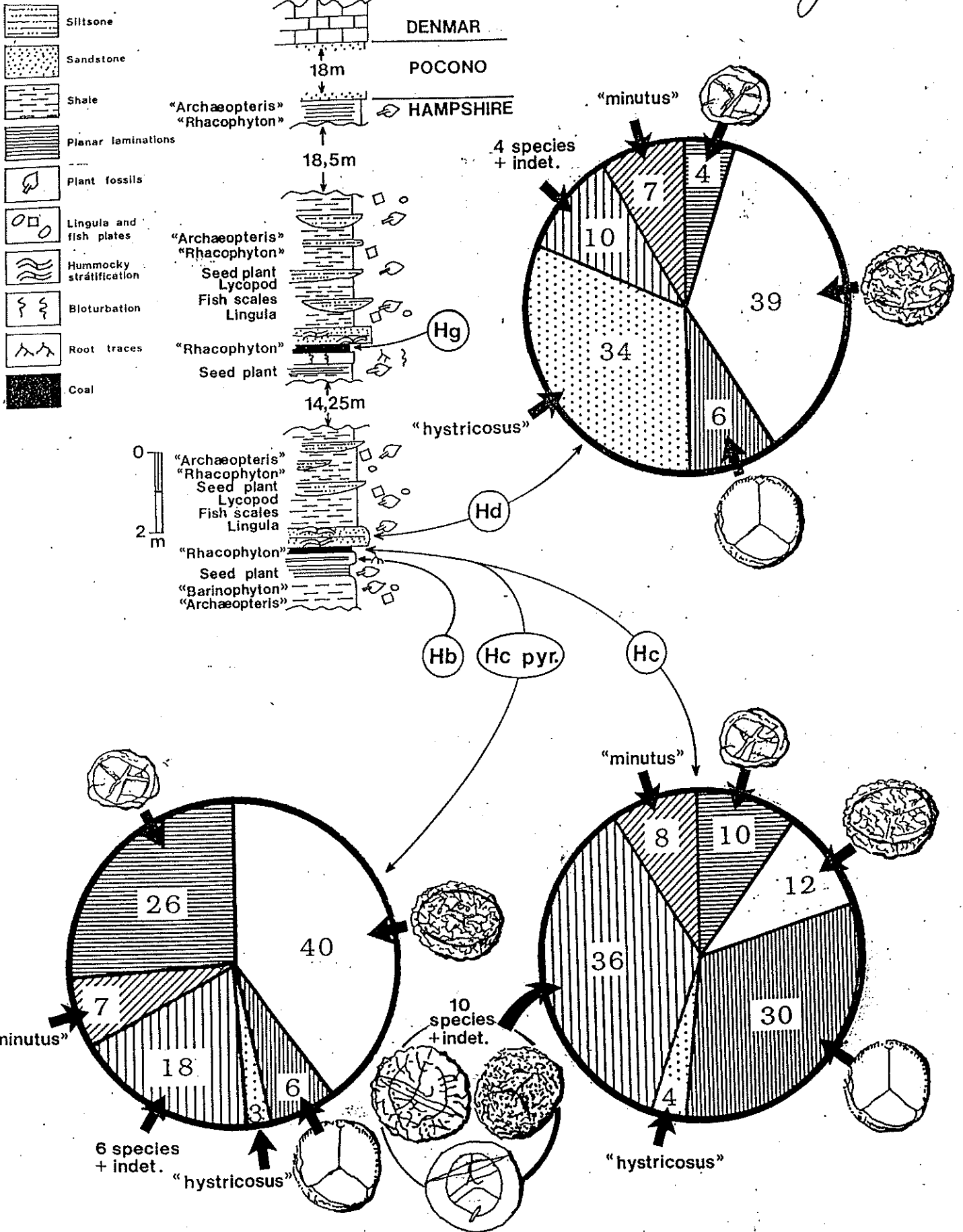
RAWLEY SPRINGS, VIRGINIA

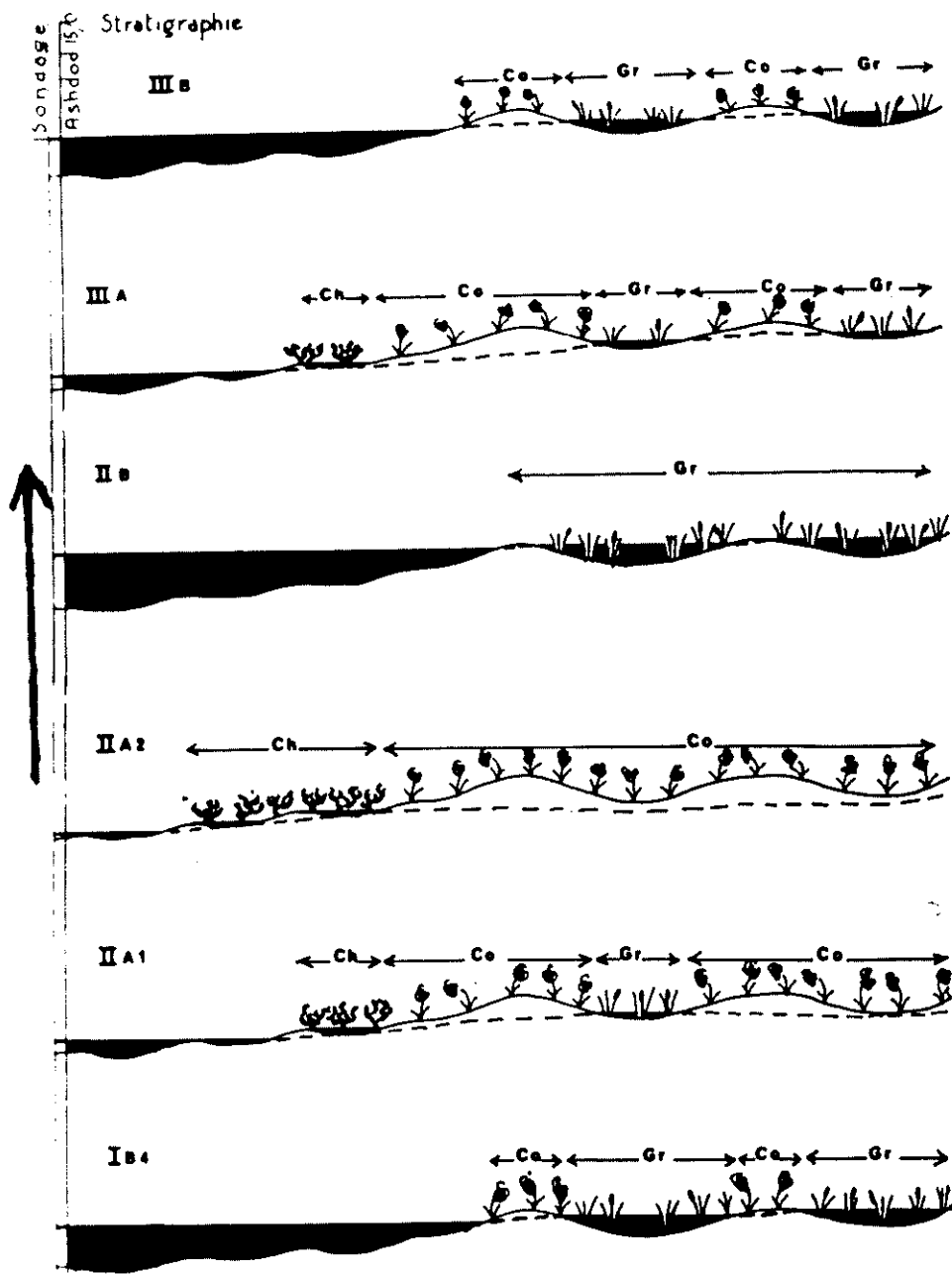
Fig. 12



ELKINS, WEST VIRGINIA

Fig. 13





Les zones de végétation littorale en fonction des variations du niveau de la mer

Fig. 15/1

POLLEN OFF SENEGAL

M. ROSSIGNOL - STRICK et D. DUZER 1976

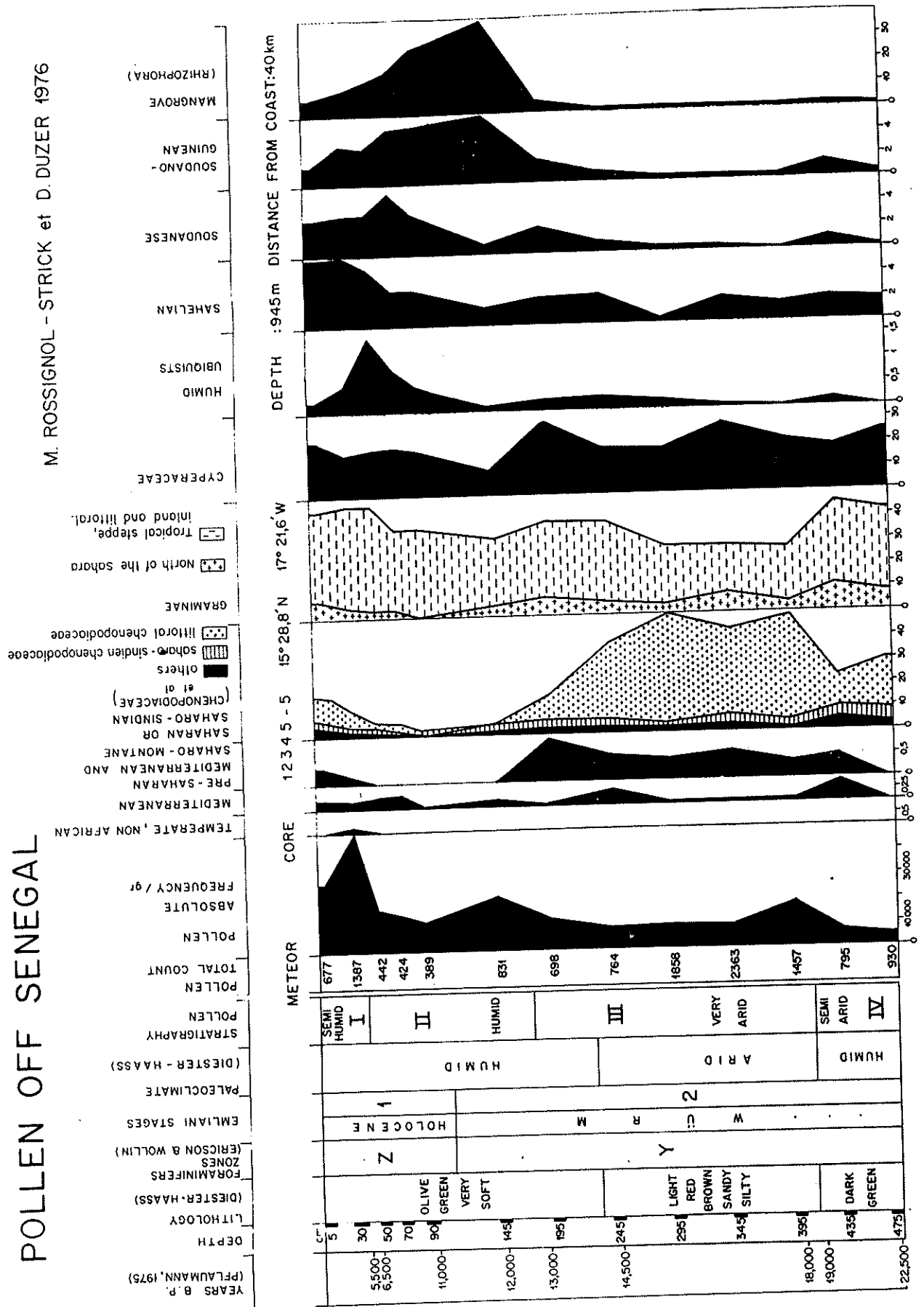


FIG 16a

b

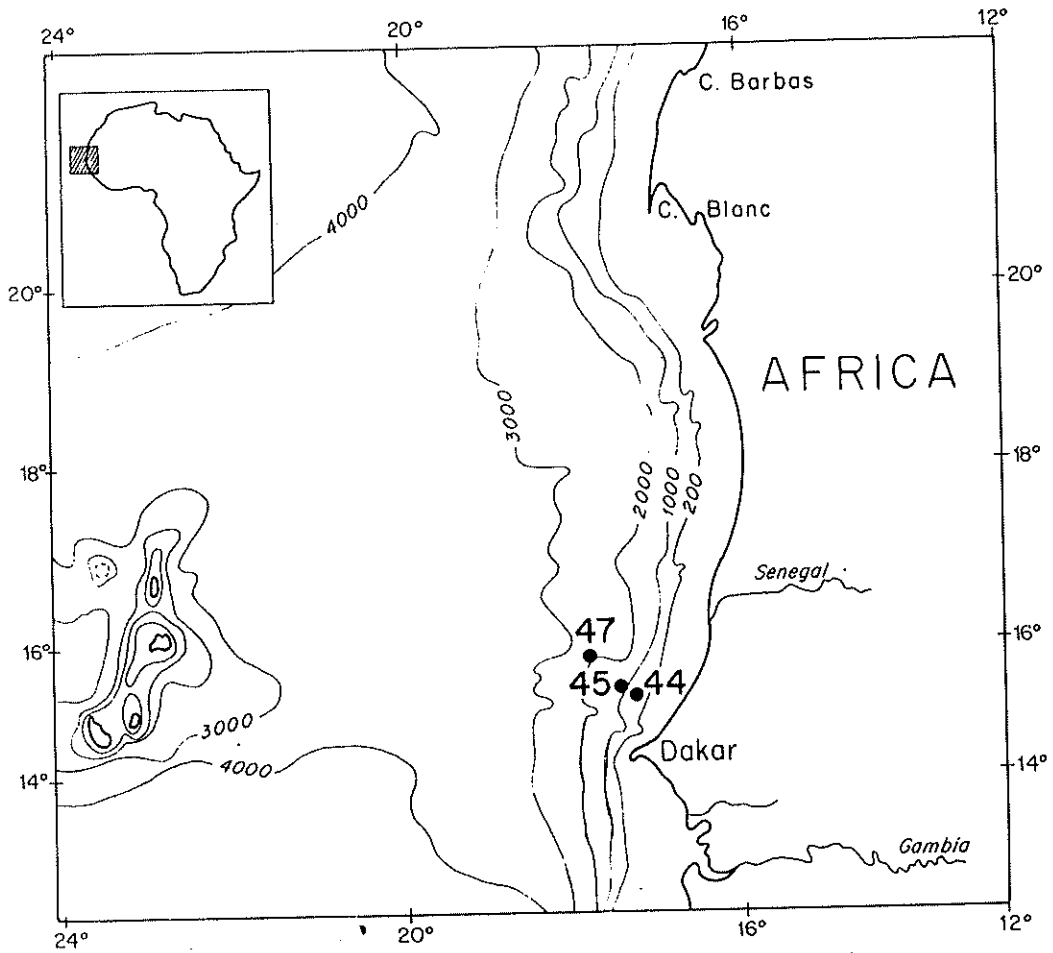


FIG. 1. — Location of the cores (depth in meters).

c

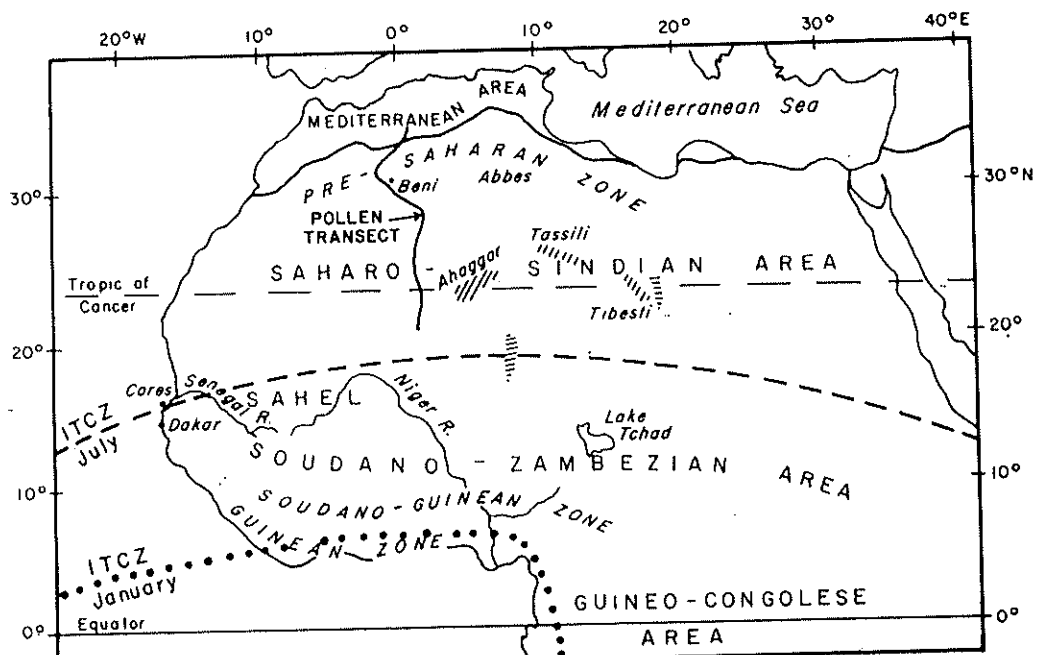


FIG. 2. — West Africa : Vegetation zones, positions of the ITCZ, Saharan transect for pollen counts in ground dust.

