

UNIVERSITE DE DROIT, D'ECONOMIE ET DES SCIENCES

D'AIX-MARSEILLE

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE SAINT-JEROME

THESE présentée

par

Hilaire ELENGA

pour obtenir le grade de Docteur en Sciences
de l'Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'AIX-MARSEILLE
(AIX-MARSEILLE III)

Spécialité: GEOLOGIE

VEGETATION ET CLIMAT DU CONGO DEPUIS 24 000 ANS B.P.
Analyse palynologique de séquences sédimentaires du Pays Bateke et du littoral.

soutenue le 25 février 1992 devant la Commission d'examen:

BONNEFILLE R.

CABALLE G.

PONS A.

ROUX M.

SCHWARTZ D.

SERVANT M.

VINCENS A.

*"Tout parle dans l'univers car il n'est rien qui n'ait son langage.
Si mon oeuvre n'est pas assez bon modèle, j'ai du moins ouvert le chemin.
D'autres pourront y mettre la dernière main".*

H. ELENGA

*A mes parents
A Tchesse*

" La science est comme la terre, on n'en peut posséder qu'un peu".

VOLTAIRE

AVANT-PROPOS

Au terme de six années d'études au Laboratoire de Géologie du Quaternaire qui m'ont permis de préparer le Diplôme d'Etudes Approfondies et la thèse dont les résultats sont présentés dans ce mémoire, je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont entouré et aidé pendant cette période.

Ma reconnaissance s'adresse d'abord à Monsieur Claude HILLAIRES-MARCEL, précédent Directeur, et à Monsieur Yves LANCELOT, actuel Directeur, pour m'avoir accueilli au sein de leur Laboratoire et pour m'avoir permis d'effectuer mes recherches dans les meilleures conditions matérielles.

Je remercie MM. les Professeurs Armand PONS et Maurice ROUX, palynologue et non palynologue, qui, en acceptant de juger ce travail, apportent le témoignage de l'intérêt que constitue la connaissance de l'histoire de la végétation et du climat de l'Afrique équatoriale au cours du Quaternaire récent. Je leur en suis gré de l'honneur qu'ils me font en participant à ce jury.

M. Guy CABALLE, Maître de Conférence, a accepté d'être le rapporteur de mon travail. Je lui prie de bien vouloir agréer ce respectueux témoignage de ma reconnaissance.

M. Michel SERVANT, Directeur de Recherche à l'ORSTOM, s'est montré à plusieurs reprises intéressé par mes recherches. J'ai toujours été sensible à ses encouragements prodigués avec la plus haute bienveillance. Il a bien voulu, malgré ses nombreuses occupations, prendre connaissance de mon travail et de faire partie du jury. Qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

Mlle Annie VINCENS, Chargé de Recherche au C.N.R.S. après m'avoir encadré en D.E.A., a accepté d'assurer la direction de mes travaux de thèse. Elle a toujours porté une attention soutenue à l'évolution de mon travail. Sa contribution au bon déroulement de mes travaux a souvent dépassé le cadre strict de ses obligations professionnelles. Nous avons ainsi tissé des liens de travail mais aussi amicaux que je souhaite voir survivre longtemps après la soutenance de ce mémoire.

C'est Dominique SCHWARTZ, Chargé de Recherche à l'ORSTOM Pointe Noire (Congo) et Raymond LANFRANCHI Archéologue, qui ont compris la nécessité de

combler la lacune que constituait l'absence de données palynologiques détaillées dans le cadre des reconstitutions paléobotaniques et paléoclimatiques au Congo. Ils ont, en collaboration avec le Professeur Pierre GIRESSE de l'Université de Perpignan, initié ces recherches et m'en ont confié l'étude. Qu'ils soient tous remerciés de la confiance qu'ils m'ont accordée. Dominique SCHWARTZ m'a, en outre, apporté un soutien matériel inestimable aussi bien sur le terrain lors des prélèvements des échantillons, que pendant mon séjour à Marseille. Sans son aide, ces recherches n'auraient vraisemblablement pas pu se faire. Je suis ravi qu'il lui soit donné de juger ce travail en étant rapporteur, et j'ose espérer que les résultats seront à la hauteur de ses espérances.

Au Laboratoire de Géologie du Quaternaire, Mlle Raymonde BONNEFILLE, Directeur de Recherche au C.N.R.S., responsable de l'équipe de palynologie, a mis à ma disposition les moyens matériels nécessaires au bon déroulement de mes recherches. J'ai bénéficié, au cours de nos nombreux entretiens de ses conseils et de son expérience. Son souci constant du travail bien fait et sa rigueur scientifique ont contribué à l'orientation de mon travail. Je lui suis très reconnaissant de l'intérêt qu'elle a toujours porté à mon travail et d'avoir bien voulu compter parmi les membres du jury.

M. le Professeur Hugues FAURE a toujours montré son intérêt pour mes recherches. Je le remercie pour ses encouragements sans cesse renouvelés et pour ses discussions instructives.

Je tiens aussi à remercier M. le Professeur André MARIOTTI (Université Paris VI) pour m'avoir fourni les mesures $\delta^{13}\text{C}$ inédites sur les sondages étudiés dans ce mémoire.

Je remercie Guy RIOLLET et Guillaume BUCHET, qui, avec une patience "africaine", m'ont initié à la morphologie pollinique. Leur disponibilité et leur dévouement en permanence sollicités, m'ont permis de percer très vite le secret de l'exine, de l'endexine et de l'aperture.

Je remercie Noelle BUCHET qui m'a appris la saisie informatique des données et m'a porté son aide lors de la réalisation des diagrammes polliniques.

Dans l'élaboration finale de ce manuscrit, j'ai reçu l'aide technique de Christine TATILON pour les illustrations et de Philip BRANCHU pour la réalisation de la plupart des tableaux. Michel DECOBERT, responsable du service de dessin a toujours porté une attention particulière à la qualité des illustrations. Je me souviendrai de l'inévitable "le rotring se tient toujours vertical". Du fond du cœur, je leur dit un grand merci.

Que tous mes collègues ainsi que le personnel du laboratoire: Dominique JOLLY, David WILLIAMSON, Jean-Philippe BRUGAL, Jean-Pierre BRACCO, Philippe FOSSE, Saïda El MOUTAKI, Françoise CHALIE, Mohammed UMER, Nicole PAGE, Dominique COMMELIN et tous les autres, qui chacun de leur manière, m'ont apporté une aide matérielle ou morale toujours efficace en ces moments d'affolement, soient assurés de ma profonde reconnaissance et de mes amitiés les plus indéfectibles. J'y associe une pensée particulière à mon ami et "frère" Christian GOETZ, brutalement arraché du coeur des siens.

A tous mes compatriotes et à mes amis d'Aix et de Marseille avec lesquels j'ai partagé repas, joie et aussi des moments difficiles: Arsène BIKOUE, Martial MBAYA, Léonard KISANGOU, Denis LOUFOUMA et son épouse, , Damien MAKITA, la famille NDONG, Laure MAKAGA, Jean-Louis et Rosalie, etc..., je leur renouvelle mes sincères amitiés pour leurs encouragements. A Peggy JOSEPH-MONDESIR, dont la compagnie m'a permis de traverser ces moments difficiles, je te renouvelle toute mon affection.

Enfin, qu'il me soit permis de remercier mes amis et frères du Congo, qui, sonde à l'épaule, m'ont apporté leur aide bénévole lors de ma campagne d'échantillonnage: Isidore, Valence, Jaurès, Léonard, Diaf et bien d'autres qui se reconnaîtront à travers ces mots. Ma soeur Jeanne et son époux Alphonse ATIPO, mon frère Prosper ELENGA et son épouse Isabelle, ont supporté des années durant, le coup de mes frais scolaires. Je suis heureux de leur présenter le fruit de leurs efforts. A mes parents, dont je n'ai compris que très tard l'acharnement incroyable avec lequel ils m'obligeaient à poursuivre des études alors qu'ils n'en avaient jamais fait, qu'ils soient rassurés de mon soutien matériel inconditionnel. Que mon petit TCHESSE me pardonne de cette absence prolongée qui prenait les dimensions d'un abandon.

Ce travail a été financé par le C.N.R.S. (Laboratoire de Géologie de Quaternaire), l'ORSTOM et le programme PNEDC (programme Paléoclimat en Afrique).

INTRODUCTION

La distribution des grands ensembles phytogéographiques et des flores actuelles requiert pour sa compréhension, une connaissance approfondie des paysages végétaux du passé. Parmi les nombreuses approches méthodologiques utilisées pour retracer l'évolution de ces paléovégétations, l'analyse palynologique est parmi celles qui apporte les indications les plus précises et les plus continues. L'intérêt de l'analyse palynologique dans les reconstitutions paléobotaniques réside dans le fait que chaque plante produisant des grains de pollen et de spores de forme et d'ornementation particulière, il est possible, en observant ceux-ci isolément, de déterminer l'identité de la plante qui les a produits. Ils constituent donc des témoins de l'environnement végétal contemporain des sédiments dans lesquels ils ont été conservés et sont à ce titre le reflet d'un état de la végétation à un moment donné. En outre, les grains de pollen et les spores présentent le double avantage d'être souvent produits en très grande quantité et leur paroi externe, ou exine, offre une résistance exceptionnelle qui lui permet une excellente fossilisation. De plus, certains d'entre-eux peuvent facilement être dispersés par les cours d'eau ou par les courants atmosphériques de manière que l'analyse des sédiments permet d'obtenir à la fois l'image de la végétation locale mais également, dans certains cas, celle d'une région. L'analyse palynologique de séquences sédimentaires permet donc, contrairement aux autres méthodes de paléobotanique, de reconstituer en continu l'évolution de la végétation au cours du temps, puisque toute modification de celle-ci sera enregistrée dans les assemblages polliniques conservés dans

les dépôts étudiés. Les grains de pollen et les spores constituent donc des témoins privilégiés d'un environnement végétal et de son évolution. Ils sont à ce titre utilisés comme marqueurs paléoécologiques et de ce fait comme source d'informations paléoclimatiques, paléohydrologiques ou anthropiques.

Contrairement à d'autres régions d'Afrique, l'évolution des végétations du Congo au cours du Quaternaire récent, n'a fait à ce jour, l'objet que de rares études. Les reconstitutions paléobotaniques qui ont été proposées ne permettent pas de donner une image satisfaisante de leur histoire du fait, d'une part de la discontinuité des données, d'autre part de la maille de résolution trop large obtenue. En effet, ces reconstitutions ont été basées soit sur l'étude de macrorestes végétaux (DELIBRIAS *et al.*, 1983; DECHAMPS *et al.*, 1988a et b; SCHWARTZ, 1985; SCHWARTZ *et al.*, 1990a et b), soit sur l'analyse palynologique de séquences marines, à faible taux de sédimentation, qui n'ont permis de repérer que les changements majeurs ayant affecté la végétation de la Cuvette Congolaise au cours des derniers 130 000 ans (CARATINI et GIRESE, 1979; BENGU et MALEY, 1991).

L'objectif de notre travail est ici d'apporter, dans le domaine de la paléobotanique, des données les plus précises et les plus continues possibles pour la période des 25 derniers mille ans, et ainsi de compléter le schéma de l'évolution des paléoenvironnements végétaux du Congo proposé antérieurement. Ainsi, huit séquences continentales, carottées en milieu tourbeux, ont fait l'objet d'analyse pollinique. Dans ce travail, l'accent sera mis sur la succession des événements paléobotaniques dans deux régions distinctes: les Plateaux Bateke et le littoral congolais. Nous tenterons de définir les causes des modifications mises en évidence (variations hydrologiques locales ou climatiques globales, ou pour

les périodes les plus récentes l'action anthropique) ainsi que leur ampleur à une échelle régionale ou du continent africain.

Ce travail est structuré en six parties. La première partie traite du cadre géomorphologique, climatique et phytogéographique dans lequel se situe notre étude. La seconde partie est consacrée à la description des techniques de terrain et de laboratoire utilisées. Dans la troisième partie, sont présentés les résultats d'une étude préalable de la pluie pollinique actuelle des principaux groupements du Congo. La quatrième partie concerne l'analyse palynologique des séquences fossiles et leur interprétation en terme de paléovégétations. Dans la cinquième partie, sont donnés les résultats obtenus par d'autres méthodes (^{13}C et charbons) sur ces mêmes séquences. Enfin, la sixième partie est consacrée à une discussion générale, où les résultats obtenus dans ce travail sont synthétisés et interprétés en terme climatique, hydrologique et d'action anthropique. Ils sont insérés dans un contexte plus large des études paléobotaniques au Congo, en Afrique tropicale et en Amérique du Sud.

PREMIERE PARTIE

LE CONTEXTE ACTUEL

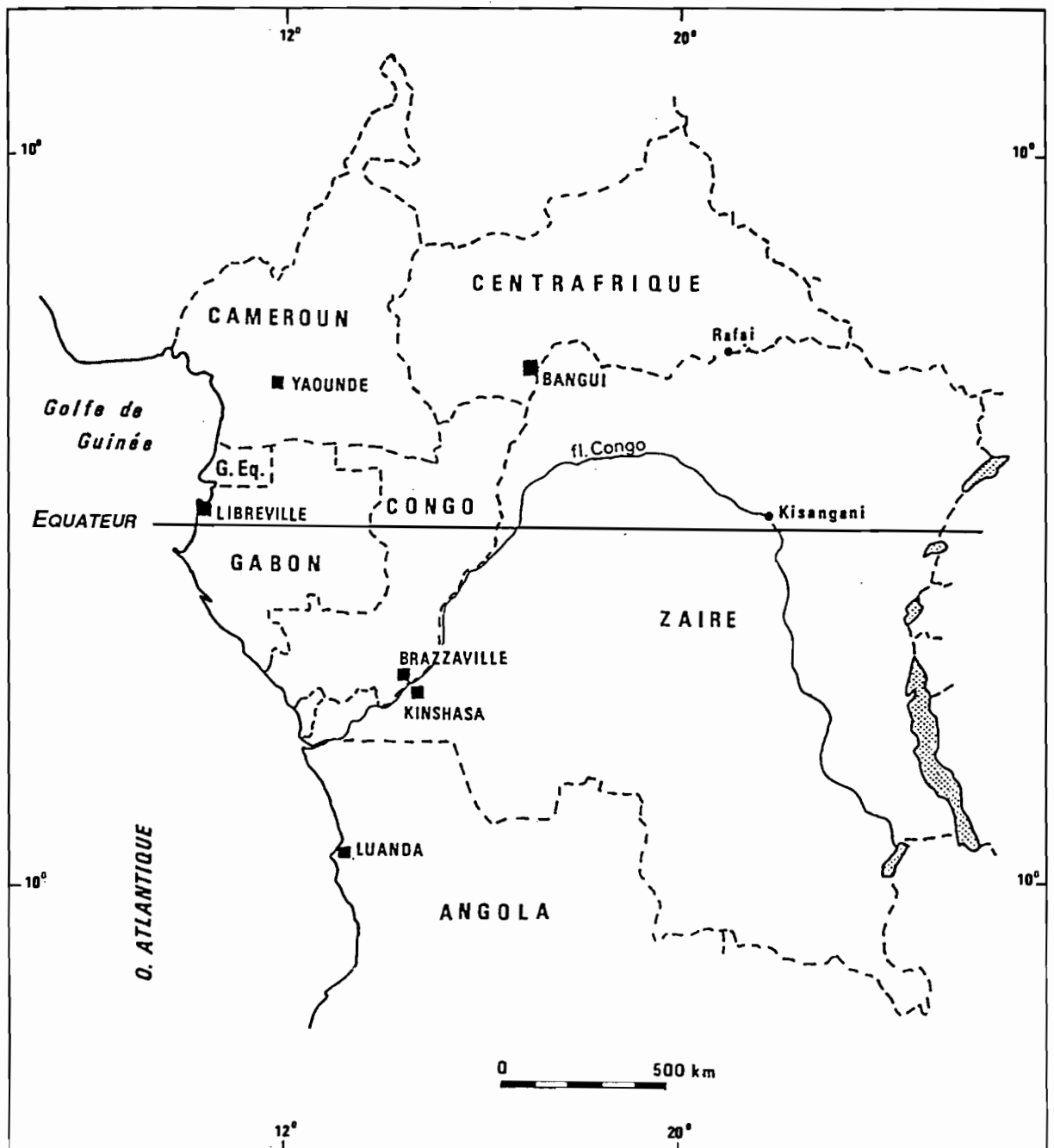


Fig. 1: Situation géographique du Congo
(d'après LANFRANCHI et SCHWARTZ, 1990)

LE CONGO

Une description des grands traits géomorphologiques et climatiques de l'ensemble du territoire congolais et ceux voisins se justifie dans ce travail pour plusieurs raisons. En effet, l'étude de la pluie pollinique actuelle et de sédiments fossiles en vue de reconstitutions paléobotaniques et paléoclimatiques ne saurait être envisagée sans que ne soient précisés les facteurs actuellement responsables de la répartition des associations végétales. La connaissance de l'influence de la structure géomorphologique et de la dynamique du climat actuelles du Congo permettront une meilleure compréhension des données palynologiques fossiles et faciliteront leur interprétation en terme de paléoenvironnements.

A. CADRES GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

Situé de part et d'autre de l'équateur, le Congo s'étend entre 3°55' de latitude nord et 5° de latitude sud, 11 et 18°5' de longitude est. Il est limité au nord par la République Centrafricaine et le Cameroun, au sud et à l'est par le Zaïre, à l'ouest par le Gabon et possède une façade atlantique au sud-ouest qui s'étend sur 200 km environ (fig. 1).

Du point de vue géomorphologique, le Congo fait partie de la Cuvette Congolaise, vaste dépression marécageuse dont l'altitude moyenne ne dépasse pas 400m. Cette dépression est entourée d'un bourrelet périphérique montagneux avec: à l'ouest et au sud-ouest, les Plateaux Bateke, surface tabulaire de 600 à 800m d'altitude, les massifs montagneux du Chaillu (900m) et de la chaîne du Mayombe (plus de 900m); à l'est, les hauts massifs montagneux appartenant à l'escarpement ouest de la branche occidentale du Rift est africain,

avec plus de 4500m d'altitude dans le massif volcanique des Virunga et dépassant 5000m dans celui du Ruwenzori. Ces massifs montagneux séparent les bassins du Congo et du Nil. Au sud, les hauts plateaux nord zambéziens (1500m) séparent le bassin du fleuve Congo de celui du Zambèze. Enfin, au nord, les plateaux de l'Ouélé (600-800m) forment la dorsale Congo-Tchad séparant le bassin du Congo de celui du Tchad (fig. 2).

B. CLIMAT

I. Les conditions climatiques générales en Afrique centrale atlantique

Dans cette partie de l'Afrique, les conditions climatiques générales dépendent étroitement de la position des masses d'air qui se déplacent sur toute la région. Deux ceintures de pression sont principalement impliquées dans cette dynamique atmosphérique: les basses pressions intertropicales des dépressions thermiques continentales du Sahara et de l'Angola, et les hautes pressions subtropicales des anticyclones des Açores, Egypto-Lybie, de Saint-Hélène, Sud Africain et Indien (MPOUNZA et SAMBA-KIMBATA, 1990; fig.3).

La pluviosité est l'élément caractéristique du climat. Par son montant et sa distribution, deux saisons principales peuvent être individualisées: la saison des pluies, avec des précipitations abondantes (200 à 300 mm/mois), et la saison sèche (précipitations mensuelles inférieures à 50mm) très marquée dans certaines régions, ou absente dans d'autres (GRIFFITHS, 1972). Cette saisonnalité est en relation avec la position de la zone de convergence des flux générés par ces différentes ceintures, à laquelle s'ajoute, localement, la topographie de chaque région.

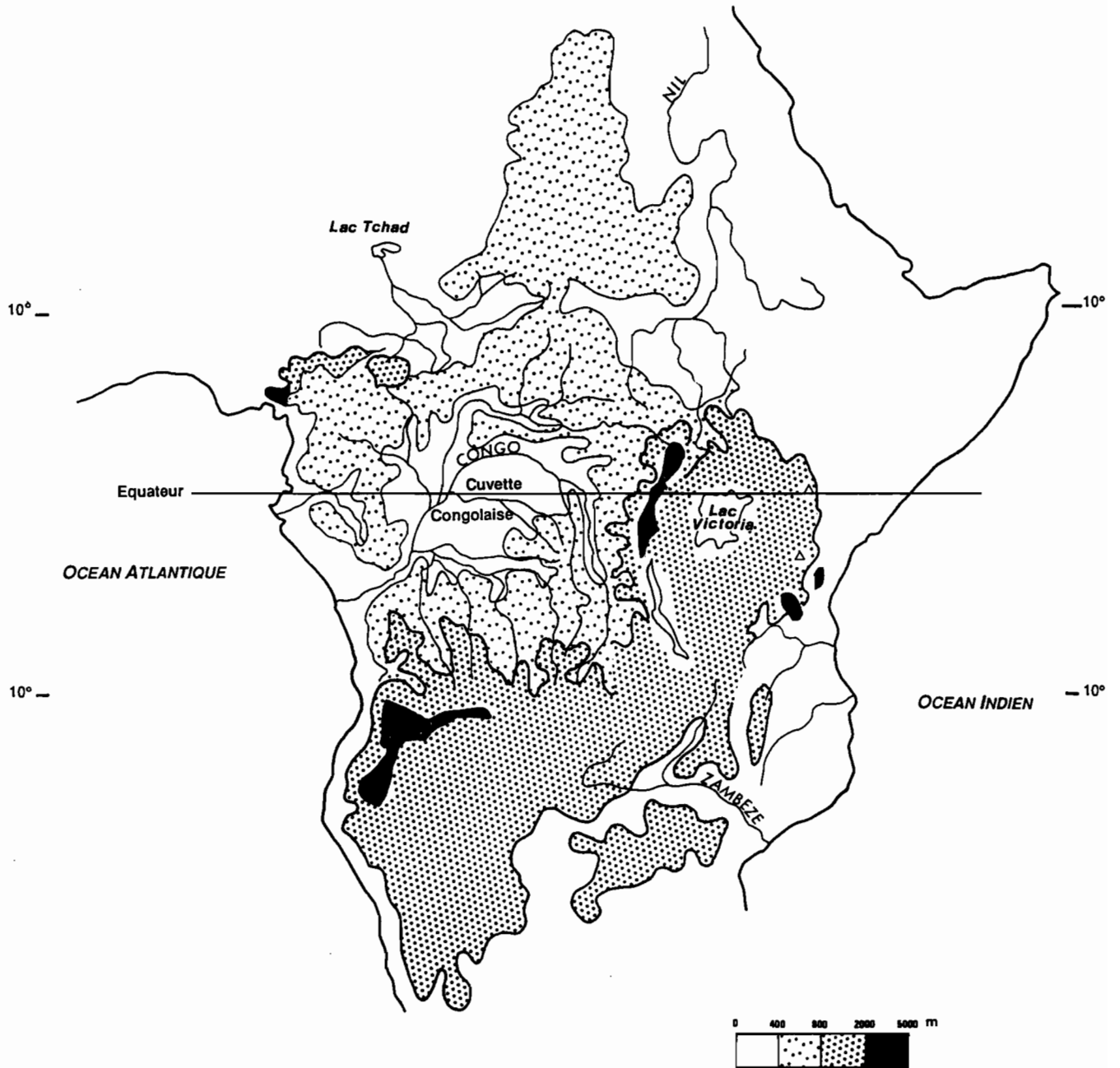


Fig. 2 : Carte oro-hydrographique de l'Afrique Centrale et des régions voisines.