FIG 16 b 1c

Figure 1. General model of paleomonsoon influence on the African continent (after Shaw 1985)

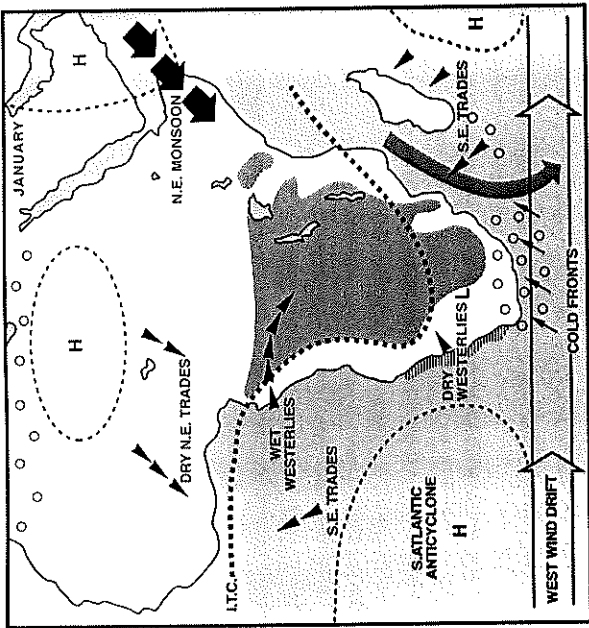


Figure 1a. Glacial climatic trends (January)

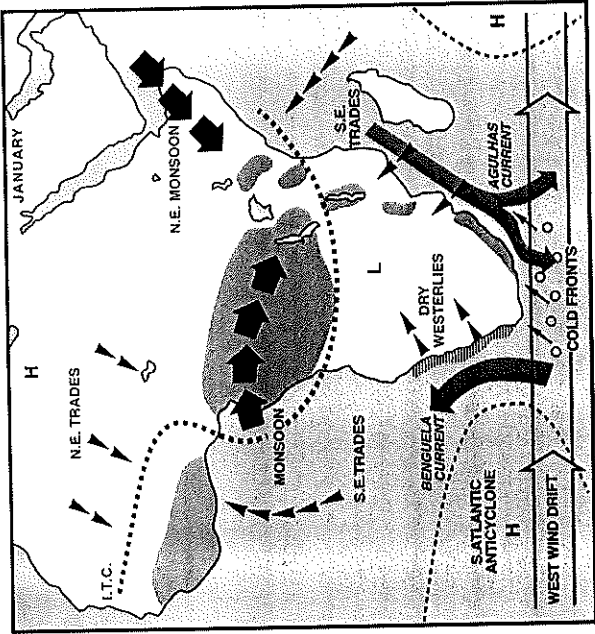


Figure 1c. Interglacial climatic trends (January)

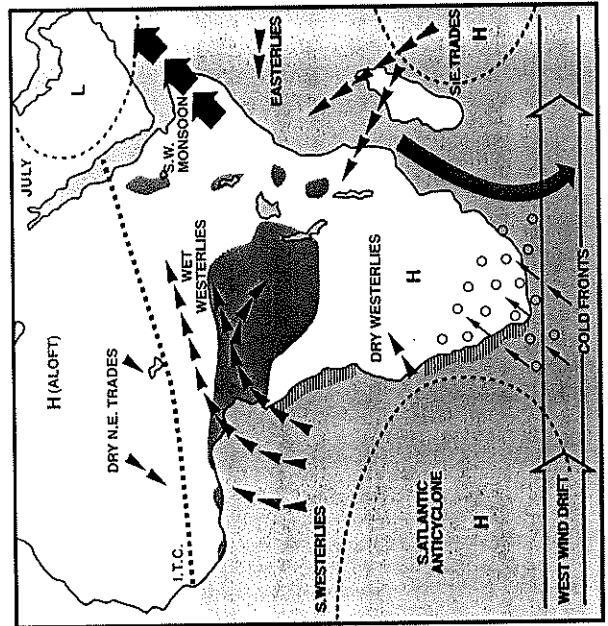


Figure 1b. Glacial climatic trends (July)

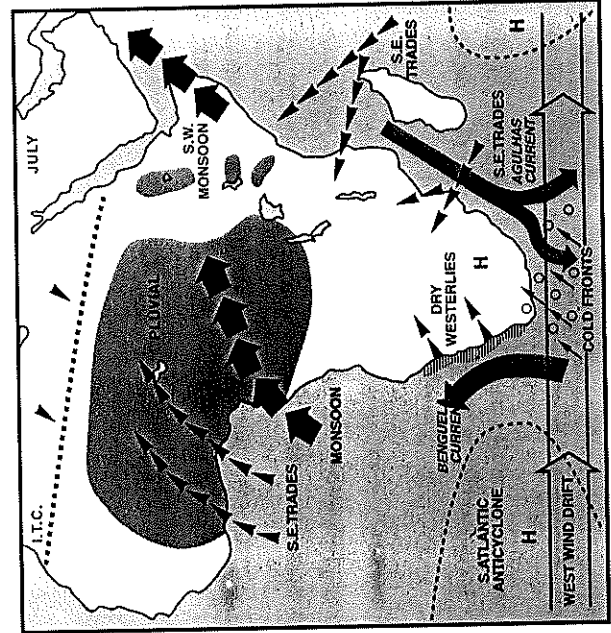


Figure 1d. Interglacial climatic trends (July)

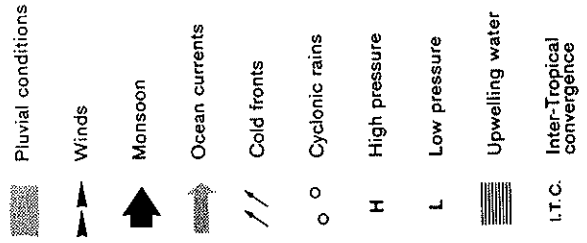
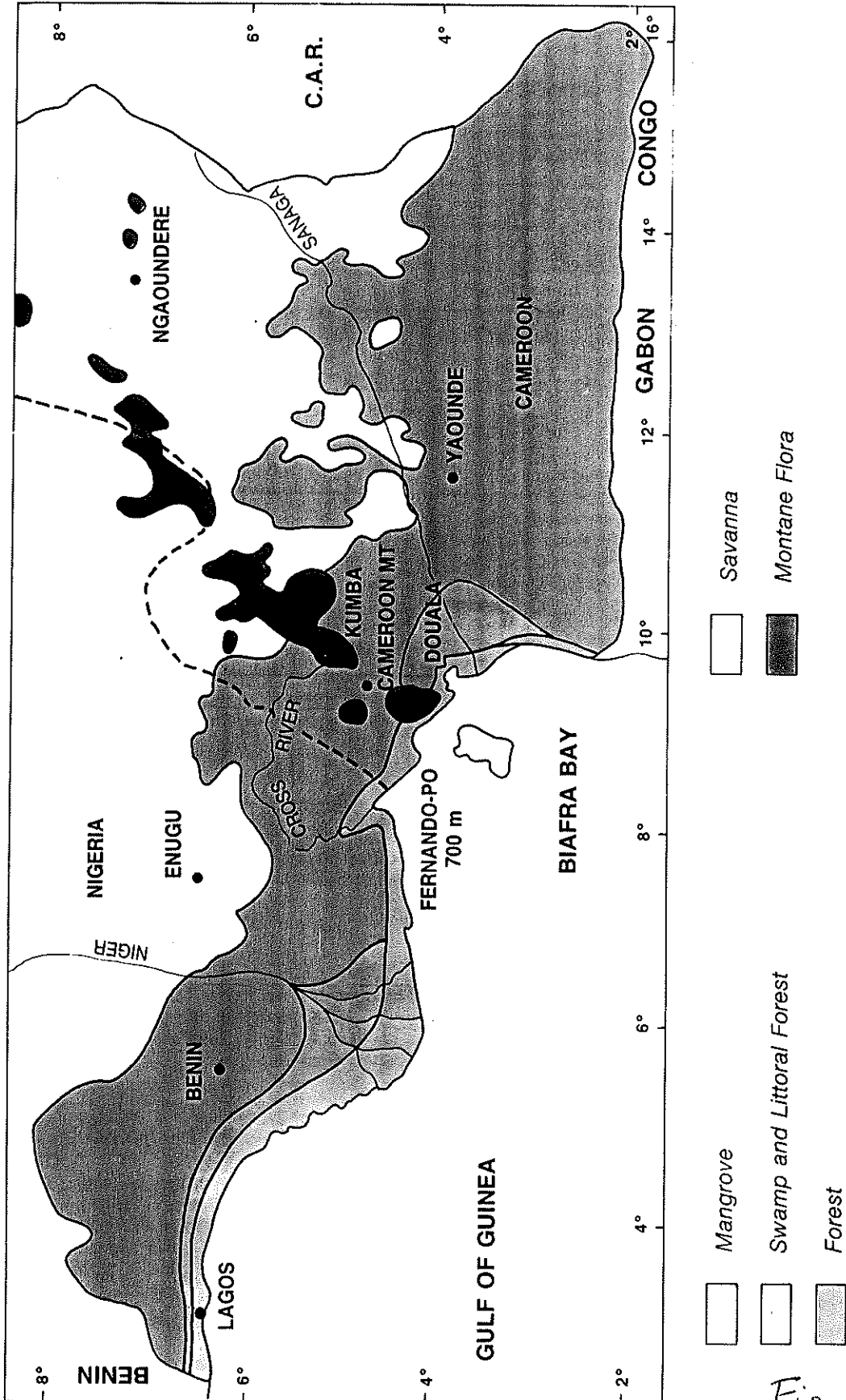
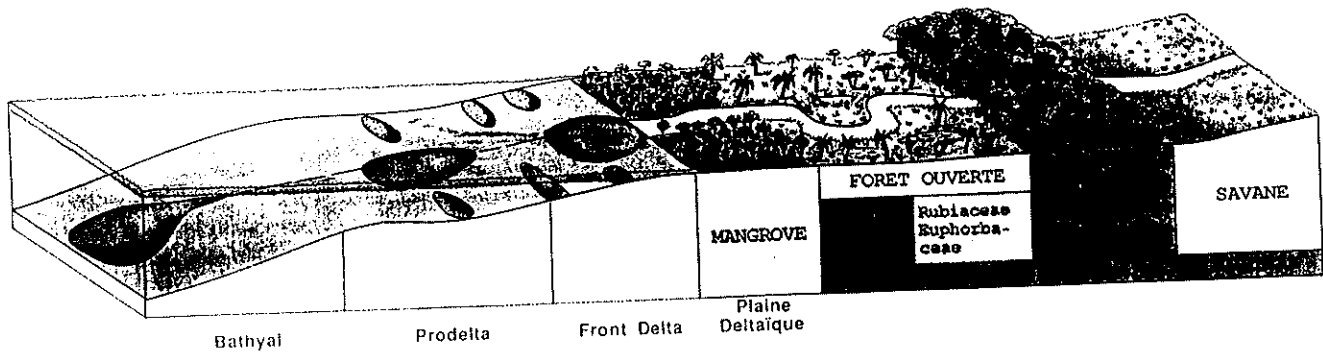


Fig. 17

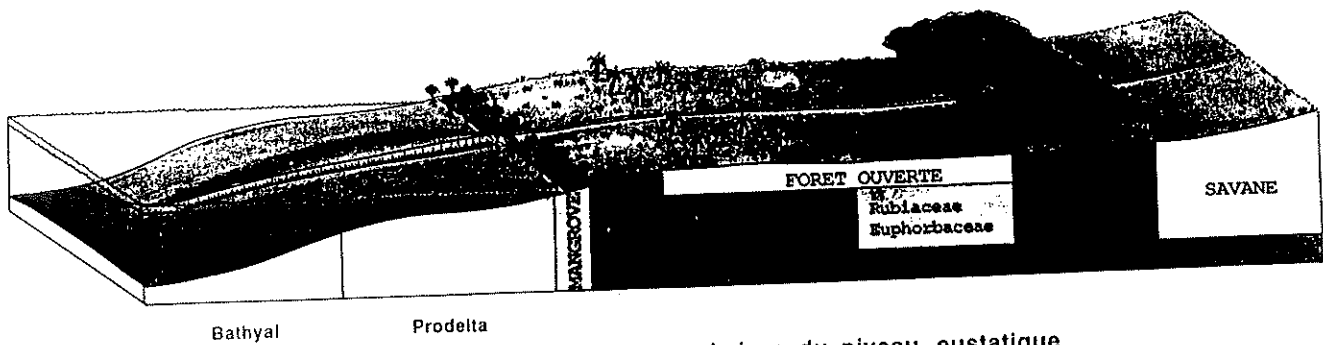


Sketch diagram of the present vegetation around the Gulf of Guinea (from MALEY & BRÉNAÇ, 1987).

Fig. 18



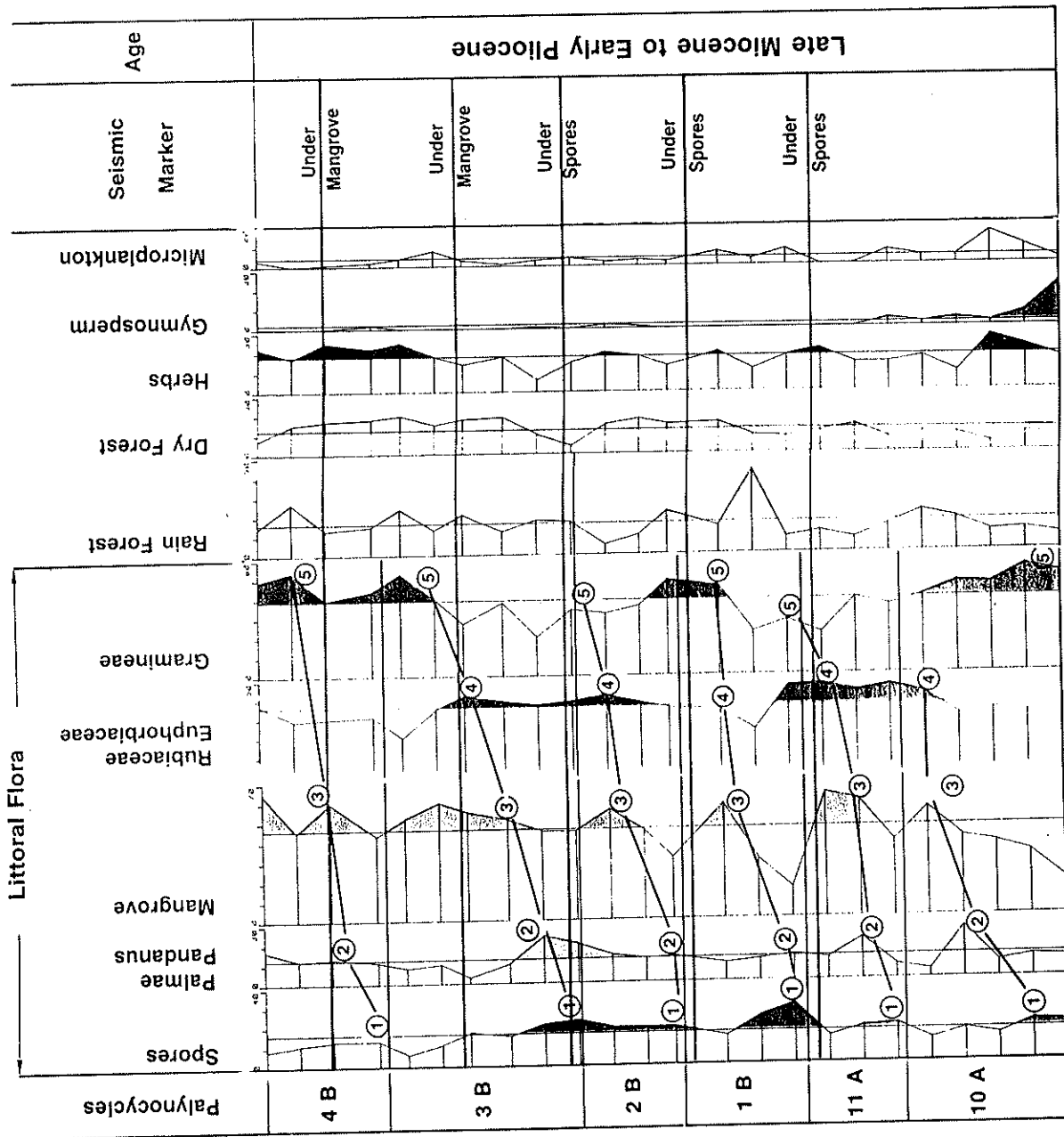
(a) Equilibre végétal pour un niveau eustatique (haut et stable)



(b) Adaptation du milieu végétal à une baisse du niveau eustatique

Adaptation de la flore littorale en fonction des variations du niveau de la mer.
 a - Equilibre végétal pour un niveau eustatique haut et stable (d'après Poumot, 1989);
 b - Adaptation du milieu végétal à une baisse du niveau eustatique.
 Adaptation of littoral flora in response to sea-level changes.
 a - Vegetal system adapted to a high and eustatic level (after Poumot, 1989);
 b - Adaptation of vegetal system in response to a fall in sea level.

Fig. 19



Pollen and spores diagram showing "Phases" and "Palyncycles" in a well of Niger Delta (Nigeria).

Scale (meter) 0 100 200 300 400 500 *Fig. 20*

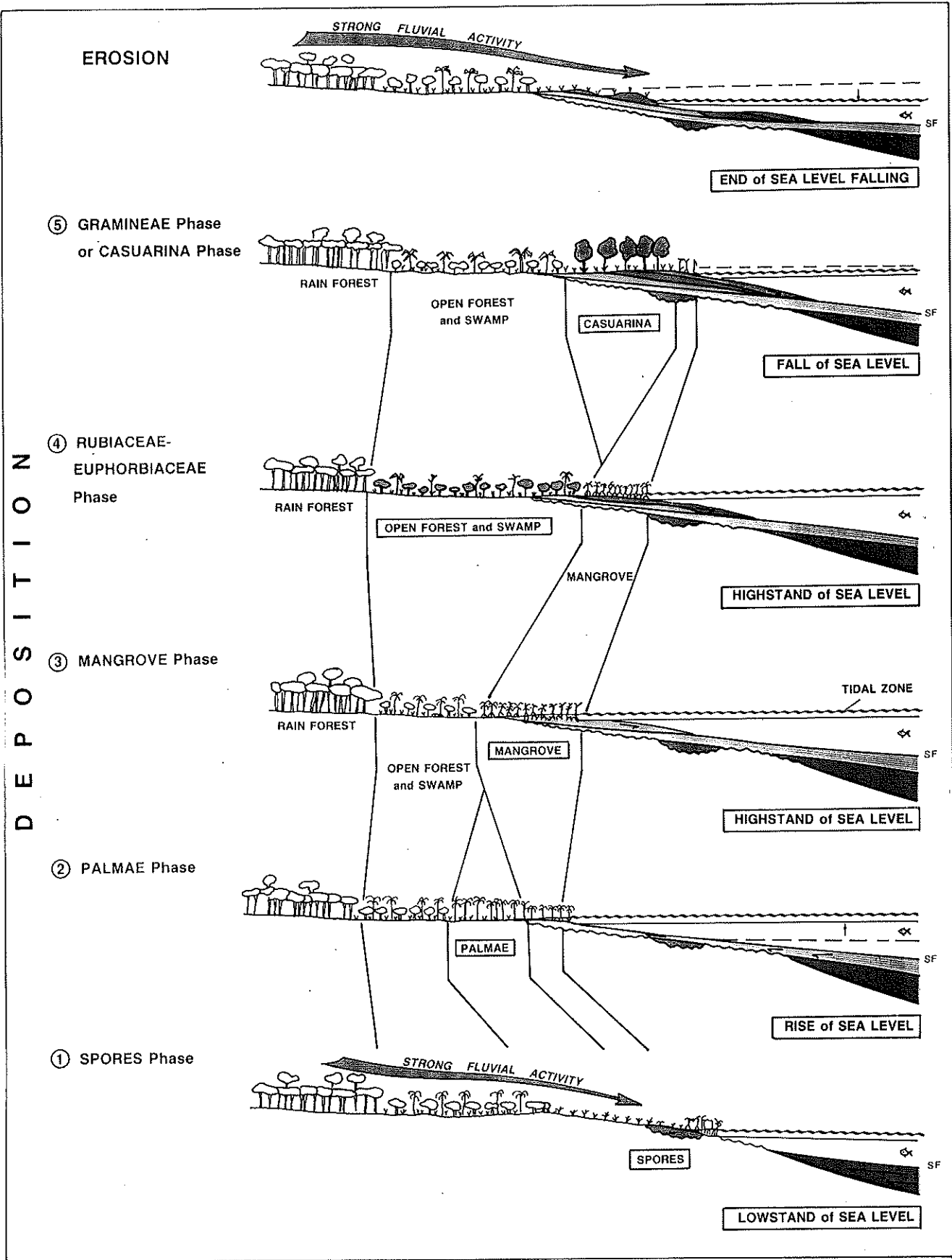


Fig. 21

Fig. 22

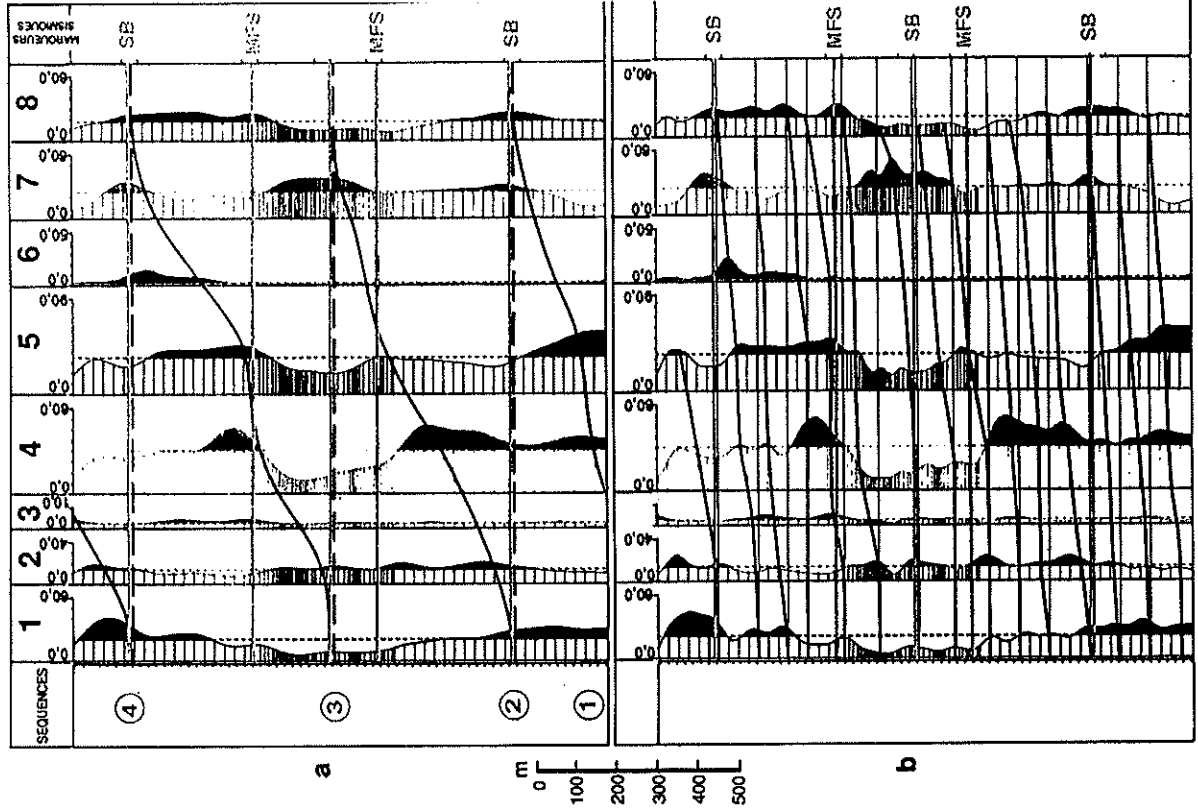


FIGURE 22

Le diagramme pollinique du forage du delta du Niger et ses interprétations.

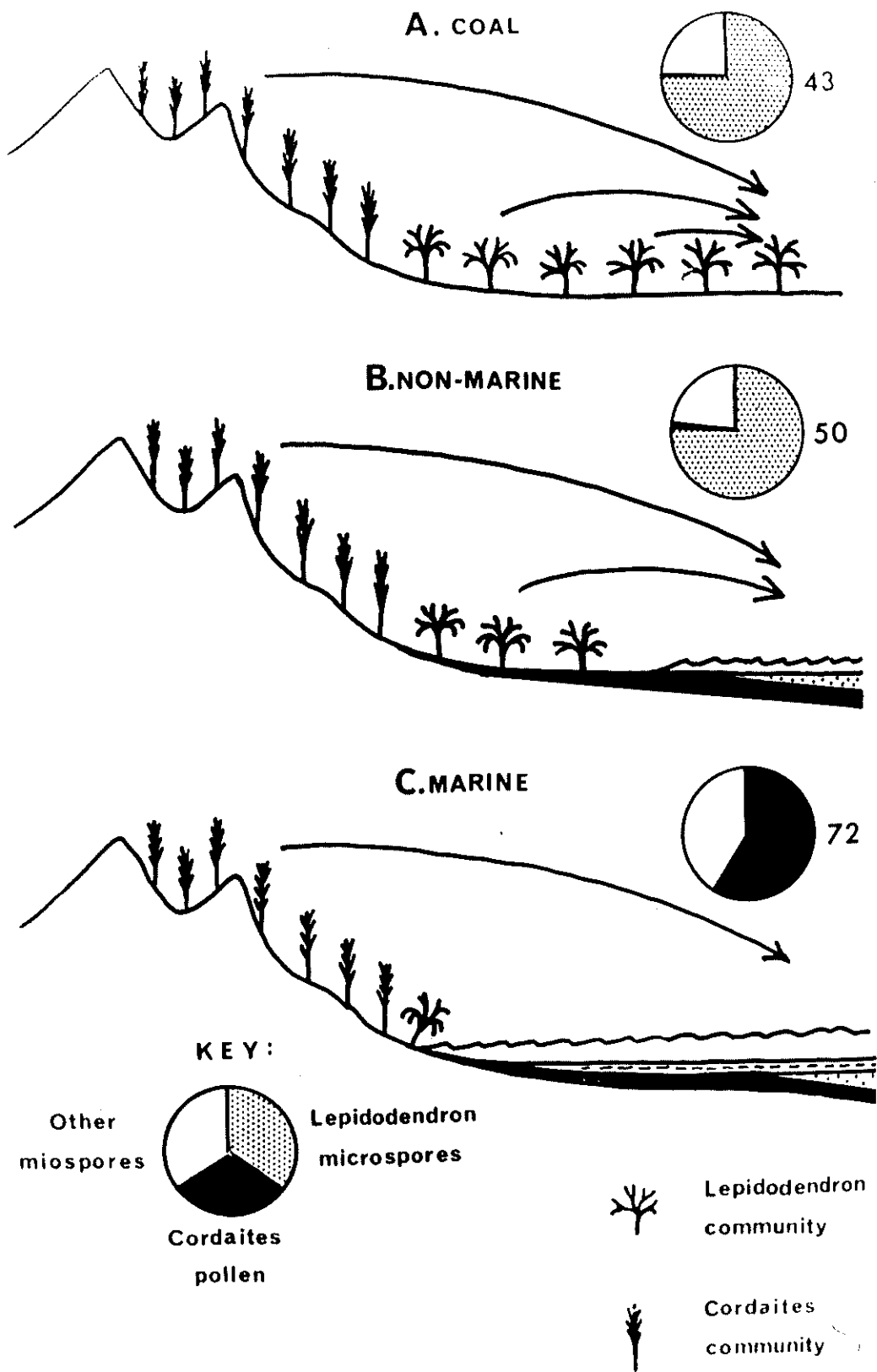
a - Valeurs lissées et interprétation en 3^e ordre : relation avec les marqueurs sismiques;
 b - Valeurs légèrement lissées et interprétation en 4^e ordre.

Légende : 1 - matière organique opaque, 2 - spores, 3 - forêt marécageuse, 4 - matière organique végétale 5 - mangrove, 6 - matière organique amorphe, 7 - graminées, 8 - matière organique ligneuse.
 Marqueurs sismiques : SB - base de séquence; MFS - surface d'inondation maximale.

Pollen diagram from Niger Delta well and interpretations.

a - Smoothed values and 3rd order interpretation : relationship with seismic markers;
 b - Slightly smoothed values and 4th order interpretation.

Legend : 1 - opaque organic matter, 2 - spores, 3 - swamp forest, 4 - vegetal organic matter, 5 - mangrove, 6 - amorphous organic matter, 7 - Gramineae, 8 - ligneous organic matter.
 Seismic markers : SB - sequence boundary; MFS - maximum flooding surface.