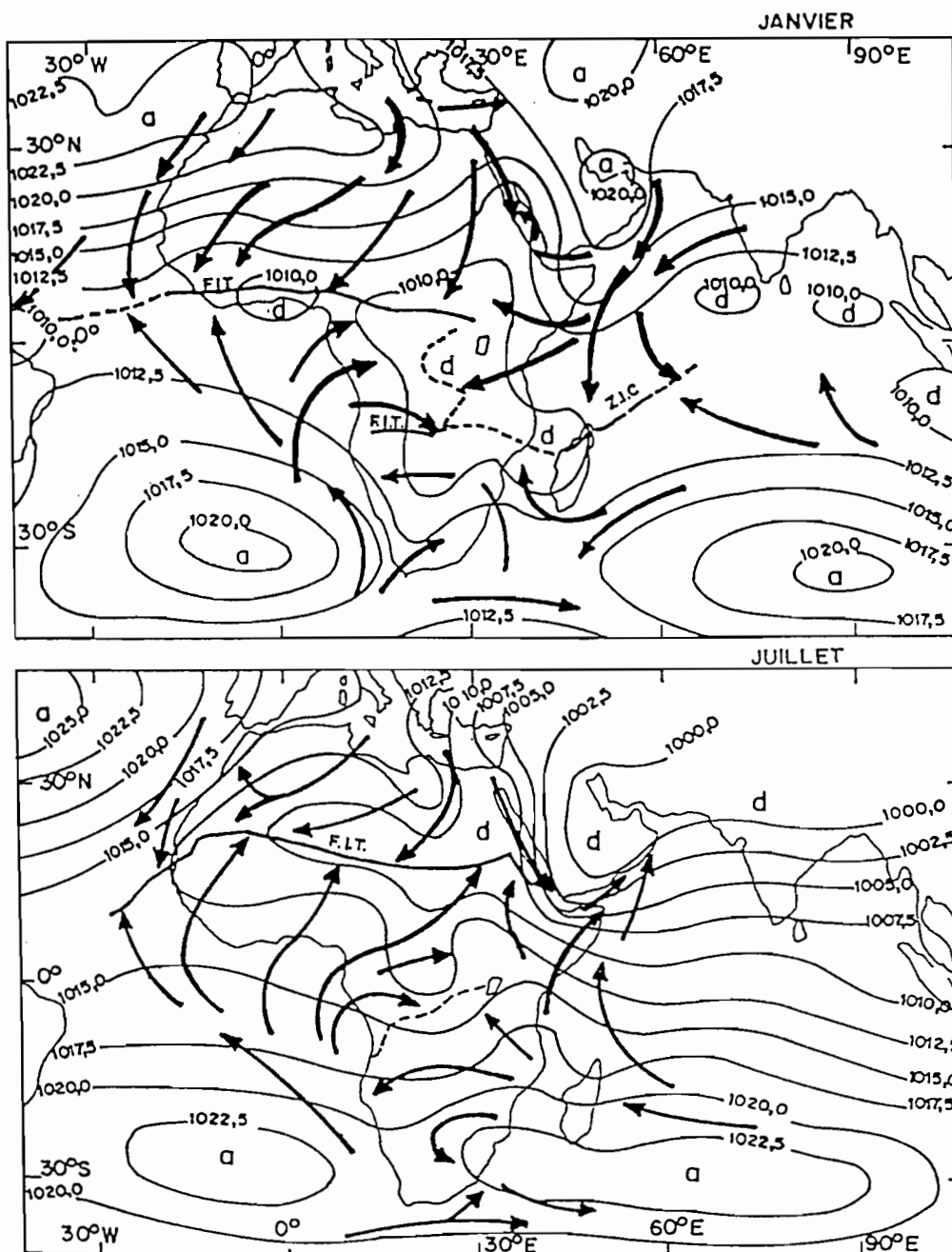


Fig. 3: Variation saisonnière de la circulation atmosphérique et de la position de la zone de convergence intertropicale (ZIC) en Afrique (d'après ASECNA, 1973).

De décembre à février, les anticyclones des Açores et Egypto-Lybien se dilatent et se décalent vers le sud, en rejetant le front intertropical (FIT) dans sa position la plus méridionale (fig. 4a). Dans la partie septentrionale, l'air continental devient très chaud et sec, empêchant ainsi la formation de nuages précipitants. C'est la période de sécheresse ou d'indigence pluviométrique.

De juin à août, les anticyclones de Saint-Hélène, Sud Africain et Indien se détendent au maximum vers le nord où leur influence se manifeste jusqu'au-delà de l'équateur géographique. La ZCIT et le FIT sont rejetés vers le 20° parallèle nord (fig. 4b). C'est la saison des pluies dans la partie septentrionale. Dans les régions méridionales, l'air atlantique frais et humide, l'air Sud Africain frais et sec, auxquels s'ajoute le courant froid de Benguela qui stabilise les masses d'air océaniques par la base, entraînent une saison sèche quasi généralisée.

Au cours des saisons intermédiaires (mars-avril et octobre-novembre), ces facteurs aérologiques occupent des positions moyennes (fig. 4c).

II. Le climat du Congo

En raison de son extension latitudinale, le Congo présente une grande diversité climatique. Du nord au sud, trois zones climatiques, caractérisées par des régimes pluviométriques variés, se distinguent (VAN DER LIDEN , dans KINGA-MOUZEO, 1986) (fig. 5).

Dans la cuvette centrale et jusqu'à 3° de latitude nord, le climat est de type tropical boréal caractérisé par des précipitations moyennes annuelles de 1600 mm, réparties sur toute l'année. La saison sèche est presque inexistante. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 25°C, avec une amplitude annuelle très faible (1 à 1,5°C).

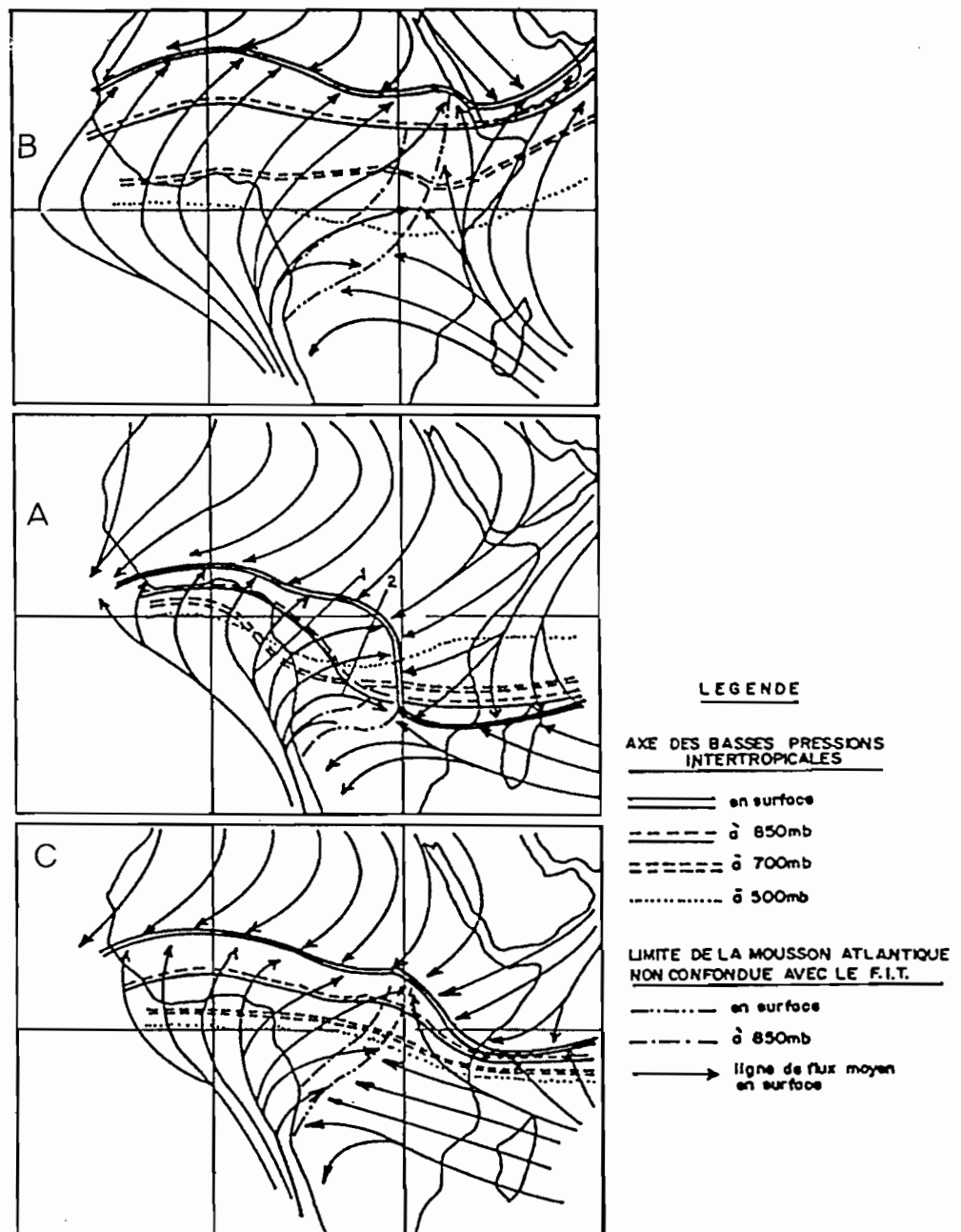


Fig. 4: Circulation atmosphérique au-dessus de l'Afrique au cours des mois de janvier (A), juillet (B) et pendant la saison intermédiaire (C) (d'après ASECNA, 1973).

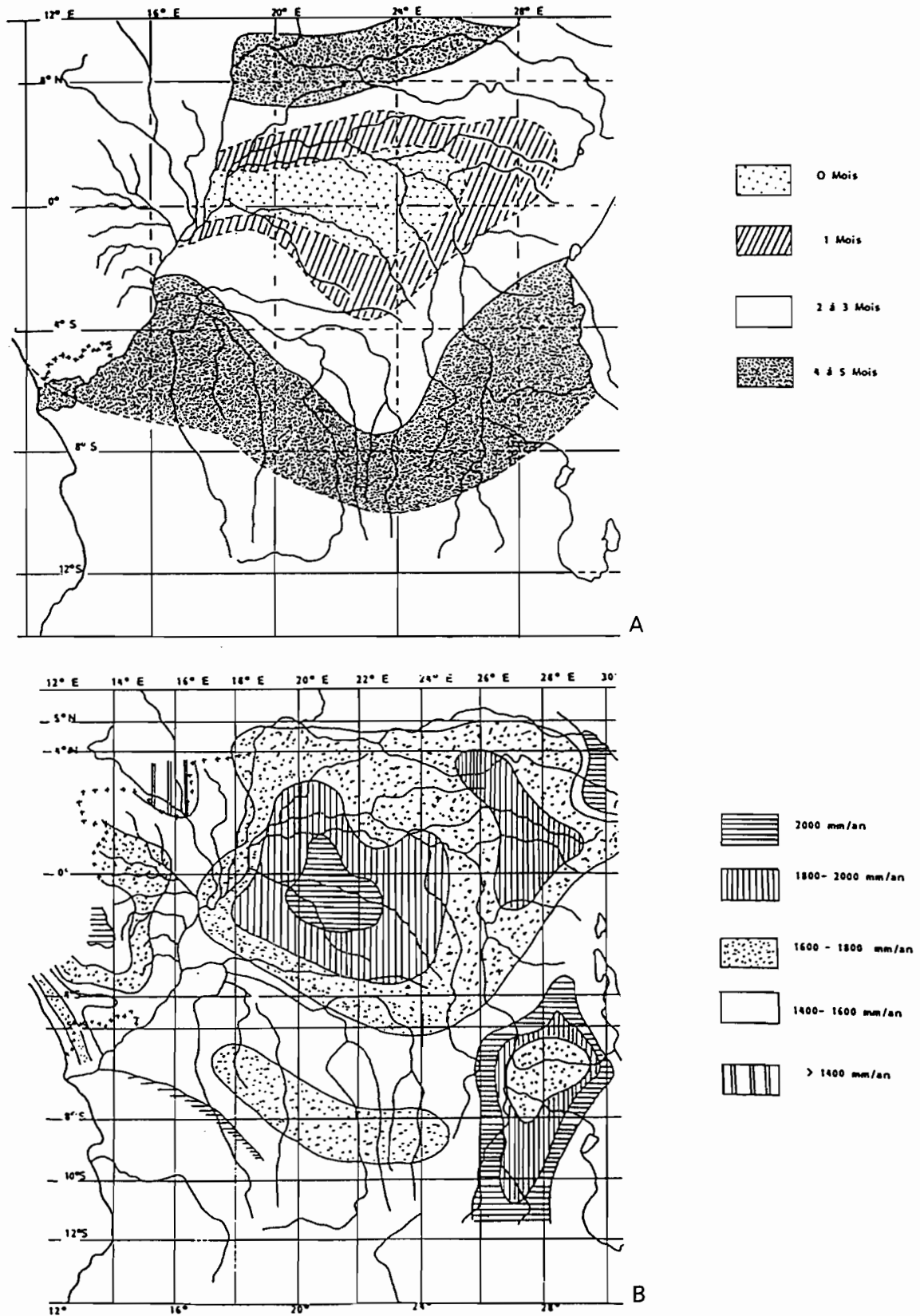


Fig. 5: Les régions et les régimes climatiques dans la bordure occidentale de la cuvette congolaise

A: Longueur de la saison sèche

B: Montant pluviométrique

(d'après VAN DER LIDEN, dans KINGA-MOUZEO, 1986)

Toutefois, des minima absolus de l'ordre de 13°C et des maxima de 40°C ont été enregistrés (ASECNA, 1964).