CHALONER (196)

Fig. 23

TECTONIQUE DE PLAQUES ET SÉDIMENTATION PALYNOLOGIQUE MARINE SUR LA RIDE MÉDITERRANÉENNE

Martine ROSSIGNOL-STRICK*

Sci. Géol., Bull. 27, 1-2, p. 135-145, Strasbourg, 1974

Fig 24

RÉSUMÉ. — Le diagramme pollinique d'un sondage profond situé sur la Ride méditerranéenne en Méditerranée orientale montre deux types de spectres polliniques. L'un, celui des turbidites terrigènes de la majeure partie du sondage, est constitué de pollens transportés en mer par le Nil et déposés par courants de gravité sur une plaine abyssale. L'autre, celui des boues pélagiques à Foraminifères des niveaux supérieurs du sondage, comprend des pollens péri-méditerranéens, de steppe et de forêts méditerranéenne et balkano-caucasienne, qui ont été transportés en mer par voie aérienne et ont atteint le fond marin quelle qu'en soit la topographie. Ce diagramme suggère une surrection du fond marin abyssal après le dépôt du premier type de spectre pollinique, avant et pendant celui du second type.

Cette tectonique apparaît comme la conséquence du mouvement des plaques lithosphériques dans cette région. Prises en tenaille entre les deux grandes plaques africaine et eurasienne qui se rapprochent, il existe deux petites plaques qui se déplacent rapidement, l'égéenne, vers le Sud-Ouest, la turque, vers l'Ouest. La première chevauche le bassin levantin et comprime devant elle en bourrelet les couches sédimentaires de la plaine abyssale levantine, dont la croûte océanique s'enfonce sous l'Arc hellénique au niveau du Fossé hellénique. Cette compression est enregistrée dans le diagramme pollinique.

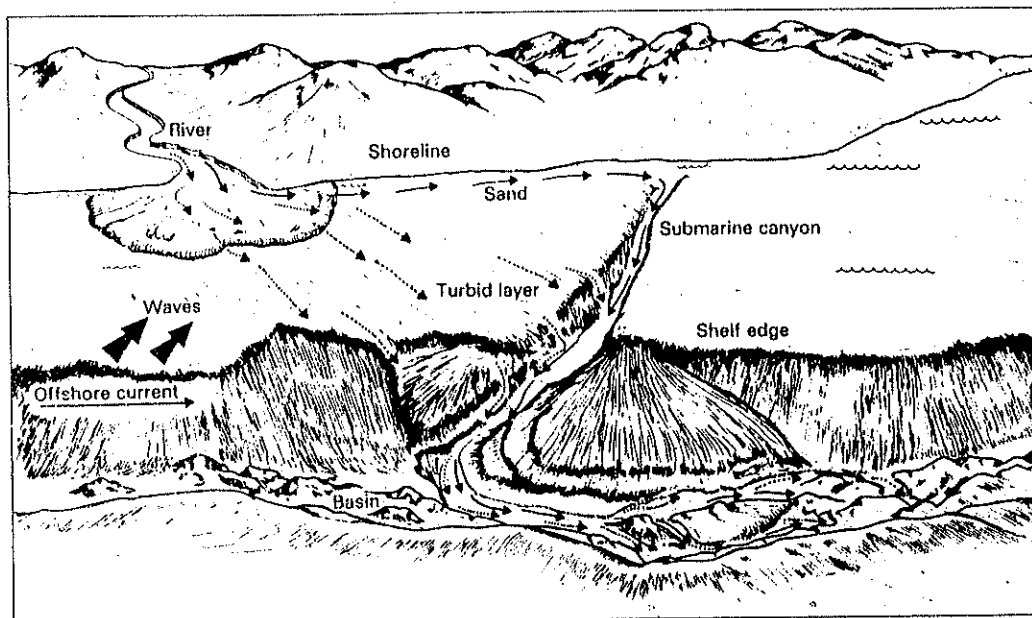
PALYNOLOGIE — SÉDIMENTATION — MÉDITERRANÉE ORIENTALE — TECTONIQUE DE PLAQUES

Le site 130 du Leg 13 du Deep Sea Drilling Project, en Méditerranée orientale (latitude 33°36,3' N, longitude 27°52,0' E), se trouve sur le versant sud-est de la Ride méditerranéenne, à environ 50 km de la plaine abyssale d'Hérodote, à 300 km au NW d'Alexandrie et 250 km au S de Rhodes, par 2 970 m de fond. Le choix de ce site sur la Ride méditerranéenne répondait à l'objectif de connaître le type et l'origine de la sédimentation sur la Ride pour évaluer l'hypothèse de HERSEY (1965) concernant son origine : une chaîne de montagne embryonnaire soulevant et plissant une épaisse série sédimentaire déposée dans une plaine abyssale sur une ancienne croûte océanique de la Téthys.

* C.N.R.S., Equipe de Recherche 25, Laboratoire de Palynologie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 61, rue de Buffon, 75005 Paris.

Fig. 1. Sources, avenues and modes of transport of sand (solid arrows) and mud (dotted arrows) in California Borderland Basins (from Moore, 1969).

24/1



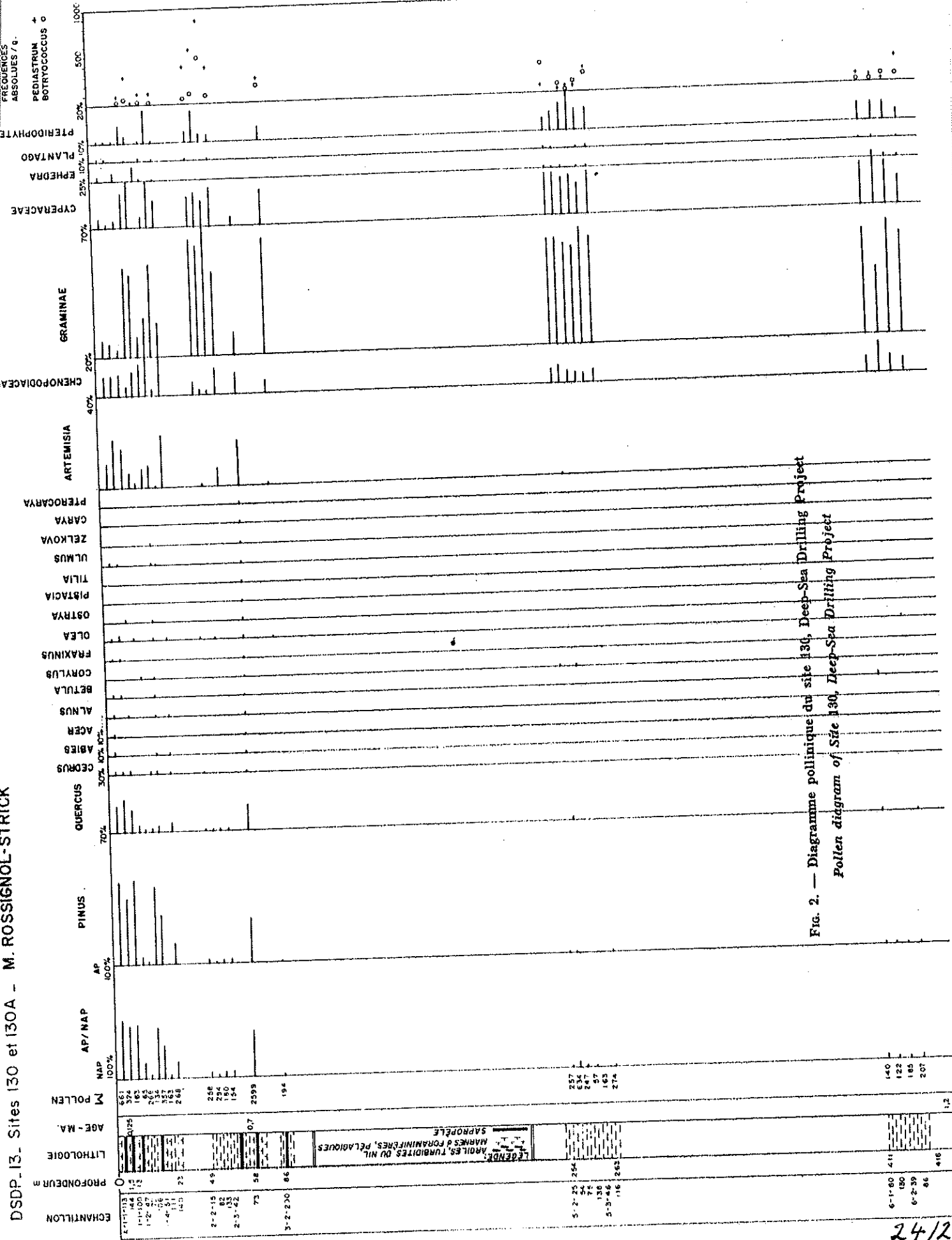
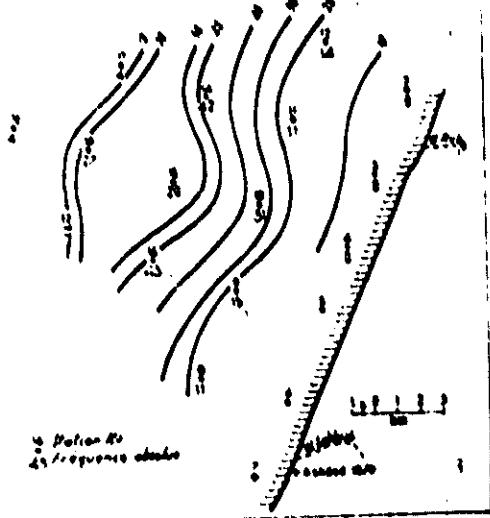
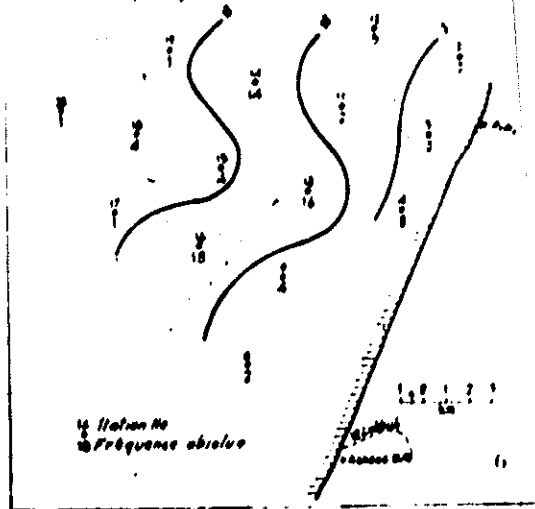


Fig. 2. — Diagramme pollinique du site 130, Deep-Sea Drilling Project
 Pollen diagram of Site 130, Deep-Sea Drilling Project

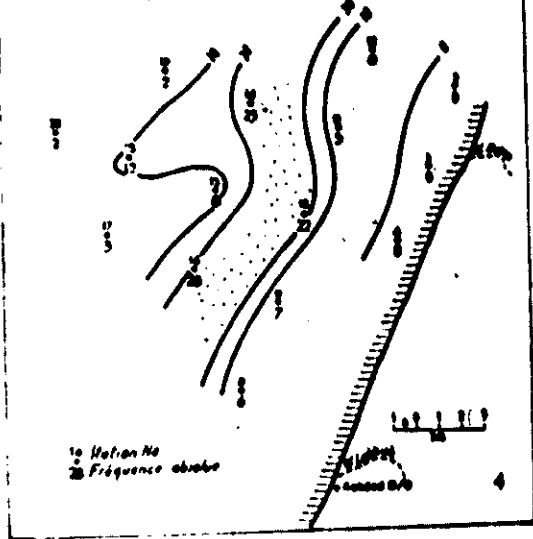
1 Fréquence absolue du pollen total
(Nombre de pollens par gramme de sédiment)



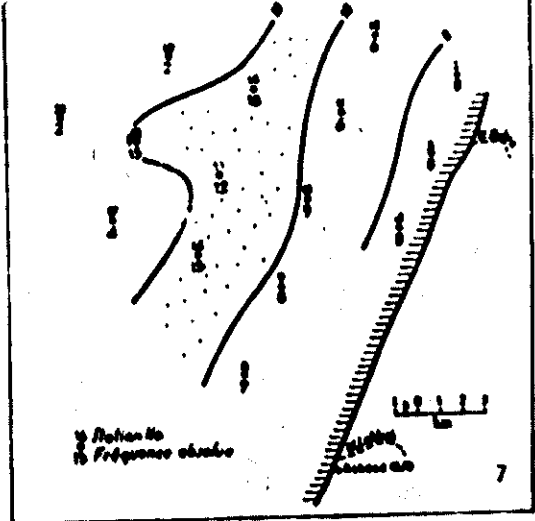
2 Fréquence absolue du pollen autochtone
à l'exclusion du Pin d'Alep (Nombre de pollens
par gramme de sédiment)



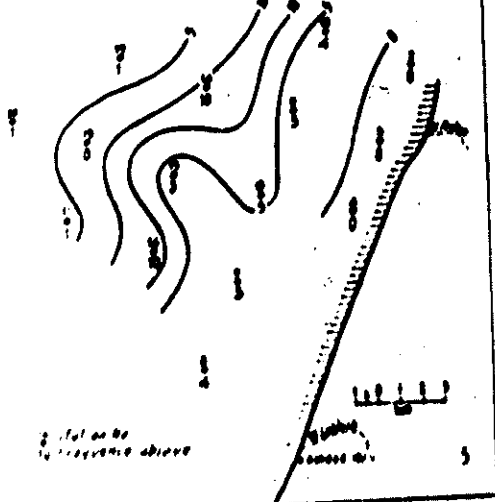
3 Fréquence absolue du pollen autochtone
(Nombre de pollens par gramme de sédiment)



4 Fréquence absolue du pollen allochtone
(Nombre de pollens par gramme de sédiment)



5 Fréquence absolue du Pin d'Alep
(Nombre de pollens par gramme de sédiment)



6 Fréquence relative des pollens autochtones
(p. autochtones + p. allochtones = 100)

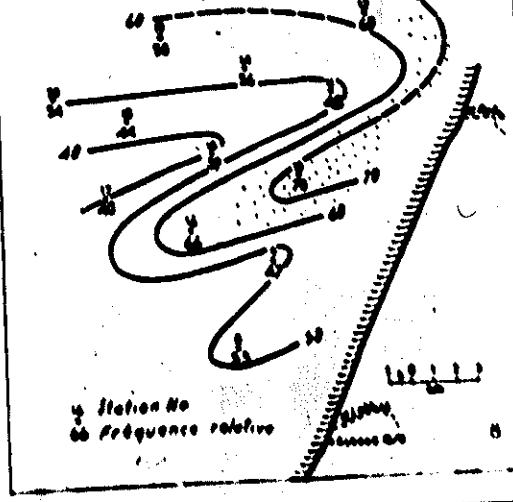


Fig. 26a

THE DISTRIBUTION AND RELATIONSHIP BETWEEN PALYNOFORMS IN AEROSOLS AND DEEP-SEA SEDIMENTS OFF THE COAST OF NORTHWEST AFRICA

Marine Geology, 58 (1984) 345-371

MICHAEL B. MELIA

Exxon Company, P.O. Box 2189, Houston, TX 77001 (U.S.A.)

(Received August 5, 1983; revised and accepted October 18, 1983)

ABSTRACT

Melia, M.B., 1984. The distribution and relationship between palynomorphs in aerosols and deep-sea sediments off the coast of Northwest Africa. *Mar. Geol.*, 58: 345-371.

Palynomorphs in eolian dust and bottom sediments from the Northeastern Atlantic, off the coast of Northwest Africa, were studied. Primary examination was for terrestrial plant detritus (pollen, spores, opal phytoliths and freshwater diatoms) but observations about marine entities were also made.