En dessous de l'équateur et jusqu'à 2° de latitude sud environ, le climat est de type équatorial caractérisé par des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 1700 mm. La saison sèche dure de juin à août. Dans la région des Plateaux Bateke, les précipitations moyennes annuelles dépassent parfois 2200 mm, et les températures moyennes annuelles, inférieures à 23°C, sont assez basses par rapport aux moyennes du reste du pays (fig. 6). Ceci est à mettre en relation avec l'altitude plus élevée (>800m) de certains plateaux, en particulier ceux de Djambala et Koukouya. L'amplitude thermique annuelle est de l'ordre de 1,5°C.

Dans la partie méridionale du Congo, le climat est de type tropical austral, caractérisé par des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 1400 mm, avec une saison sèche de 4 mois (de juin à septembre). La température moyenne annuelle est de l'ordre de 26°C. Les amplitudes moyennes varient de 4 à 5°C. Les modalités de chute de pluies sont diverses; les précipitations peuvent être brutales, torrentielles et sont ainsi susceptibles de donner localement des montants élevés en très peu de temps (180 à 200 mm en 4 ou 5 heures). L'irrégularité interannuelle des précipitations est remarquable. Aussi, les montants pluviométriques peuvent varier, d'une année à l'autre, du simple au double.

C. CADRE PHYTOGEOGRAPHIQUE

Dans les grandes subdivisions phytogéographiques de l'Afrique, le Congo appartient à la "région guinéenne" de CHEVALIER (1938) et LEBRUN (1947), plus récemment dénommée "région guinéo-congolaise" par

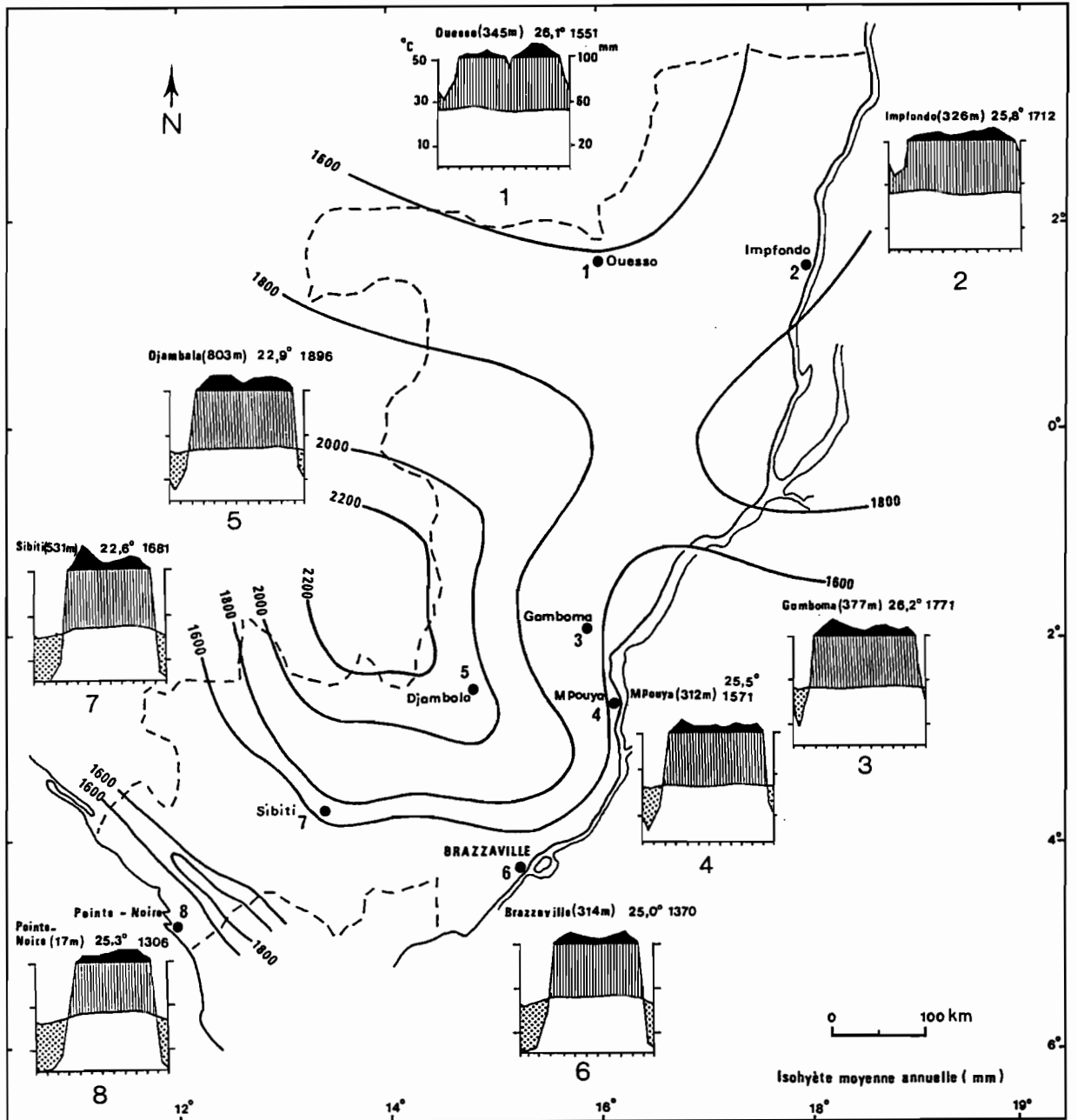


Fig. 6: Diagrammes climatiques des principales stations météorologiques du Congo (d'après WALTER et LIETH, 1966) et isohyètes pluviométriques (d'après l'ATLAS DU CONGO, 1969)

TROUPIN (1966) (fig. 7), puis, "centre d'endémisme guinéo-congolais" par WHITE (1983) (fig. 8).

La région guinéo-congolaise est divisée en deux blocs. Un bloc occidental qui s'étend de la Guinée au sud-ouest du Ghana et un bloc équatorial, allant du Nigéria au centre du bassin zaïrois. Les deux blocs sont séparés par le couloir du Bénin et du Togo, rattaché à la "zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne" de WHITE (1983). La forêt ombrophile sempervirente constitue la formation végétale principale. Elle comprend plusieurs variantes suivant les espèces qui la composent (WHITE, 1983).

La végétation de l'Afrique centrale atlantique se divise en plusieurs ensembles dont les principaux sont (fig. 9):

1. La forêt dense humide sempervirente à *Saccoglottis gabonensis*

Elle est localisée le long de la bordure atlantique du Cameroun et du Gabon et à l'est du bassin du Congo où elle est souvent mélangée à la forêt inondée. Il s'agit de régions dans lesquelles la pluviosité moyenne annuelle est de l'ordre de 2000 à 3000 mm. Elle se définit par le caractère toujours sempervirent de ses espèces. C'est l'équivalent de la forêt ombrophile guinéo-congolaise sempervirente littorale (WHITE, 1983). La flore, très riche, comprend nombreuses espèces appartenant à la famille des Légumineuses. Cette forêt peut être caractérisée par une espèce dominante, *Saccoglottis gabonensis*, associée à *Okoumea klaineana* au Gabon ou à *Lophira lanceolata* au Cameroun.

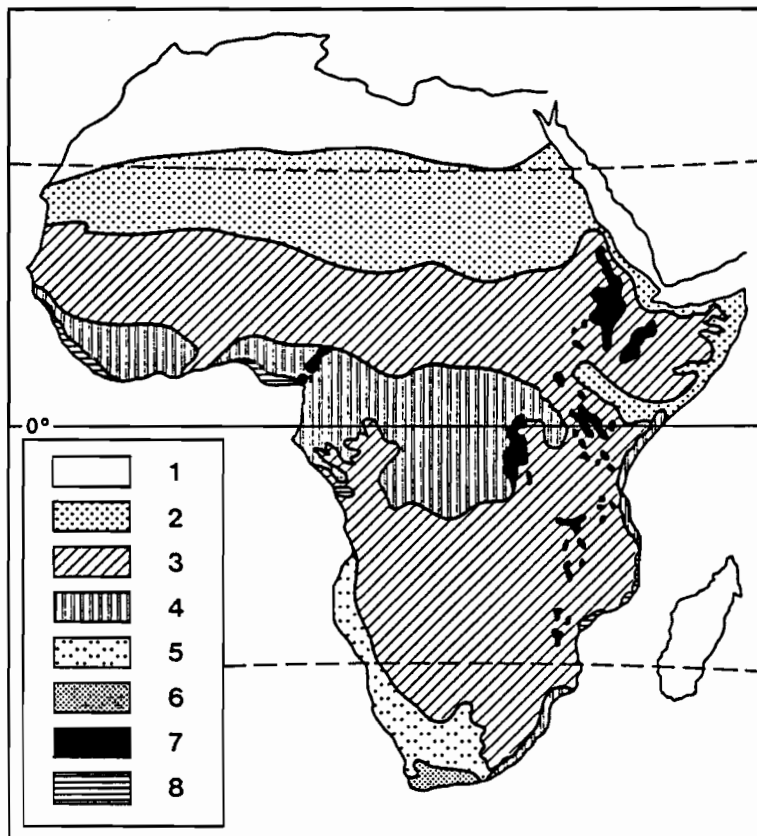


Fig. 7: Subdivisions phytogéographiques de l'Afrique (d'après TROUPIN, 1966)

- 1: Région méditerranéenne
- 2: Région saharo-sahélienne
- 3: Région soudano-zambézienne
- 4: Région guinéo-congolaise
- 5: Région du Karoo-Namib
- 6: Région du Cap
- 7: Région montagnarde africaine
- 8: Région littorale intertropicale