Three distinct geographic palynofloras were detected: a northern palynoflora consisting of pollen derived primarily from the Mediterranean Basin, a central or Saharan palynoflora characterized by pollen derived from desert plants and a southern (Tropical-Equatorial) palynoflora composed of pollen derived from tropical plants but including up to 50% allochthonous pollen from the drier interior of West Africa.

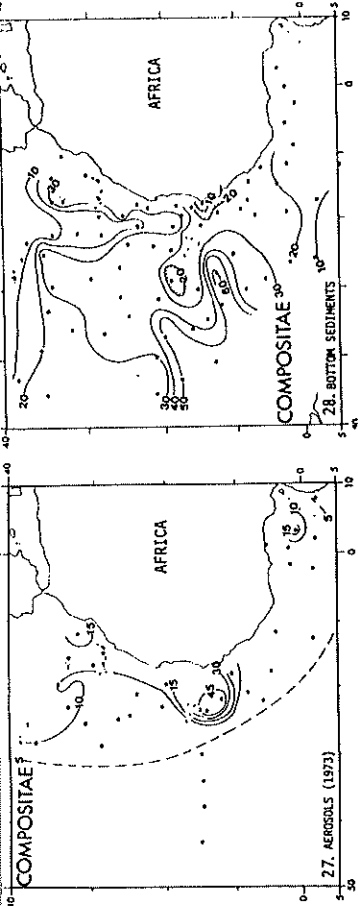
Palynomorph distributions are related closely to both source vegetation and to atmospheric and oceanic transport mechanisms and in many cases distribution patterns in bottom sediments and aerosols are complementary.

The quantity of pollen and spores per gram of bottom sediment ranges from greater than 2000 off the Saharan coast in Mauritania to less than 50 in deep-ocean basins. Pollen and spores in Mediterranean aerosols may exceed 40 per cubic meter of air during the summer and range between 4 to 6 for tropical aerosols during the winter. Tropical aerosols and bottom sediments contained the greatest abundance of fungal spores.

The distribution of opal phytoliths and freshwater diatoms in both aerosols and bottom sediments indicates that dust storms are a major transporting agent for these entities from the interior of West Africa to the Gulf of Guinea. These storms are also an important agent for the transport of pollen to the tropical atmosphere.

Distances of transport may exceed 5000 km for Mediterranean pollen and even greater distances for palynomorphs in eolian dust from interior West Africa.

The abundance of dinoflagellates and microforaminifera in bottom sediments is directly related to the area of upwelling off the West African coast.



Figs. 27 and 28. Distribution of the relative frequency (isopercentage contours) of Compositae pollen in aerosols (Fig. 27) and bottom sediments (Fig. 28).

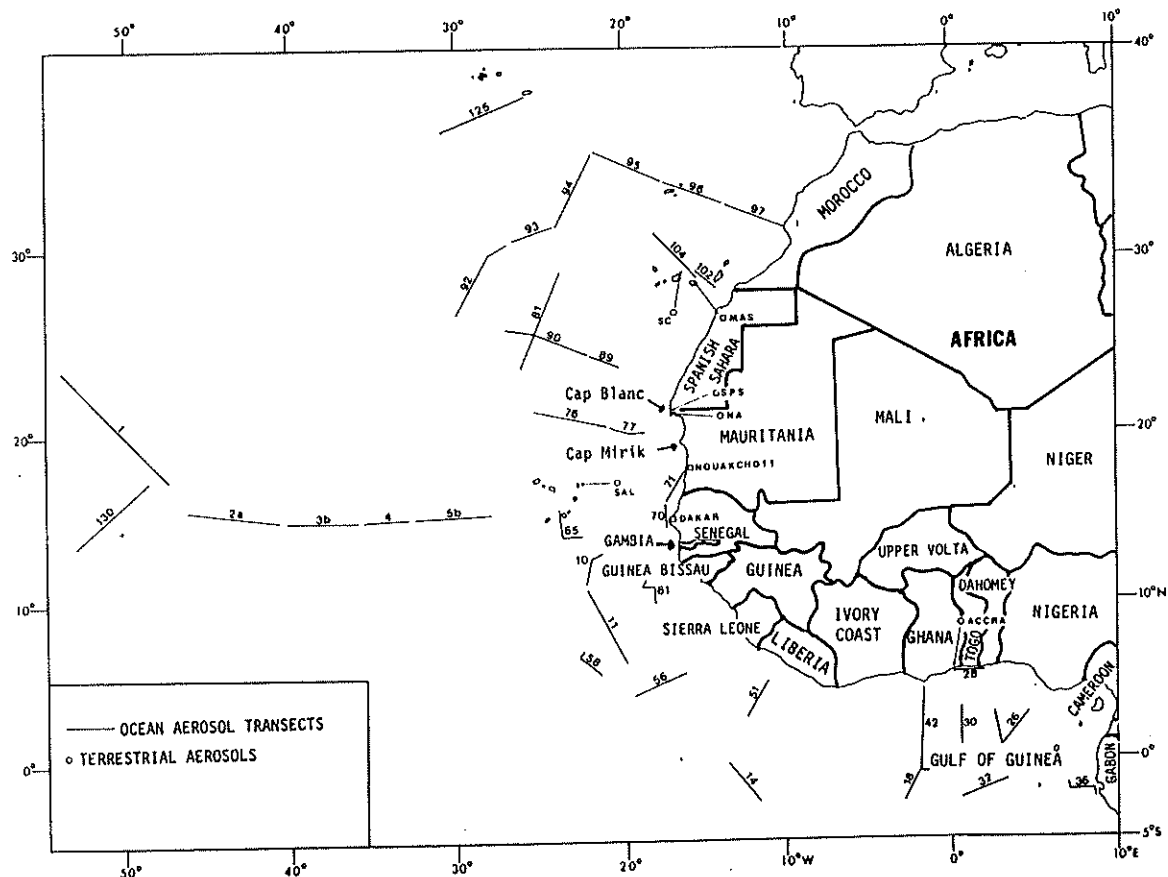
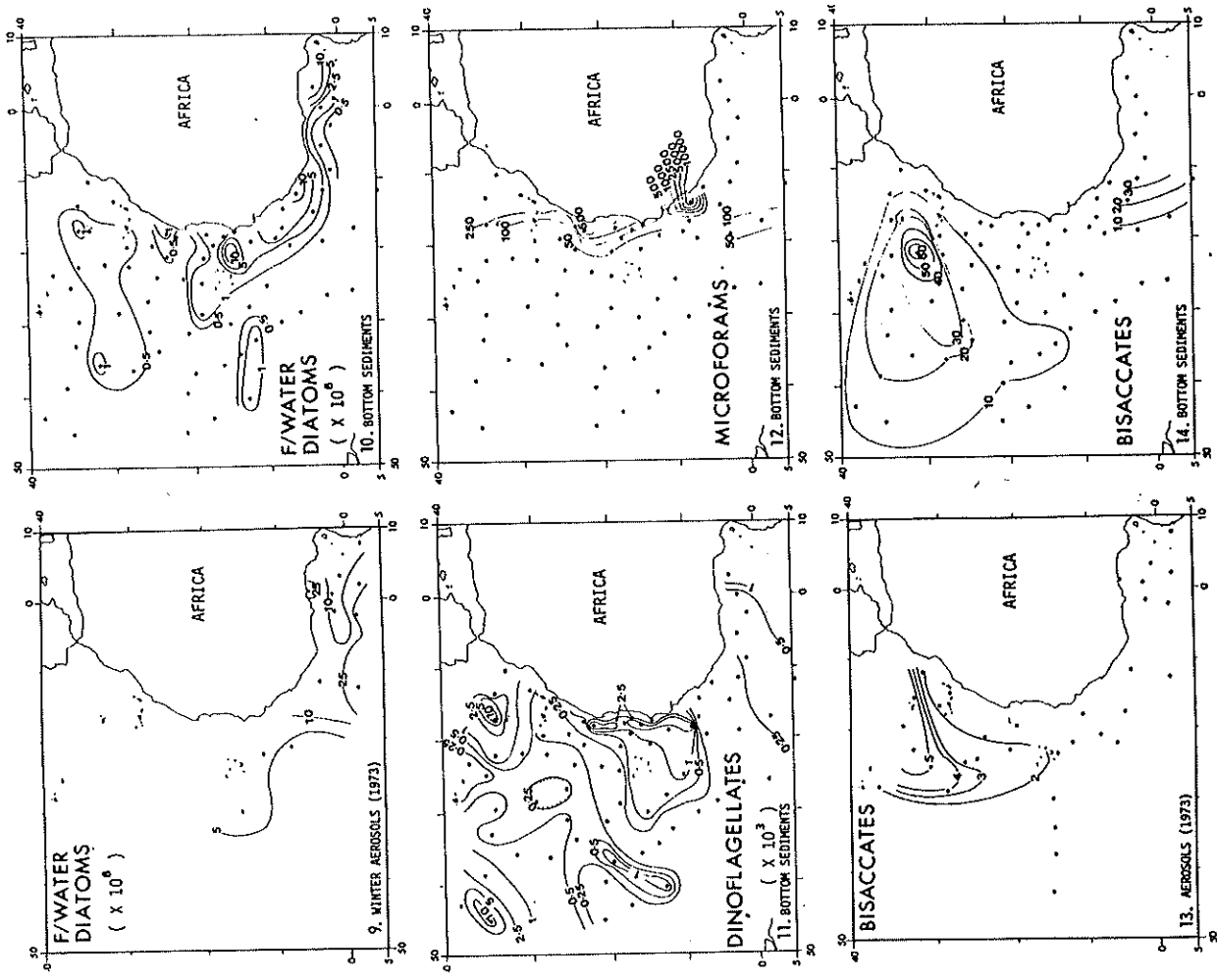
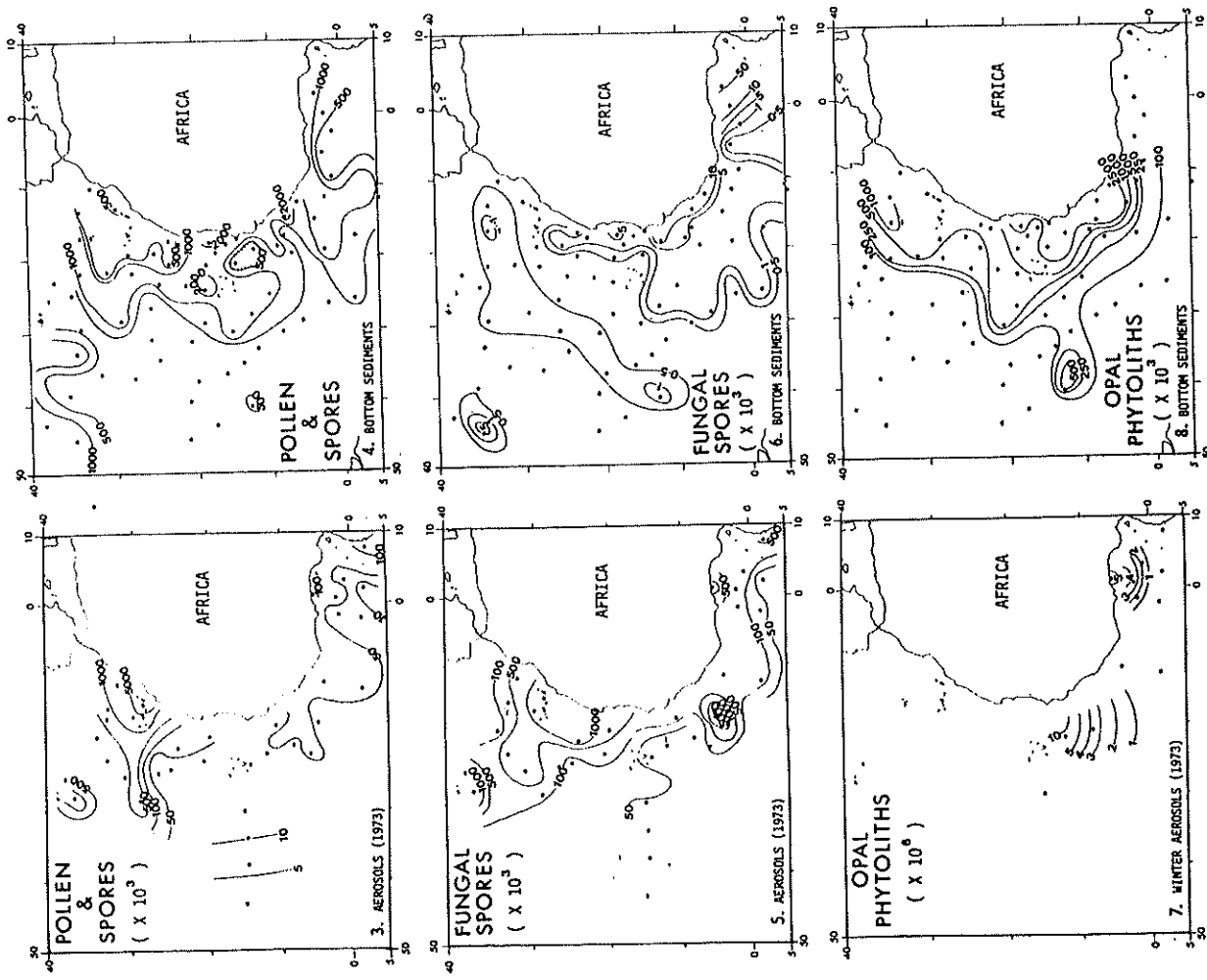


Fig. 1. Location of "Atlantis II" 1973 and West African aerosol samples.

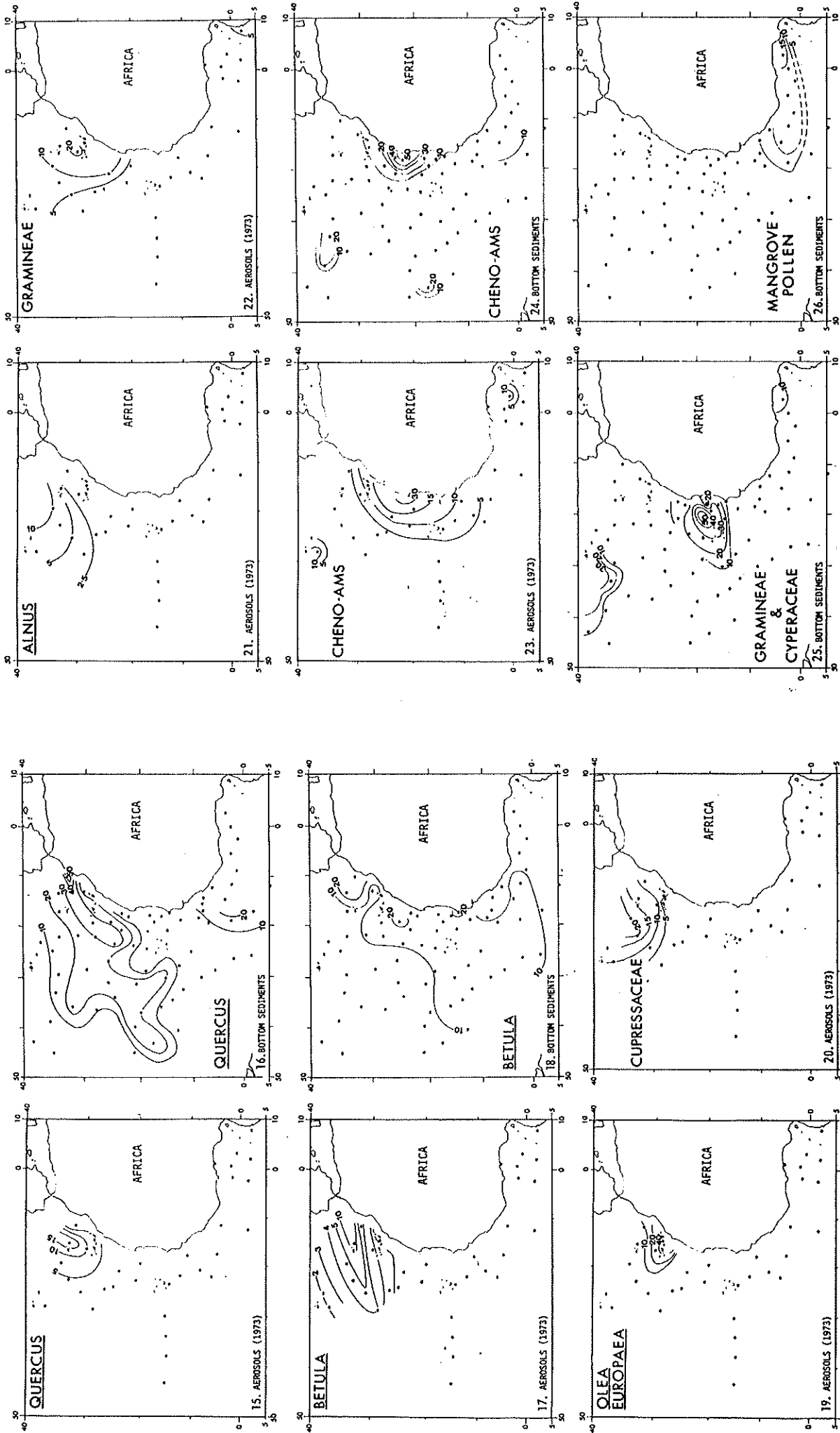


Figs. 9—12. Distribution of major classes of palynomorphs in aerosols (Fig. 9) and bottom sediments (Figs. 10—12), indicated by isopleths. Each map shows absolute frequency in grains per gram of dry sediment.

Figs. 13 and 14. Distribution of the relative frequency (isopercentage contours) of bisaccate pollen in aerosols (Fig. 13) and bottom sediments (Fig. 14).



Figs. 3—8. Distribution of major classes of palynomorphs in aerosols (Figs. 3, 5 and 7) and bottom sediments (Figs. 4, 6 and 8), indicated by isopleths. Each map shows absolute frequency in grains per gram of dry sediment.



Figs. 21 and 22. Distribution of the relative frequency (isopercentage contours) of *Alnus* and Gramineae pollen in aerosols.

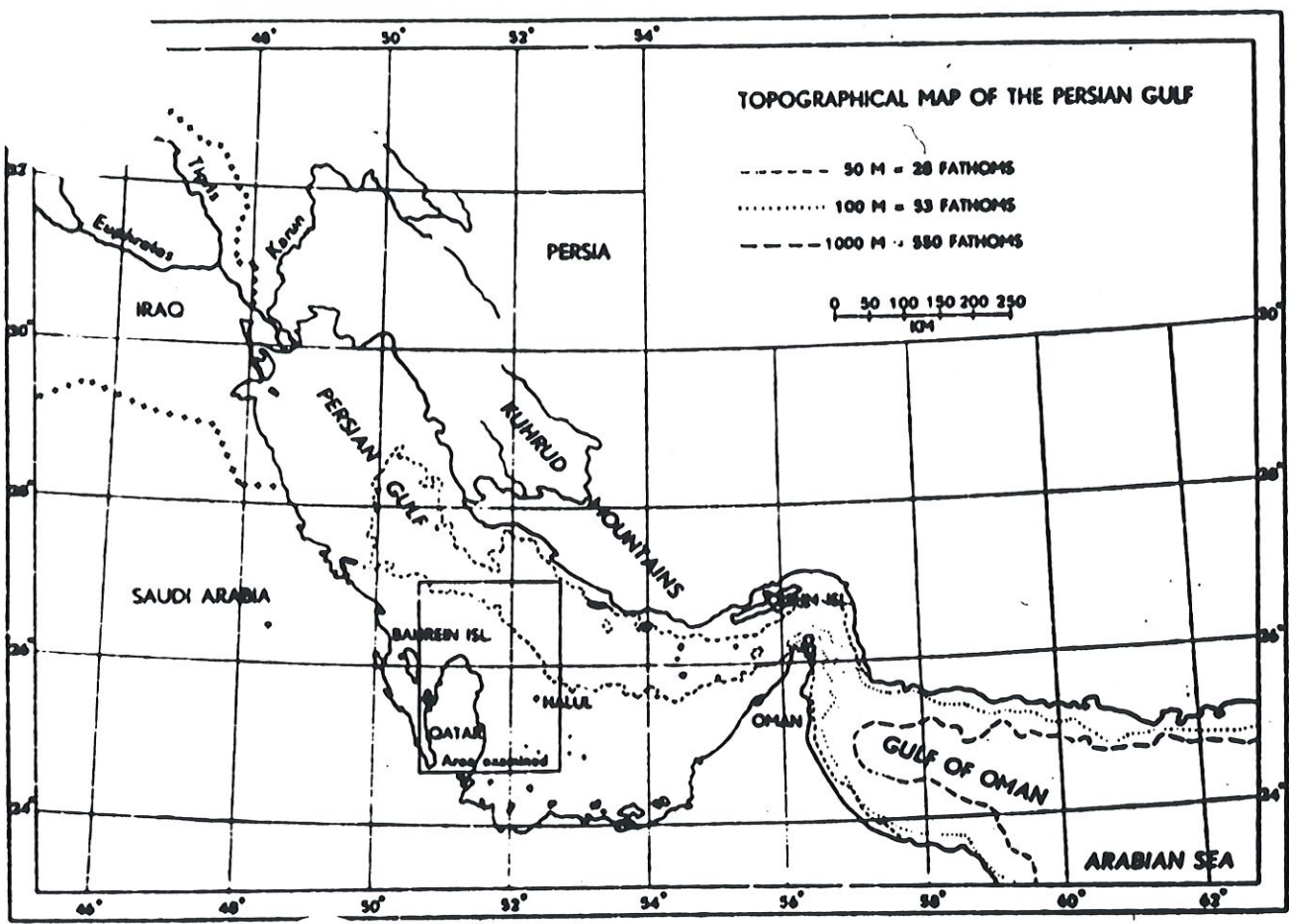
Figs. 23 and 24. Distribution of the relative frequency (isopercentage contours) of Chenopodiaceae-Amaranthaceae pollen in aerosols (Fig. 23) and bottom sediments (Fig. 24).

Figs. 25 and 26. Distribution of the relative frequency (isopercentage contours) of Gramineae-Cyperaceae and mangrove pollen in bottom sediments.

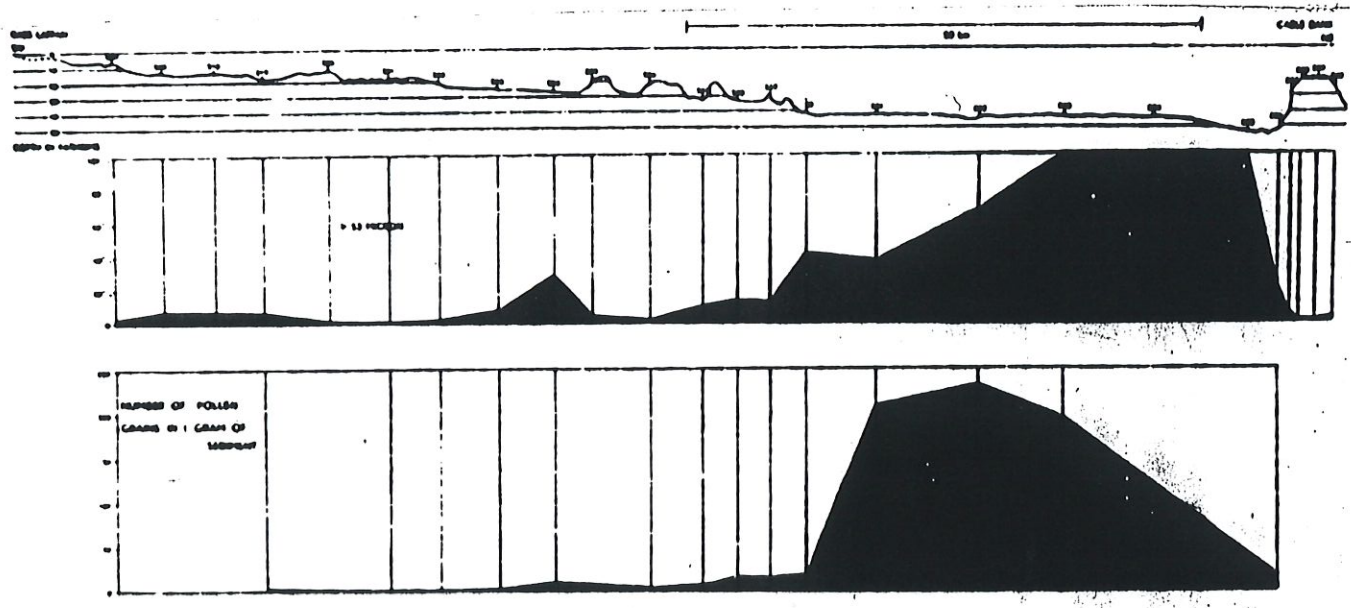
Figs. 15 and 16. Distribution of the relative frequency (isopercentage contours) of *Quercus* pollen in aerosols (Fig. 15) and bottom sediments (Fig. 16).

Figs. 17 and 18. Distribution of the relative frequency (isopercentage contours) of *Betula* pollen in aerosols (Fig. 17) and bottom sediments (Fig. 18).

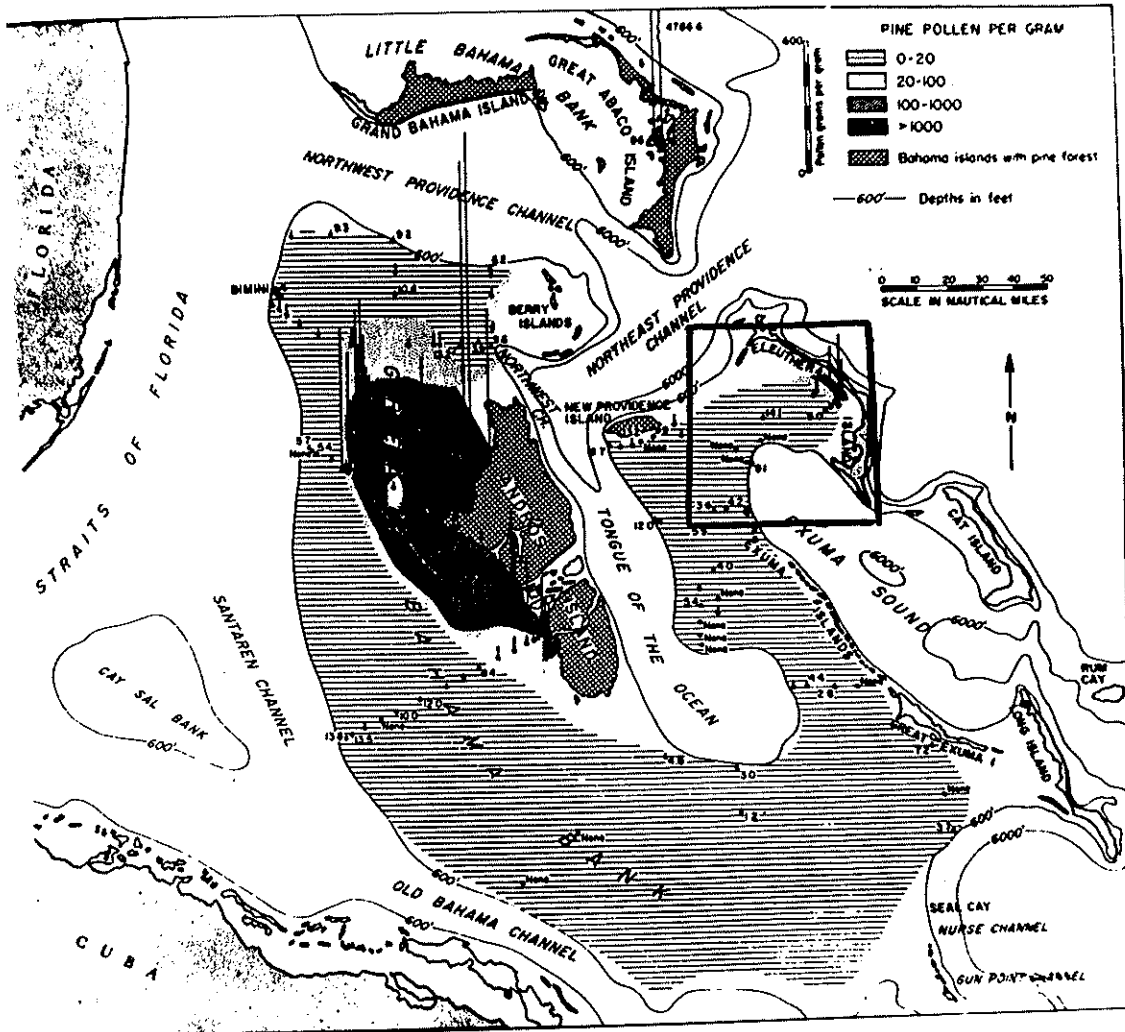
Figs. 19 and 20. Distribution of the relative frequency (isopercentage contours) of *Olea europaea* and Cupressaceae pollen in aerosols.



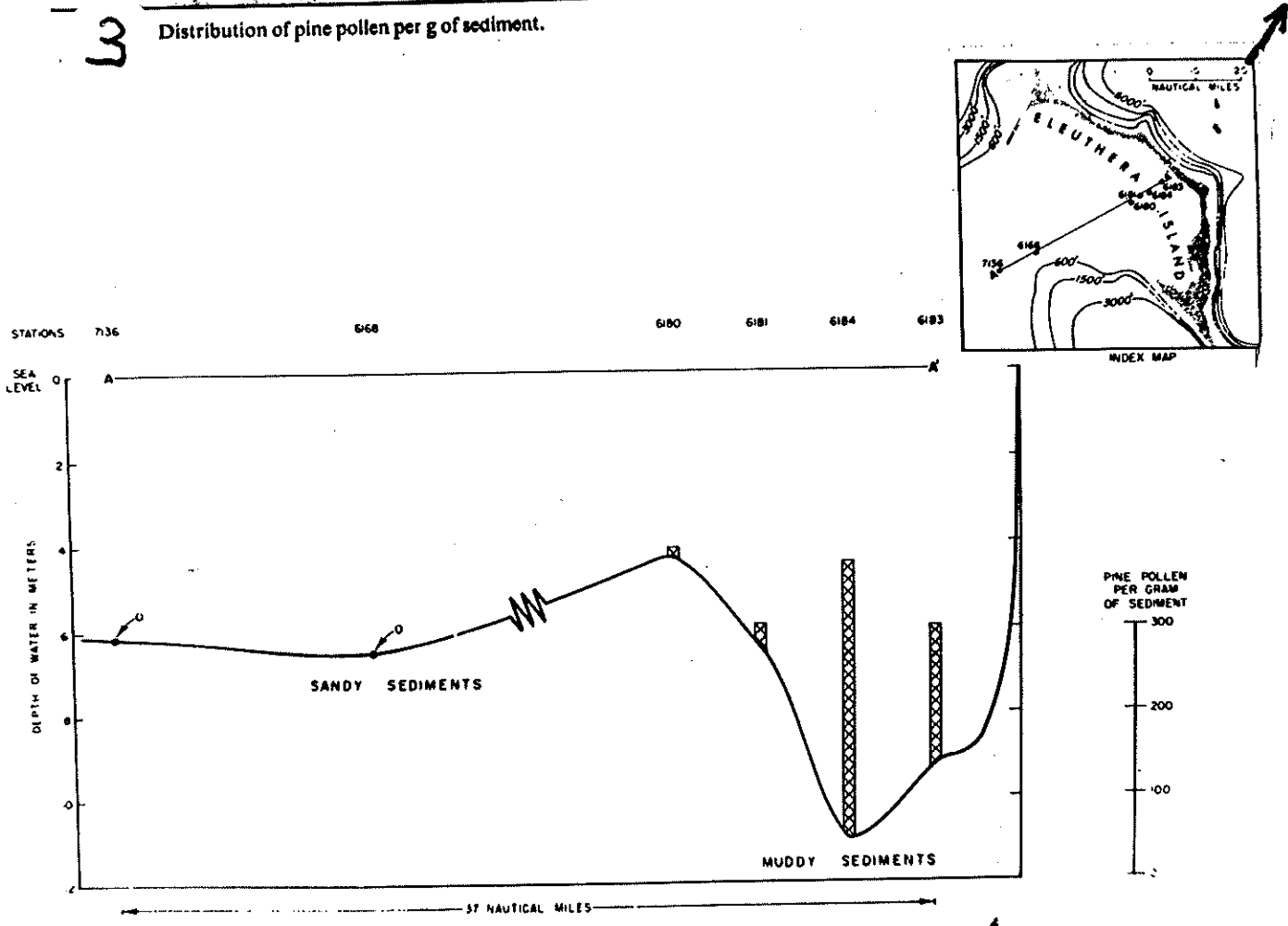
1 Topographical map of the Persian Gulf.