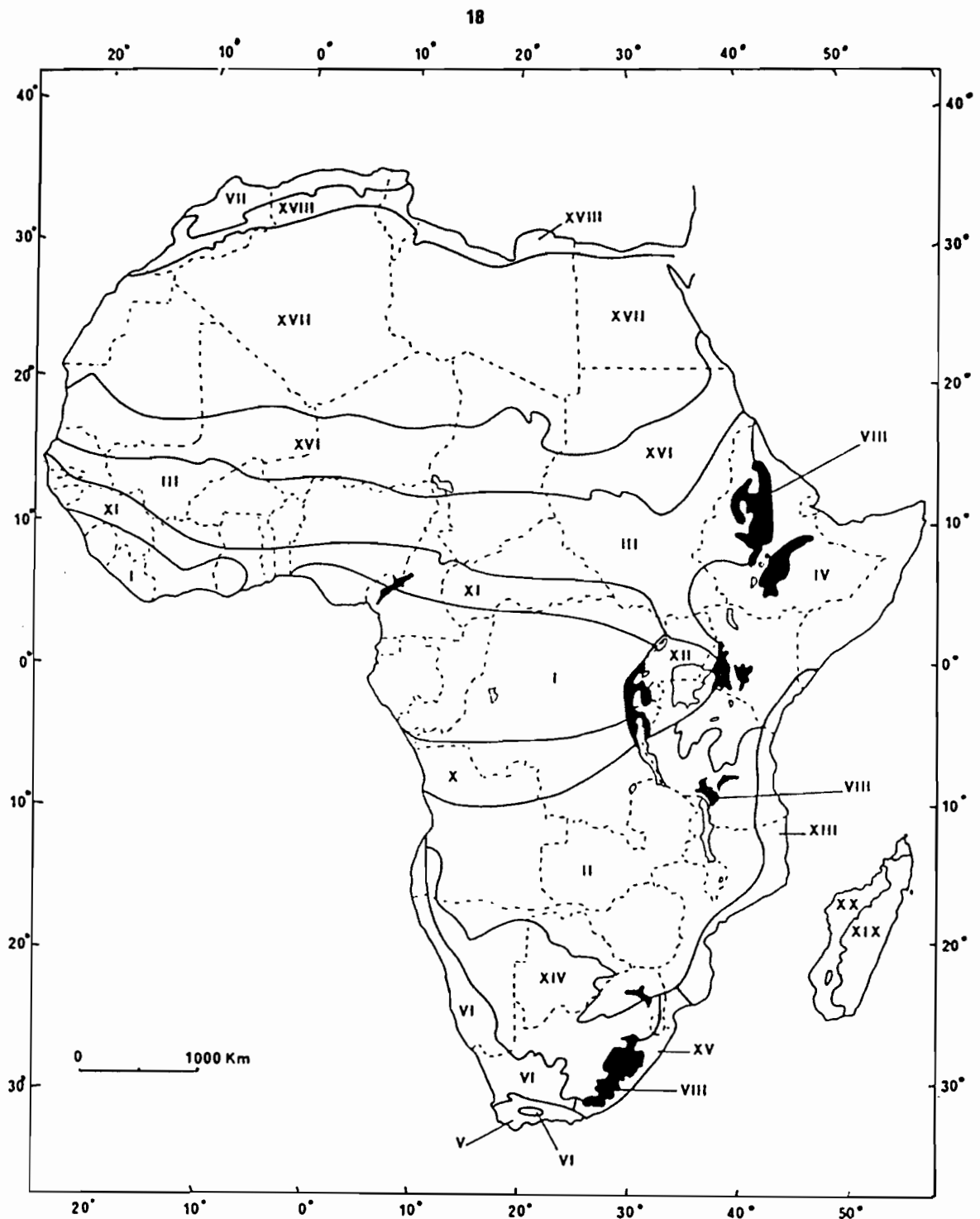
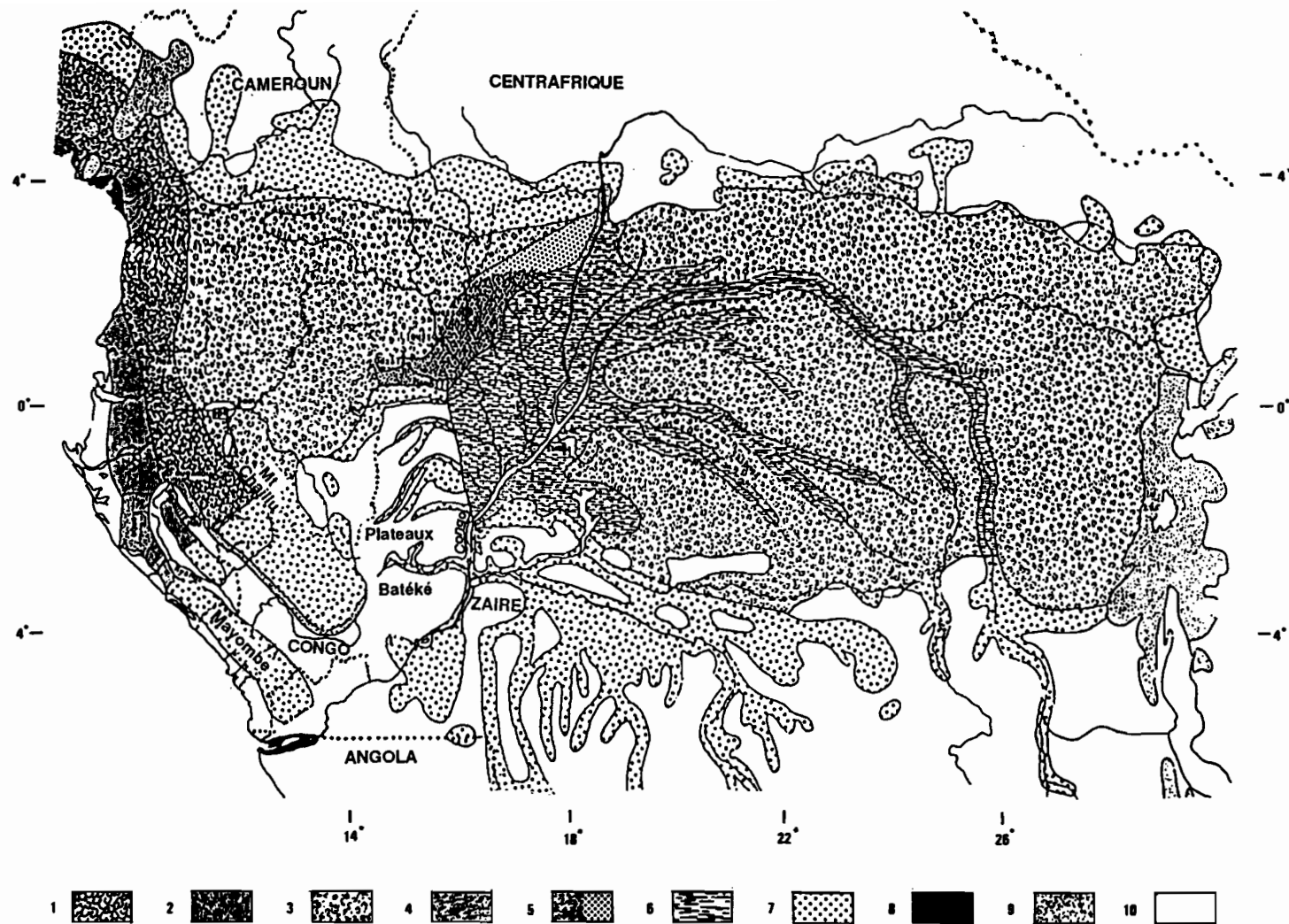


Fig. 8: Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique (d'après WHITE, 1983)

I: Centre régional d'endémisme guinéo-congolais. II: Centre régional d'endémisme zambésien. III: Centre régional d'endémisme soudanien. IV: Centre régional d'endémisme Somalia-Masai. V: Centre régional d'endémisme du Cap. VI: Centre régional d'endémisme du Karoo-Namib. VII: Centre régional d'endémisme méditerranéen. VIII: Centre régional d'endémisme morcelé afromontagnard incluant IX, région morcelée afroalpine. X: Zone de transition régionale guinéo-congolaise/zambézienne. XI: Zone de transition régionale guinéo-congolaise/soudanienne. XII: Mosaïque régionale du lac Victoria. XIII: Mosaïque régionale de Zanzibar-Inhambane. XIV: Zone de transition régionale Kalahari-Highveld. XV: Mosaïque régionale du Togaland-Pondoland. XVI: Zone de transition régionale du Sahel. XVII: Zone de transition régionale du Sahara. XVIII: Zone de transition régionale méditerranéo-saharienne.



- | | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| 1. Forêts sempervirentes à <i>Caesalpinaceae</i> | 3. Forêts sempervirentes | 5. Forêts à <i>Gilbertiodendron</i> | 7. Forêts semi caducifoliées | 9. Forêts montagnardes |
| 2. Forêts littorales à <i>Lophira alata</i> | 4. Forêts à <i>Marantaceae</i> | 6. Forêts sempervirentes inondées | 8. Mangroves | 10. Savanes |

Fig. 9: La végétation de l'Afrique Centrale (extrait de MALEY, 1990)

2. La forêt dense humide semi-décidue ou semi-caducifoliée à *Triplochiton scleroxylon*

Elle occupe le nord-est du Gabon, le sud-est du Cameroun, le sud-ouest de la République Centrafricaine, le nord du Congo, une partie du bassin du Zaïre et de sa périphérie. La pluviosité moyenne annuelle varie de 1200 à 1600 mm pour les types les plus secs, et de 1600 à 2000 mm pour les types les plus humides. Au sein de cette forêt, il existe toujours des espèces sempervirentes. *Triplochiton scleroxylon* et *Terminalia superba* sont parmi les espèces caractéristiques.

Entre la forêt dense humide sempervirente et la forêt dense semi-décidue, il existe plusieurs types de transition dont les limites et les caractéristiques varient souvent suivant les auteurs. La forêt inondée, qui occupe une grande partie de la cuvette congolaise, constitue cependant une entité à part. Il s'agit d'une forêt ombrophile, moins dense que la forêt de terre ferme et constituée d'une flore adaptée aux conditions particulières des sols inondés. L'association *Guibourtia demeusii* et *Oubanguia africana* est considérée comme caractéristique de cette forêt.

3. Les savanes

Bien qu'occupée en grande partie par la forêt, la région guinéo-congolaise comprend également des savanes, intra et périforestières "dont la présence sous un climat humide favorable à la forêt est souvent inattendue" (SCHNELL, 1976). Leur composition floristique varie suivant les régions. D'après SCHNELL (1976), ces savanes sont de plusieurs types: des savanes côtières, des enclaves de savanes à l'intérieur même du domaine forestier (savanes incluses du Mayombe par exemple) et des extensions, dans l'aire de la forêt,

des savanes existant dans les territoires géobotaniques voisins. Dans ce cas, elles sont souvent parsemées d'îlots de forêt dense, apparentés au domaine forestier périphérique.

A l'échelle du Congo, la couverture végétale est dominée par la forêt qui couvre plus de 65 % du territoire. Les savanes sont souvent entrecoupées de forêts édaphiques ou d'îlots forestiers à flore semi-décidue mais comprenant aussi des espèces sempervirentes (fig. 9). Le manteau forestier congolais est discontinu et comprend deux grands types physiologiques qui sont (DESCOINGS, 1969):

- La forêt ombrophile de terre ferme

Elle est divisée en trois blocs: la Haute Sangha, le Mayombe et le Chaillu. De nombreuses variantes peuvent être reconnues (fig. 9, unités 3 et 7). Le sous-bois est généralement réduit sauf dans les chablis où la pénétration de la lumière permet l'installation puis le développement d'espèces héliophiles. La dominance floristique est assurée par les Légumineuses, les Meliaceae, Irvingiaceae, Ochnaceae, Sapotaceae...

- La forêt ombrophile inondée de la Basse Sangha

Elle se développe sur un sol hydromorphe, recouvert en permanence par plus d'un mètre d'eau (fig. 9, unité 6). Les principaux arbres caractéristiques de la forêt inondée sont: *Entandrophragma palustre*, *Garcinia*, *Xylopia*, *Guibourtia demeusii*, *Manilkara*, *Uapaca*...

Les savanes sont présentes avec des étendues et des structures différentes dans trois régions du Congo: les Plateaux Bateke, le Niari et sur le littoral. La flore et la végétation de ces savanes sont connues grâce aux travaux botaniques de MAKANY (1964) et DESCOINGS (1969) qui ont étudié la savane littorale, KOEHLIN (1961) les savanes du Niari, DESCOINGS (1960, 1969), SITA (1970) et MAKANY

(1976) les savanes Bateke.

- La savane littorale

Elle se limite à l'étroite bande côtière comprise entre la forêt du Mayombe et l'Océan atlantique. Elle est composée d'un mélange de formations graminéennes basses, très ouvertes ("steppe littorale" de DESCOINGS, 1969), de forêts dont la présence est généralement liée à des conditions édaphiques (présence d'une nappe par exemple) ou anthropiques (anciens villages abandonnés), de vastes papyrus et de fourrés arbustifs (MAKANY, 1964). La flore et la végétation du littoral seront décrites plus en détail ultérieurement.

- La savane du Niari

Elle se développe entre les massifs forestiers du Mayombe et du Chaillu. Il s'agit d'une savane à *Hyparrhenia diplandra*, pourvue d'une strate arborée parfois très développée et au sein de laquelle *Hymenocardia acida*, *Annona arenaria*, *Vitex* et *Acacia* sont les éléments dominants. Localement, se rencontrent des îlots forestiers souvent secondarisés et aussi de vastes papyrus dans les zones marécageuses. La flore et la végétation de cette région ont fait l'objet d'une étude détaillée par KOECHLIN (1961).

- La savane des Plateaux Bateke

Elle occupe le centre du Congo et s'étend sur plusieurs milliers de km². Il s'agit de formations herbacées hautes ou basses, plus ou moins arbustives suivant les faciès, au sein desquelles se rencontrent des bosquets anthropiques, des galeries forestières parfois très développées et des formations marécageuses liées aux conditions édaphiques locales. L'étude de la végétation et de la flore des Plateaux Bateke sera développée dans les paragraphes suivants.

LES REGIONS ETUDIEES

L'analyse palynologique des sédiments fossiles entreprise dans ce travail porte sur l'étude de plusieurs carottes prélevées sur les Plateaux Bateke et sur le littoral congolais (fig.10). Ce chapitre sera donc consacré à l'étude du contexte actuel de ces deux régions.

A. LE PAYS BATEKE

A l'est de Brazzaville et vers le nord du Congo, le pays Bateke s'étend sur environ 80 000 km². Il se situe entre 14°5 et 16° de longitude est et entre 2° et 4° de latitude sud (fig. 10).

I. Géologie

Les premières études géologiques effectuées dans les Plateaux Bateke sont dues à BABET (1933), qui a reconnu les principales caractéristiques de la série sédimentaire. La cartographie de la région au 1/500 000° a été réalisée par COSSON en 1955 et DADET en 1969 et ceux-ci distinguent deux séries (tabl. 1):

1. La Série du Stanley-Pool

Cette formation serait d'âge jurassique supérieur et crétacé. Elle repose en discordance sur la série des Grès de l'Inkisi rapportée au Précambrien terminal et comprend trois niveaux:

- un niveau inférieur d'argilites rouges à passées gréseuses;
- un niveau moyen de grès compacts blancs, localement indurés, parfois lités. Ce niveau est transgressif sur les argilites. Il est observable à Brazzaville, au ravin de Makélékélé (CHEVALIER et al., 1972);

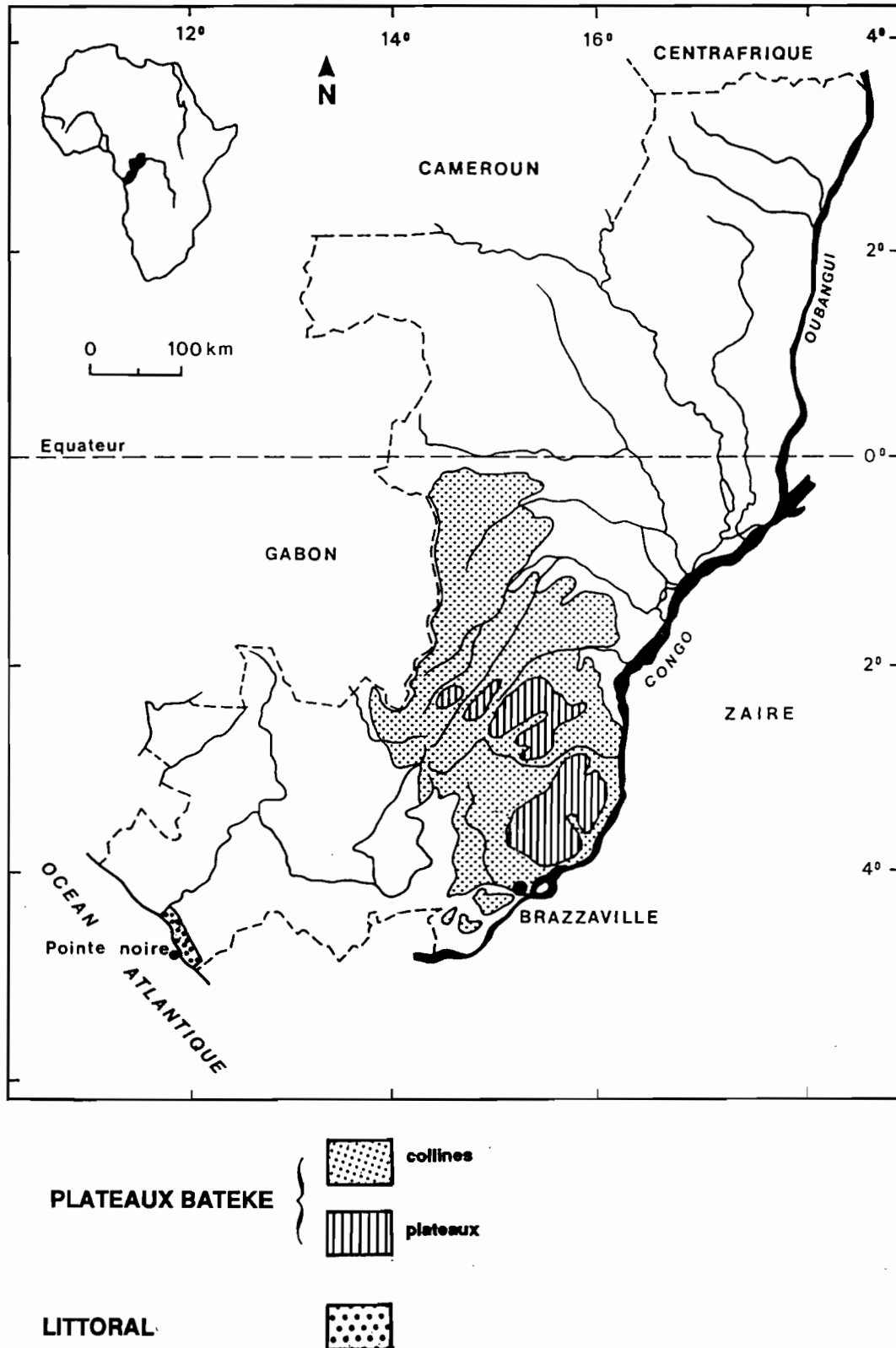


Fig. 10: Le Congo: Situation des régions d'étude
(d'après SCHWARTZ, 1990; complétée).

ZAIRE		AGE	CONGO
CAHEN 1954	LADMIRANT 1964		COSSON 1955
<u>SERIE DES SABLES OCRES</u> épaisseur maximum 120m	<u>SABLES OCRES</u> épaisseur 60 à 80m	NEOGENE	<u>SERIE DES PLATEAUX BATEKE: Ba</u> Limons sableux Ba2. Epaisseur maximum 100m. Ils reposent en concordance sur les Grès Polymorphes dont ils sont proches par la constitution et la granulométrie.
-----		--- Surface mi-Tertiaire ---	--- - - - - CONCORDANCE - - - - -
<u>SERIE DES GRES POLYMORPHES</u> 60 à 80m	<u>GRES POLYMORPHES (Gp).</u> 80m -Grès tendres blancs -Roches silicifiées	EOCENE	<u>Grès polymorphes Ba1.</u> Grès tendres à grains fins et réguliers. Au sommet, présence de niveaux silicifiés, quartziques, en bancs lenticulaires discontinus avec stratification entrecroisée.
-----		--- Surface fin Crétacé ---	
<u>SERIE DU KWANGO</u> 290m Etage de la Nsele Grès tendres rouges. Etage de L'Inzia Argilites lie de vin et grès.	<u>CRETACIQUE</u> Grès tendres, très fins, blanc à rose(ccb). Grès tendres rouges bigarrés à grains moyens avec galets et passées d'argilites(cca).	CRETACE SUPERIEUR	
-----		Transgression	<u>SERIE DU STANLEY-POOL</u> <u>Grès kaoliniques Sp3.</u> Grès tendres à grains moyens, de couleur jaune, à stratification entrecroisée bien nette. <u>Grès compacts blancs Sp2.</u> Localement indurés, parfois lités, mais sans stratification entrecroisée. <u>Argilites rouges Sp1;</u> à passées gréseuses abondant vers le sommet, superposées à des marnes plus ou moins sableuses. épaisseur inférieure à 10m.
<u>SERIE DU LUALABA.</u> 350m Etage de la Loia Grès tendres et argilites. Etage de Stanleyville Argilites et grès.	Couches de Stanleyville: -Argilites -Grès	--- Jurassique Supérieur ---	
-----		LACUNE- DISCORDANCE MAJEURE	

Tabl.1 : La série stratigraphique des Plateaux Bateke, correspondances avec la série zairoise

(d'après LE MARECHAL, 1966).

- un niveau supérieur de grès kaoliniques tendres, jaunâtres, à grains moyens et à stratification entrecroisée. Il est régressif par rapport au terme moyen, mais beaucoup plus puissant. Ce niveau a été observé aux "falaises de Douvres", à l'ouest du Stanley-Pool et dans les fouilles de la concession ORSTOM à Brazzaville (SCHWARTZ, 1985; SCHWARTZ et LANFRANCHI, 1990).

La Série du Stanley-Pool se serait déposée dans un milieu laguno-lacustre (LE MARECHAL, 1966). La fin de la période de dépôt est marquée par un assèchement du milieu qui se traduit par des phénomènes de silicification dans le terme supérieur de la série.

2. La Série des Plateaux Bateke

Cette série continentale se serait accumulée au cours du Tertiaire. Elle forme l'essentiel des matériaux dans lesquels se sont individualisés les paysages actuels. Elle comprend deux niveaux:

- le niveau inférieur, constitué par les Grès Polymorphes (ou Ba1), comprend, à la base, des grès tendres à grains fins et irréguliers, de teinte variable et à stratification entrecroisée. Vers le sommet, des couches silicifiées formées de grès quartzeux et de grès tendres à ciment calcédonieux, sont surmontées d'une couche de grès tendres, de teinte blanche, donnant des sables blancs par désagrégation. Leur épaisseur varie de 50 à 300 m. L'analyse morphoscopique de ces grès a permis de leur attribuer une origine éolienne (LE MARECHAL, 1966);
- le niveau supérieur, constitué par les Limons Sableux ou Sables Ocres (ou Ba2) reposerait en discordance sur les Grès Polymorphes. Les Sables Ocres sont très proches des Grès Polymorphes de par leur constitution et leur granulométrie (LE MARECHAL, 1966; SCHWARTZ et RAMBAUD, 1983). Leur surface luisante est due à un façonnement aquatique qui a eu pour conséquence de polir les marques de chocs éoliens plus anciens. Ils proviendraient donc d'une reprise lacustre

des Grès Polymorphes. Leur épaisseur varie de 40 à 90 m du nord vers le sud.

Dans le tableau 1, la série stratigraphique des Plateaux Bateke définie au Congo est présentée en comparaison avec celle définie au Zaïre dans les formations de même âge, par CAHEN et LEPERSONNE (1948).

II. Géomorphologie

Le pays Bateke est constitué par un ensemble de plateaux et de collines d'altitude comprise entre 600 et 800m et de superficie variable. Il est traversé par un réseau hydrographique très dense (fig. 11).

1. Les plateaux

Les plateaux, *sensu stricto* n'occupent qu'une faible superficie de l'ensemble du territoire (fig. 11). Leur topographie serait d'âge pléistocène (BABET, 1933), mais les formations géologiques qui les composent sont néogènes et paléogènes (LE MARECHAL, 1966). Ils se présentent comme des surfaces tabulaires légèrement inclinées vers le nord. La monotonie de ce paysage est interrompue soit par des dépressions fermées, soit par des réseaux de vallées sèches.

Les dépressions fermées se rencontrent surtout sur la bordure des plateaux et sont de deux types:

- des dépressions fermées peu profondes, de 2 à 3 m au maximum et de 100 à 600 m de diamètre. Dans certains cas, la présence d'un horizon aliotique imperméable sur leur fond favorise la formation de marécages plus ou moins permanents,
- des dépressions fermées en forme de pseudo-dolines, le plus souvent sèches, pouvant dépasser 800 m de diamètre et 15 m de dénivelé.