2 The number of pollen grains found in one gram of sediment in relation to the mud content.



3 Distribution of pine pollen per g of sediment.



Relationship of pine-pollen content of sediment near Eleuthera Island to sediment type and water depth.

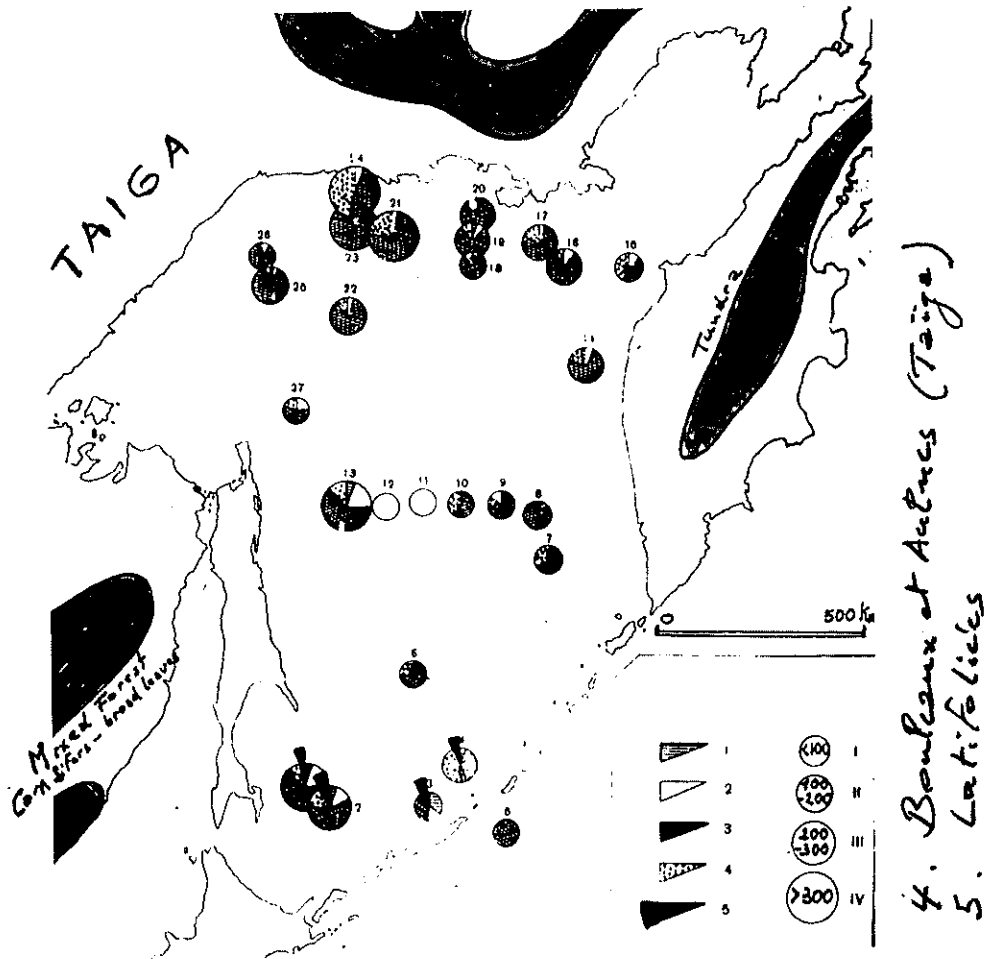
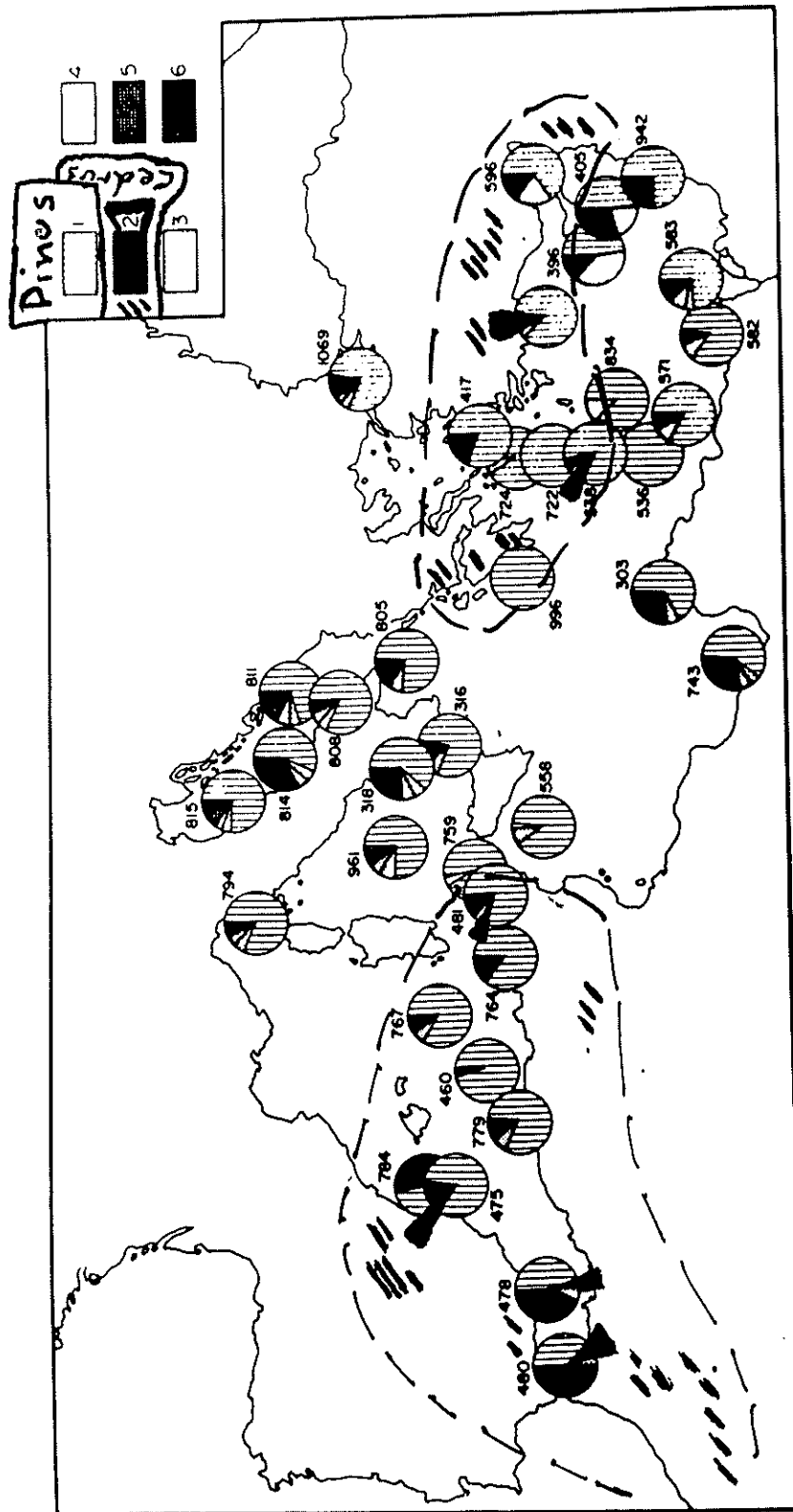


Fig. 27c



6 Composition of the arboreal pollen sum in samples collected in the Mediterranean. 1 = *Pinus*; 2 = *Cedrus*; 3 = *Abies* and *Picea*; 4 = *Betula* and *Alnus*; 5 = *Quercus*; 6 = total of pollen of broad-leaved and sclerophyllous species.

Fig. 2 d

**ÉTUDE PALYNOLOGIQUE
DES SÉDIMENTS MARINS HOLOCÈNES
DE 5000 B.P. A L'ACTUEL
DANS LE GOLFE DE GABÈS (MER PÉLAGIENNE)**

PAR

Annik BRUN.

(Laboratoire de Géodynamique des milieux continentaux,
Université Pierre et Marie Curie, 4 Place Jussieu 75230 Paris Cedex 05).

POLLEN ET SPORES, Vol. XXV (1983), n° 3-4, p. 437-460.

Fig. 28a

c) Considérons par ailleurs les paramètres suivants : profondeur d'eau - ordre chronologique de dépôt - faciès et granulométrie des sédiments (BUROLLET *et al.*, *ibid.* : fig. 38).

— Dans l'unité I tous les échantillons ont une flore pollinique identique. Ils présentent le même faciès mais, par contre, des granulométries différentes permettant de situer les sédiments fins KK 110 et 111 antérieurement aux sédiments plus grossiers KK 112 à 125. De plus, les profondeurs varient de — 1,90 m à — 4,30 m.

— Dans l'unité II, le sédiment KK 193 a une flore semblable à celle des sédiments KK 185 - 186 - 191, malgré des différences nettes à la fois de faciès et de granulométrie. En outre, KK 193 est antérieur aux trois autres sédiments.

— Enfin, les sédiments KK 185 et 186 ont le même faciès, la même granulométrie et sont à la même profondeur que KK 110 et 111. Ils s'en distinguent pourtant par des différences quantitatives parmi les composants de la flore pollinique.

En conséquence, les modifications observées d'Ouest en Est ne sont liées ni à l'épaisseur de la tranche d'eau, ni au faciès des sédiments, ni à leur granulométrie, ni même à leur légère différence d'âge. Ces changements sont plutôt à mettre, semble-t-il, en relation avec l'éloignement du rivage et ceci sur une faible distance, puisque la distance maximum à la côte (pour le site KK 191) est d'une quarantaine de kilomètres seulement. Cet éloignement se manifeste, on l'a vu, par une diminution de la représentation de l'Olivier, élément prépondérant des domaines phytogéographiques de la Tunisie septentrionale et centrale, au bénéfice des essences forestières lointaines et notamment allochtones des régions tempérées. L'éloignement entraîne également un accroissement du taux des herbacées et plus particulièrement des Graminées. Ces faits constatés, il n'est malheureusement pas possible d'en déterminer les causes. Néanmoins, il sera intéressant ultérieurement, en utilisant la même démarche mais à l'échelle beaucoup plus vaste du golfe de Gabès, de voir si dans des sédiments contemporains würmiens ou holocènes de telles variations existent en fonction de l'éloignement des anciennes lignes de rivage, ou si d'autres apparaissent.

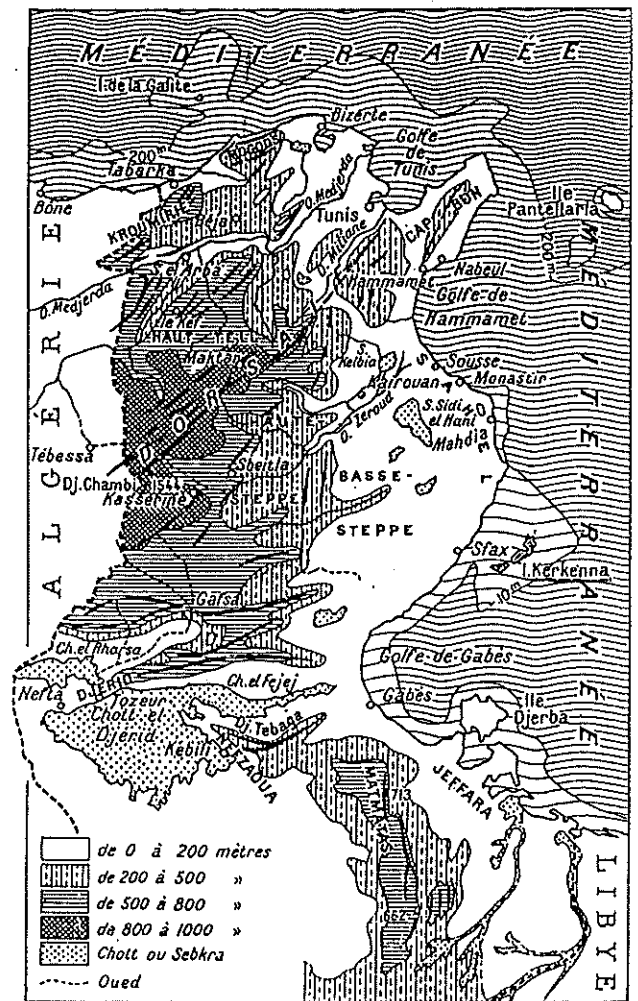


FIG. 2. — Carte morphologique de la Tunisie (extrait : A. RAYMOND et J. PONCET, 1971).

A — RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE ET FACIÈS BIO-SÉDIMENTAIRES
DES ÉCHANTILLONS DE SURFACE.

Fig. 286

1) Localisation (fig. 1).

Les échantillons se situent tous dans la zone littorale, soit dépourvue de végétation, soit à herbiers superficiels : pelouses mixtes à *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica* et *Caulerpa prolifera* (BLANPIED *et al.*, 1979).

- radiale 1 : KK 191 (— 3,10 m), KK 193 (— 1,50 m).
- radiale 2 : KK 185 (— 4 m), KK 186 (— 4 m).
- radiale 3a : KK 3 (— 0,80 m), KK 7 (— 3 m environ), KK 12 (— 0,3 m), KK 19 (— 10,50 m) et latéralement KK 15 (— 3 m).
- radiale 8 : KK 109 (— 3,20 m), KK 110 (— 4,30 m), KK 111 (— 4,10 m), KK 112 (— 3,20 m), KK 113 (— 3,50 m), KK 114 (— 3,50 m), KK 115 (± 3,50 m), KK 116 (— 3,30 m), KK 117 (— 3,70 m), KK 120 (— 3,70 m), KK 121 (— 3,20 m), KK 123 (— 1,90 m).

2) Constituants lithologiques (BUROLLET *et al.*, 1979 ; CASSOUDEBAT et DUVAL, 1978).