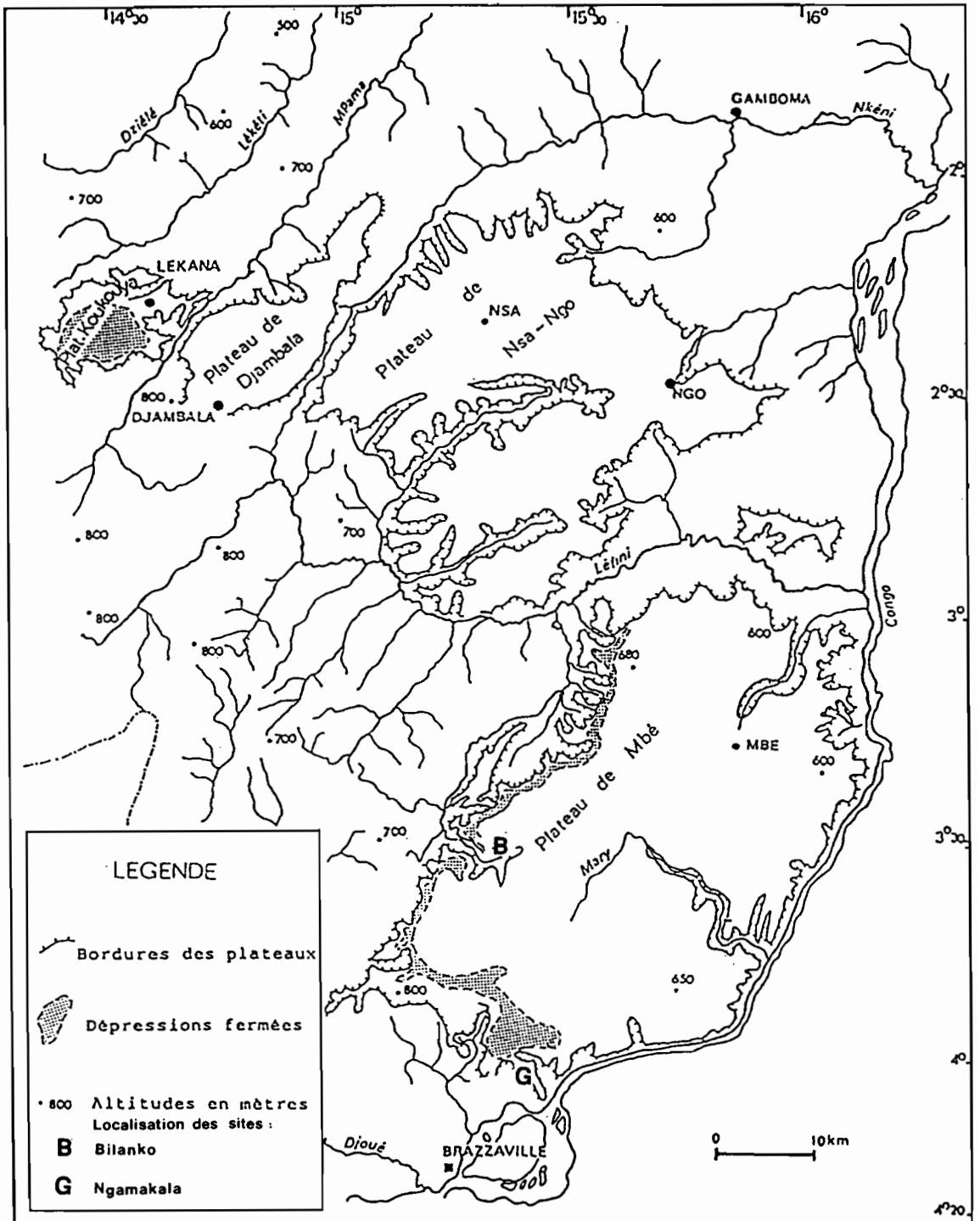


Fig. 11: Esquisse morphologique des Plateaux Bateke. Localisation des sites de carottage (d'après LE MARECHAL, 1966, simplifiée)

De PLOEY (1965) attribue à ces dépressions une origine éolienne. En l'absence de caractères éoliens des sables qui les composent, CAHEN et LEPERSONNE (1948), BOCQUIER et BOISSEZON (1959), SCHWARTZ et RAMBAUD (1983) et SCHWARTZ et LANFRANCHI (1990), pensent plutôt que leur origine est à mettre en relation avec des phénomènes géochimiques et pédologiques de soutirage et/ou de dissolution.

Les réseaux de vallées sèches sont particulièrement abondants sur le plateau de M'Bé. Ces vallées, aux formes relativement vives malgré l'absence d'écoulement, ont un fonctionnement de type cataclysmique: l'eau n'y circule que très rarement, seulement lors de pluies centenaires ou millénaires (GUILLOT et PEYROT, 1979).

La dynamique actuelle des paysages est essentiellement liée à l'action pluviale: les eaux de pluies, en bordure des plateaux, entraînent les sables ocres vers les vallées. Il se produit ainsi des éboulements suivis d'un étalement des sables des versants au fond des vallées, conduisant à l'élargissement de ces dernières.

2. Les collines

Les collines reflètent, de par leurs formes, la composition sableuse du matériau qui les constitue. Il s'agit de vastes croupes, fortement arrondies, aux pentes raides, entaillées par une multitude de cirques d'érosion pour la plupart stabilisés par la végétation et dont la mise en place procède de mécanismes complexes (SAUTTER, 1970). BOCQUIER et BOISSEZON (1959) distinguent:

- les hautes collines qui encadrent les plateaux et dont l'altitude est similaire à celle de ces derniers (600 à 800 m). Il s'agirait d'anciens prolongements des plateaux découpés par l'érosion. D'après LE MARECHAL (1966), le sable qui les compose provient de la désagrégation des grès paléogènes. Localement, des affleurements de grès sous forme de falaises rappelleraient cette origine.

- les basses collines qui ont une altitude inférieure à 600 m. Vers le nord, elles forment des reliefs de plus en plus évasés, qui viennent mourir dans les grandes vallées alluviales de la Cuvette Congolaise. Vers le sud, elles constituent les collines de l'ouest de Brazzaville. Malgré leurs formes arrondies, liées au matériau sableux peu cohérent, des pentes fortes pouvant dépasser 20% sont localement observées.

Les altitudes maximales de ces plateaux et celles des vallées qui les découpent sont données dans le tableau 2.

Sites	Versant	Versant
	nord-est	sud-ouest
Plateau Koukouya	840 m	886 m
Rivière M'Pama	487 m	
Plateau de Djambala	750 m	830 m
Plateau de N'Sah	650 m	750 m
Rivière Léfini	310 m	
Plateau de M'Bé	680 m	724 m
Fleuve Congo	300 m	280 m

Tableau 2: Altitudes des plateaux et des principaux cours d'eau

III. Les sols

Les matériaux siliceux et gréseux décrits plus haut, constituent le support sur lequel s'édifient les sols des plateaux et des environs. Ces sols se répartissent en trois grandes classes (BOISSEZON, 1963; DENIS, 1974).

1. Les sols hydromorphes

Ils occupent les vastes vallées alluviales de la N'Kené, la Léfini et la M'Pama ainsi que des dépressions fermées sur les plateaux. Ce sont des sols tourbeux ou semi-tourbeux dont le degré d'engorgement en eau influe sur le type et la teneur en matière organique.

2. Les podzols

Ils sont formés sur du matériau sableux au fond des vallées humides et sur du matériau sablo-argileux sur les plateaux, dans des dépressions en entonnoir. Ils se rencontrent sous une végétation arborée ou herbacée. Les podzols de la région des Plateaux Bateke ont fait l'objet d'une étude très détaillée (SCHWARTZ, 1985, 1988).

3. Les sols ferrallitiques

Ils occupent la quasi totalité des Plateaux et des environs, soit près de 90% des sols de la région. Ce sont des sols très sableux, relativement homogènes et peu profonds, où l'horizon "B" oxique est peu différencié de la roche-mère. En raison de la grande pauvreté en minéraux altérables du matériau, le caractère "ferrallitique" est lié à la présence de la kaolinite (DENIS, 1974; SCHWARTZ, 1985). D'après ce dernier auteur, ce sont des sols psammitiques, fortement désaturés. Leur teneur en argile varie entre 4 et 25% suivant leur position le long des pentes qui induit un lessivage oblique plus ou moins important et, la teneur initiale en argile du matériau. Leur nature sableuse, ou sablo-argileuse, en fait des sols légers, à bonne porosité, mais leur confère une grande pauvreté chimique: ils sont fortement carencés, aussi bien en éléments majeurs qu'en oligo-éléments. Leur structure est microagrégée.

Les sols des Plateaux Koukouya et Djambala se distinguent des autres par un taux d'argile plus élevé (35%), un taux plus fort en matière organique lié à l'altitude moyenne supérieure de ces plateaux, mais aussi par une plus grande richesse chimique (BOISSEZON, 1963).

IV. Le climat

Les données climatiques de cette région sont fournies par le Service de la Météorologie Nationale (ASECNA, 1964) et compilées dans l'Atlas du Congo (1969). Celles-ci proviennent des stations météorologiques de Brazzaville, M'Pouya, Djambala et Gamboma qui entourent la région. D'autres données brutes proviennent des travaux de SAMBA-KIMBATA (1978) et MOLINIER *et al.* (1981).

1. Les précipitations

Sur l'ensemble des Plateaux, les courbes de précipitations moyennes annuelles des différentes stations présentent deux maxima très proches en mars-avril et octobre-novembre, correspondant à la saison des pluies, et un minimum absolu entre juin et août correspondant à la saison sèche (fig. 12; tabl. 3 à 6). Les précipitations moyennes annuelles sont comprises entre 1400 et 2000 mm.

2. Les températures

Les températures moyennes annuelles, relativement élevées sur l'ensemble de la région, environ 25 °C, varient très peu tout au long de l'année (amplitude thermique annuelle inférieure à 1,5°C) (tabl. 3 à 6). Toutefois, les isothermes moyennes annuelles montrent qu'il existe une zone plus fraîche sur les Plateaux Koukouya du fait de l'altitude plus élevée (>800 m) (moyenne annuelle inférieure à 23 °C,

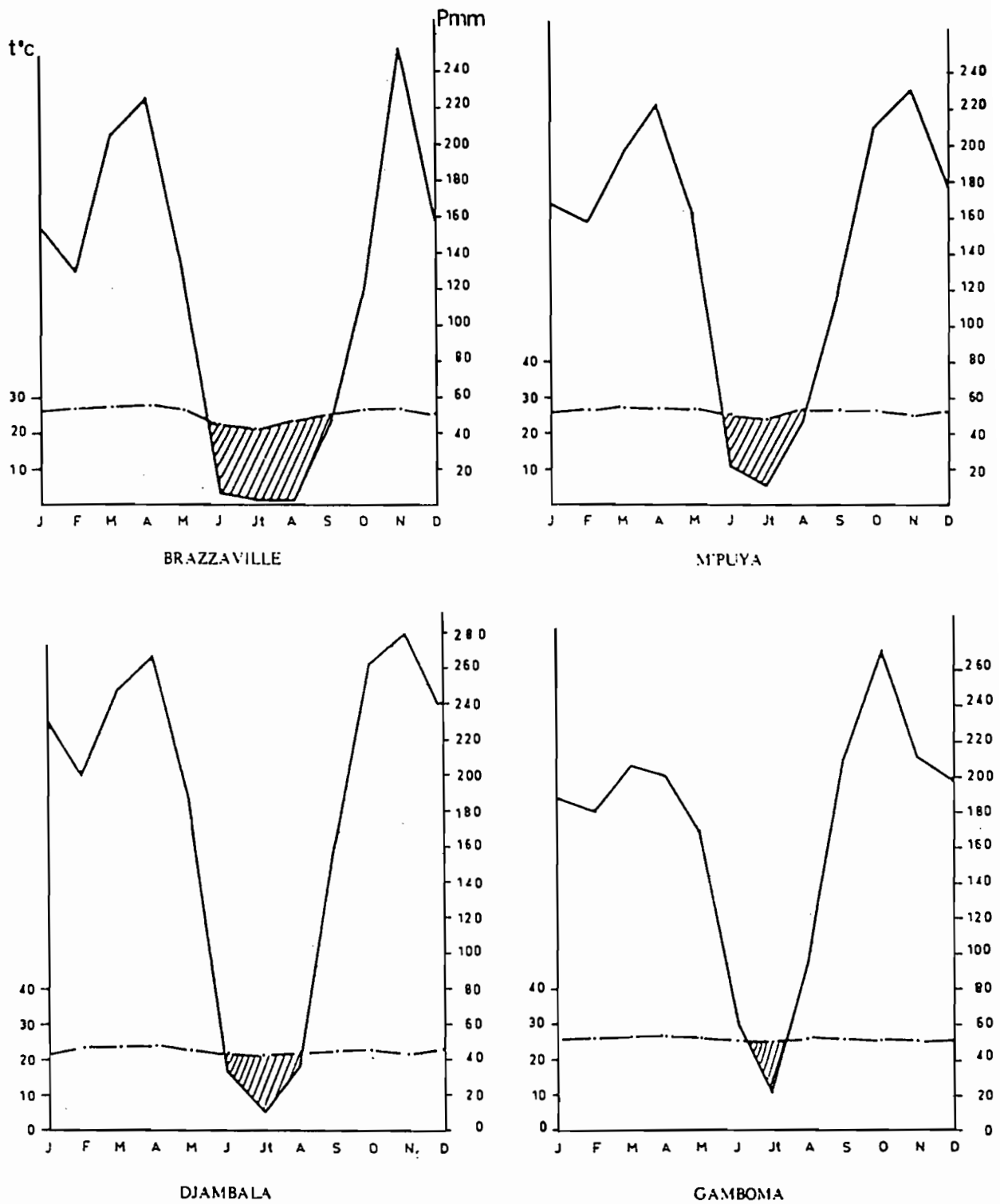


Fig. 12: Diagrammes ombrothermiques des 4 principales stations météorologiques des Plateaux Bateke (d'après SCHWARTZ, 1985).