Les échantillons des radiales 1, 2 et 8 se répartissent en trois catégories :

- sédiments fins (plus de 60 % de fraction < 63 μ) ou assez fins (40 à 60 % de fraction < 63 μ), à algues vertes dominantes : KK110 -111 - 185 - 186 - 191.
- sédiments assez grossiers (20 à 40 % de la fraction < 63 μ), à algues vertes dominantes : KK 112 - 113 - 114 - 115 - 116 - 117 - 120 - 121 - 123
- sédiments grossiers (20 % de la fraction < 63 μ), à algues vertes et rouges : KK 193.

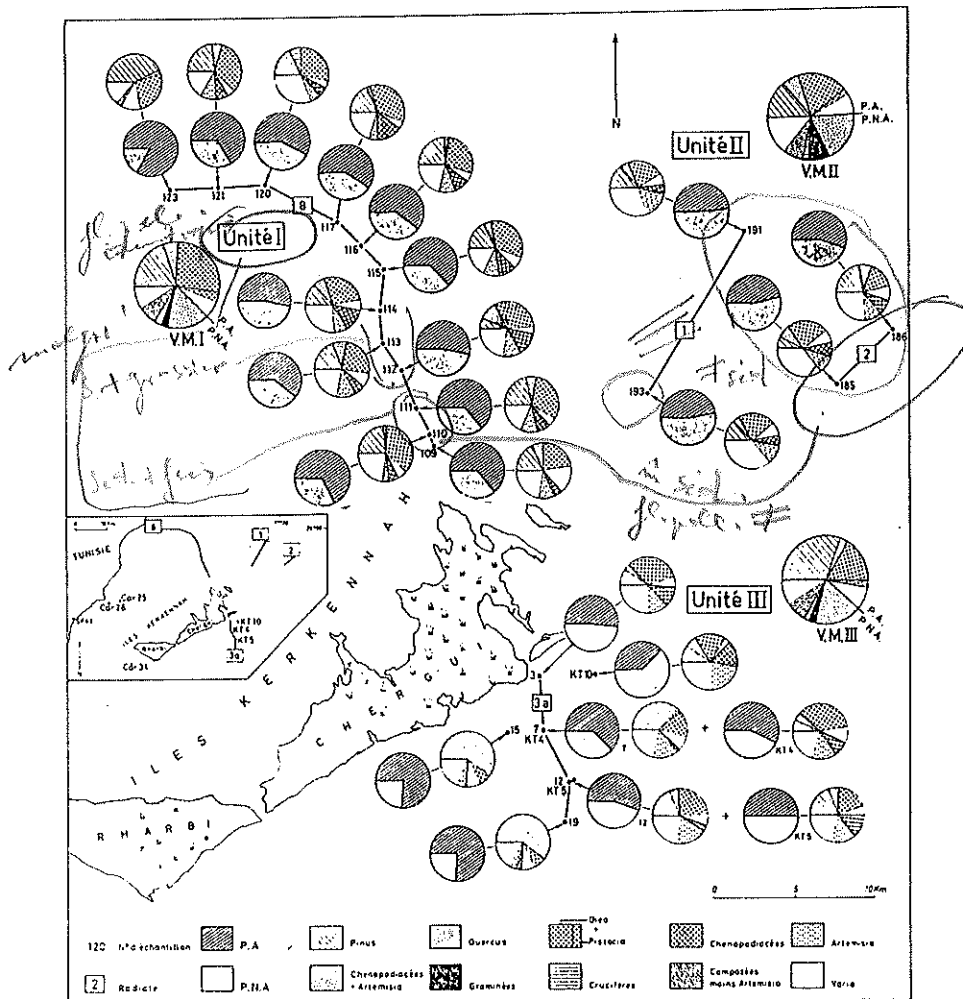


FIG. 1. — Spectres pollinifères des sédiments subactuels dans le secteur des îles Kerkennah.

V.M. I, V.M. II et V.M. III : spectres de référence calculés sur la base des valeurs moyennes (V.M.) des pourcentages de taxons ou groupes taxonomiques dans chacune des unités I, II et III.

210

137

78

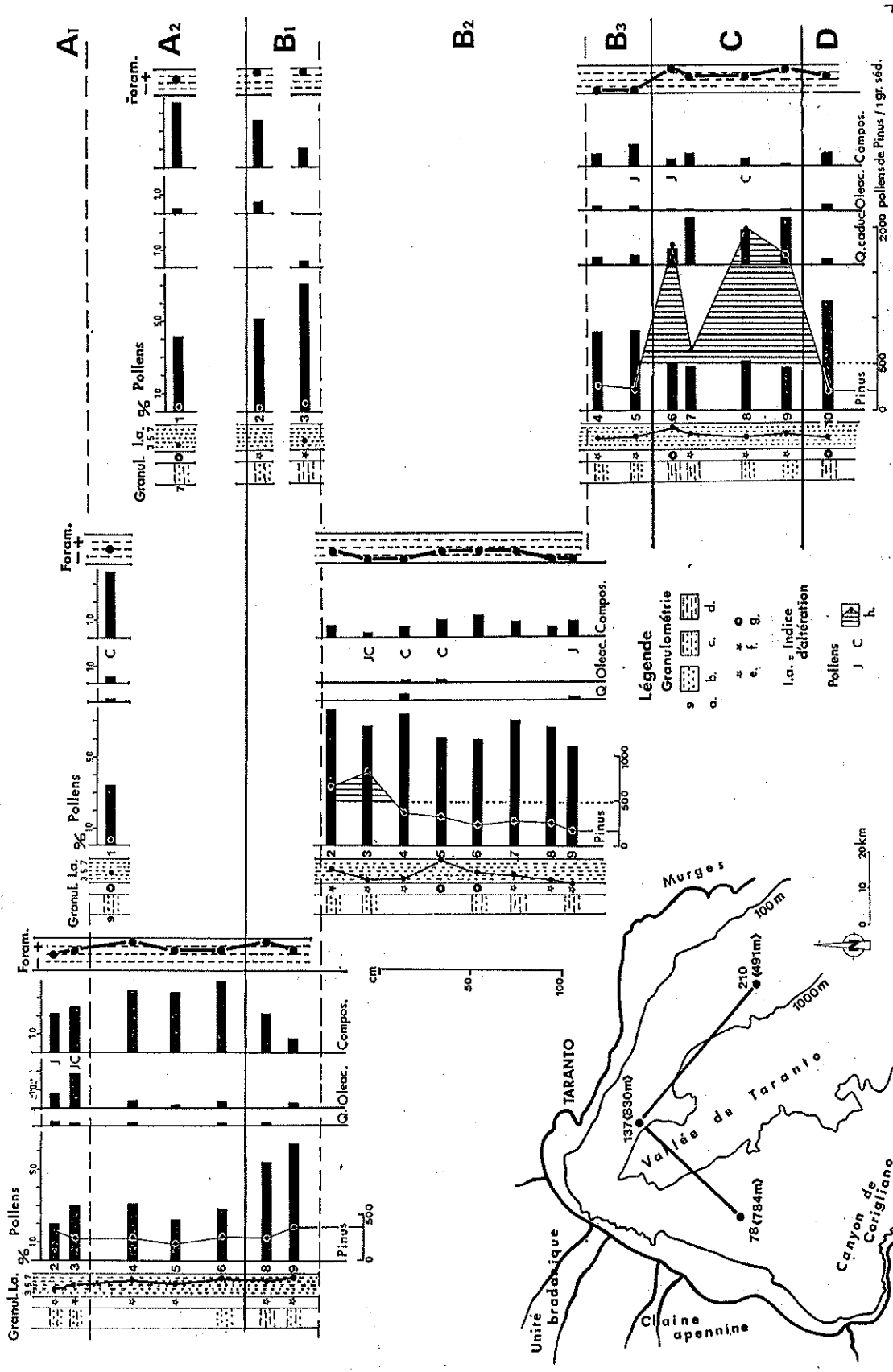


FIG. 4. — Position stratigraphique relative des trois sondages 78, 137 et 210, sur la base de l'étude palynologique. (N.B. Une erreur s'est glissée dans cette figure : l'échantillon 210/2 contient 35 % de pollens de *Pinus* au lieu de 50 %.)

Granulométrie : a : % de sable (si supérieur à 4 %) ; b : silt ; c : silt argileux ; d : argile silteux ; e : pas de grain de quartz > 105 µm ; f : rares grains de quartz > 105 µm ; g : grains de quartz > 105 µm abondants. Indice d'altération (I.a.). Pollens : J : *Juglans* (Noyer) ; C : *Castanea* (Châtaignier) ; h : plus de 500 pollens de *Pinus* par gramme de sédiment.

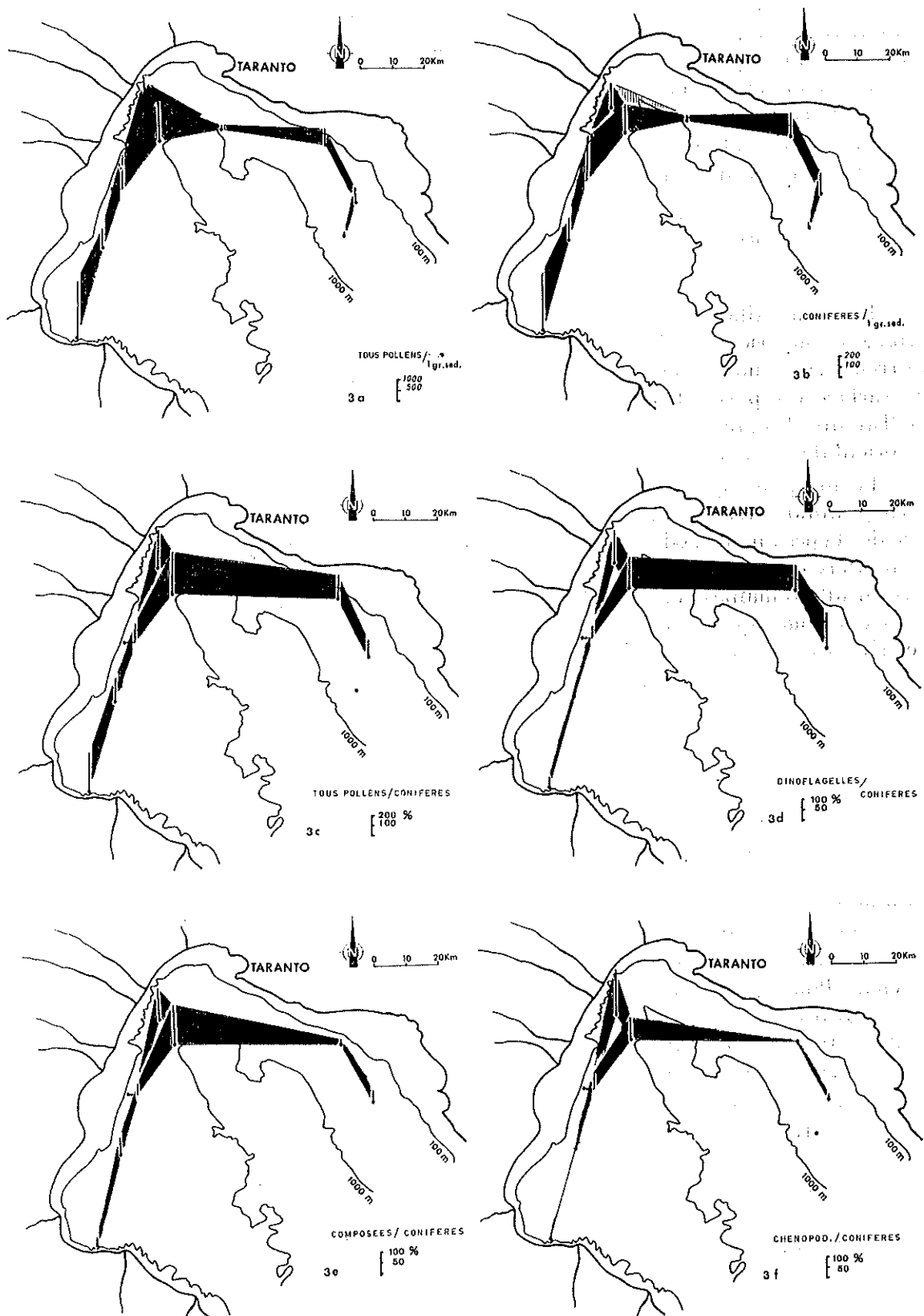


Fig. 30— Concentrations (a, b) et fréquences relatives (c, d, e, f) des palynomorphes en fonction de la position géographique des prélèvements.

78

P15

T23

C210

C137

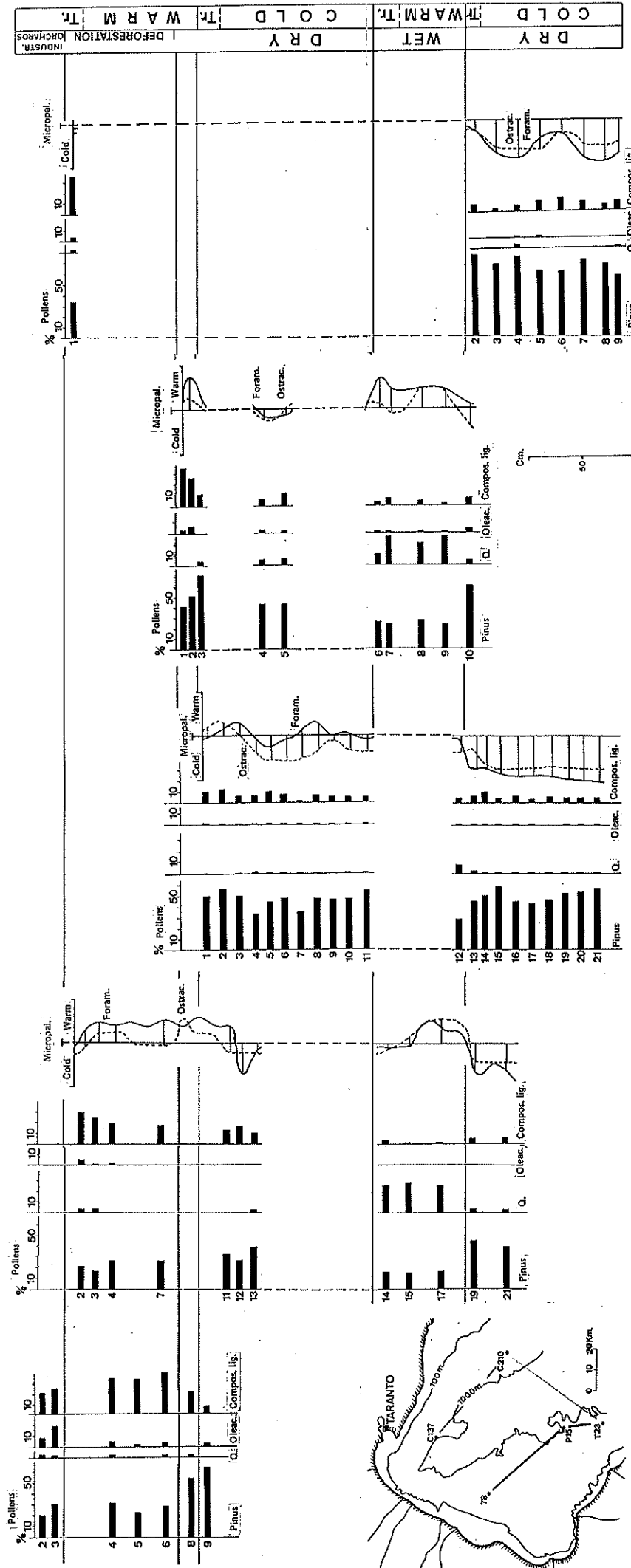


Fig. 31