Tabl. 3 : Données climatiques brutes. Station de Brazzaville Maya-Maya (d'après ASECNA, 1964).

BRAZZAVILLE

Latitude = 04° 15' S

Longitude = 15° 14' E

Période 1951-1960

Altitude = 314 m

MOIS	JANV	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	Année
Tempé. moyen. journalière en degrés celsius et dixièmes	25,6	25,8	26,2	26,2	25,4	23,1	21,7	23,0	24,8	25,6	25,5	25,5	24,9
Température moyenne des maximums	30,0	30,6	31,3	31,5	30,1	27,9	26,5	28,0	29,7	30,2	30,2	30,0	29,7
Température moyenne des minimums	21,3	21,2	21,5	21,6	21,1	18,1	16,7	17,8	19,9	21,1	21,2	31,3	20,2
Maximum absolu	34,3	35,1	35,4	35,0	34,2	32,6	31,9	33,5	34,7	34,8	35,8	34,0	35,8
Minimum absolu	17,8	17,5	18,4	19,4	17,0	13,1	11,0	10,3	16,1	17,9	19,0	19,1	10,3
Haut. moyen. des précipit. en millimètres et dixièmes	120,2	122,8	184,9	209,8	132,8	2,1	0,5	2,1	32,8	141,4	227,4	193,5	1370,3
Nbre moyen de jrs de pluie	9,0	10,1	12,7	15,0	10,3	0,5	0,5	0,7	4,4	11,0	16,1	14,2	104,5
Hauteur maximale	229,8	241,1	245,7	308,3	280,3	10,7	2,2	12,7	81,2	228,0	292,4	280,7	1689,2
Nbre maximal de jrs de pluie	14	15	19	20	17	3	1	3	7	14	22	19	120
Hauteur minimale	65,9	16,3	109,3	115,8	14,5	0,0	0,0	0,0	3,8	45,7	139,6	82,0	1098,2
Nbre mini. de jours de pluie	1	5	9	9	3	0	0	0	2	6	13	9	77
Maximum abs. en 24 heures.	72,5	61,3	87,7	101,4	106,5	10,0	2,2	12,0	37,7	100,0	66,0	92,0	106,5
Humidité relati. moyenne en %	à 07 h.	96	95	95	96	93	93	91	90	89	90	94	94
	à 13 h.	70	68	66	66	69	68	66	60	60	65	68	66
	à 19 h.	82	80	80	82	83	80	76	68	68	76	82	78

Tabl. 4 : Données climatiques brutes. Station de MPouya (d'après ASECNA, 1964).

M'POUYA

Latitude = 02° 37' S

Longitude = 16° 13' E

Période = 1951-1960

Altitude = 312 m.

MOIS	JANV	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	Année
Tempé. moyen. journalière en degrés celsius et dixièmes	25,2	25,6	25,8	26,0	25,8	24,9	24,5	25,6	25,5	25,1	25,0	25,2	25,3
Température moyenne des maximums	30,4	31,0	31,3	31,6	31,1	30,7	30,4	31,2	30,7	30,0	30,0	29,9	30,6
Température moyenne des minimums	20,6	20,7	20,8	21,0	20,9	19,1	18,5	19,6	20,8	20,3	20,6	20,7	20,3
Maximum absolu	35,8	34,6	36,7	36,0	34,2	33,0	33,2	34,2	34,8	33,6	33,6	33,6	36,7
Minimum absolu	17,7	17,6	17,6	18,3	16,8	13,9	13,0	13,1	17,8	17,5	17,1	17,6	13,0
Haut. moyen. des précipit. en millimètres et dixièmes	137,5	140,4	184,4	160,3	153,9	18,6	3,6	22,6	92,6	208,3	197,2	134,3	1463,7
Nbre moyen de jrs de pluie	10,4	10,7	12,4	11,6	11,1	1,7	0,9	2,8	8,2	14,5	14,4	12,1	110,8
Hauteur maximale	217,8	237,7	302,5	278,0	308,9	104,3	16,1	63,6	164,7	360,1	384,6	238,1	1941,9
Nbre maximal de jrs de pluie	16	16	18	18	17	7	3	4	11	18	20	19	143
Hauteur minimale	80,4	21,2	41,1	53,6	34,9	0,0	0,0	0,0	86,8	97,7	99,6	45,4	1113,1
Nbre mini. de jours de pluie	6	4	7	7	6	0	0	0	4	10	9	5	84
Maximum abs. en 24 heures.	90,4	95,3	103,4	80,0	102,0	52,9	15,4	42,0	72,5	72,0	75,7	70,0	103,4
Humidité relati. moyenne en %	à 07 h.	97	96	96	96	97	95	92	88	92	95	96	95
	à 13 h.	69	66	65	64	66	61	56	54	63	68	69	64
	à 19 h.	84	83	83	84	86	80	73	68	77	85	88	89

Tabl. 5 : Données climatiques brutes. Station de Djambala (d'après ASECNA, 1964).

DJAMBALA

Latitude = 2° 32' S

Longitude = 14° 46' E

Période = 1951-1960

Altitude = 790 m.

MOIS	JANV	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	Année
Tempé. moyen. journalière en degrés celsius et dixièmes	23,3	23,2	23,6	23,8	23,3	22,2	21,2	22,0	22,6	23,4	22,8	22,8	23,0
Température moyenne des maximums	27,6	27,8	28,4	28,5	27,6	26,9	26,2	27,0	27,0	26,6	27,1	27,1	27,3
Température moyenne des minimums	19,2	19,2	19,3	19,6	19,5	17,9	16,8	17,6	18,3	18,9	19,0	19,1	18,6
Maximum absolu	31,0	32,0	32,4	32,0	30,7	29,8	30,0	31,0	32,0	30,1	30,3	30,4	32,4
Minimum absolu	16,8	16,0	16,4	16,5	16,8	14,2	13,0	12,6	16,5	16,7	16,8	16,0	12,6
Haut. moyen. des précipit. en millimètres et dixièmes	173,7	191,4	241,6	244,2	182,5	23,7	9,7	37,6	139,2	149,6	246,0	247,5	1886,7
Nbre moyen de jrs de pluie	12,9	12,3	14,8	14,2	11,2	2,3	1,1	2,8	9,3	16,4	17,8	16,5	131,6
Hauteur maximale	308,4	271,6	367,5	435,1	319,2	75,4	34,3	216,7	286,6	540,3	354,8	456,2	2776,2
Nbre maximal de jrs de pluie	20	17	24	23	20	6	2	6	14	23	25	27	186
Hauteur minimale	88,5	89,0	133,5	163,4	75,2	0,0	0,0	0,0	49,1	176,8	172,0	157,0	1680,9
Nbre mini. de jours de pluie	10	10	13	8	11	0	0	0	7	16	14	15	125
Maximum abs. en 24 heures.	81,9	76,5	93,8	122,0	78,9	28,2	34,3	130,2	131,0	95,7	86,7	79,8	130,2
Humidité relati. moyenne en %	à 07 h.	94	93	94	94	95	93	91	93	94	94	94	94
	à 13 h.	72	71	70	69	72	68	64	62	68	74	73	70
	à 19 h.	82	81	81	82	83	78	72	74	79	85	86	81

Tabl. 6 : Données climatiques brutes. Station de Gamboma (d'après ASECNA, 1964).

GAMBOMA

Latitude = 01° 54' S

Longitude = 15° 51' E

Période = 1951-1960

Altitude = 376 m.

MOIS	JANV	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	Année
Tempé. moyen. journalière en degrés celsius et dixièmes	25,5	25,6	25,9	25,9	25,6	25,1	24,8	25,5	25,1	24,7	24,9	25,0	25,3
Température moyenne des maximums	30,7	31,0	31,5	31,5	30,8	30,7	30,5	31,2	30,4	29,9	30,0	30,0	30,6
Température moyenne des minimums	21,0	20,9	21,1	21,4	21,2	20,1	19,3	20,1	20,5	20,6	20,7	20,8	20,6
Maximum absolu	35,8	35,0	36,2	35,8	34,0	33,4	33,7	34,6	34,4	34,0	33,5	33,4	36,2
Minimum absolu	17,8	17,6	17,8	18,3	17,0	16,6	15,8	14,7	17,5	17,8	17,5	18,0	15,8
Haut. moyen. des précipit. en millimètres et dixièmes	140,8	167,5	171,3	151,5	151,9	40,6	20,9	57,3	160,0	259,5	204,6	175,4	1701,3
Nbre moyen de jrs de pluie	9,2	9,7	10,6	8,7	10,3	3,3	2,1	3,8	11,6	14,7	12,7	11,2	107,9
Hauteur maximale	185,2	280,6	276,2	275,2	226,2	126,7	87,8	60,0	259,3	534,7	358,1	393,6	2198,9
Nbre maximal de jrs de pluie	14	15	15	13	17	8	7	7	17	20	21	19	149
Hauteur minimale	83,4	88,3	115,3	106,4	61,0	0,0	0,0	6,8	73,5	160,1	82,3	62,4	1242,0
Nbre mini. de jours de pluie	8	10	8	9	9	0	0	1	11	10	10	10	102
Maximum abs. en 24 heures.	99,3	94,0	74,8	84,7	62,9	65,7	41,7	43,1	88,0	113,5	79,0	121,8	121,8
Humidité relati. moyenne en %	à 07 h.	96	96	96	95	97	96	94	93	95	97	97	96
	à 13 h.	70	69	68	69	70	64	59	57	66	71	71	67
	à 19 h.	83	81	81	84	85	80	74	70	80	88	86	81

fig. 12, station de Djambala). Les maxima se situent entre 35 et 36°C. Les minima peuvent être importants: des températures de 10,3°C ont été enregistrées à Brazzaville par exemple.

3. L'humidité

L'amplitude hygrométrique mensuelle est généralement très faible. Elle dépasse rarement 10%. Par contre, les amplitudes journalières sont élevées et dépassent souvent 30%. Au cours d'une journée (sauf perturbations accidentelles dues à un orage par exemple), l'humidité passe par un maximum qui varie de 80 à 90% au moment où la température est minimale, c'est-à-dire au lever du soleil et, par un minimum (60 à 70%) lorsque la température est maximale, c'est-à-dire en début d'après-midi (tabl. 3 à 6).

V. La végétation

La végétation des Plateaux Bateke est essentiellement représentée par des savanes arbustives dont la monotonie est interrompue localement par des îlots forestiers d'étendue variable et de petits groupements hydrophytiques. C'est le paysage typique du domaine post-forestier de la région guinéo-congolaise (LEBRUN, 1947). Le climat régional ne présente que de faibles différences entre les plateaux et leurs abords, de même que l'altitude n'est pas assez élevée (dénivellation 400-500m) pour introduire des différences floristiques notables. De ce fait, la répartition des groupements végétaux est directement liée à la nature du sol, elle-même déterminée par la structure géomorphologique.

1. Les savanes

Elles occupent environ 90% de la superficie de la région. D'après les travaux de DUVIGNEAUD (1949), DESCOINGS (1960) et MAKANY

(1976), selon la présence et la densité des arbres ou arbustes, le type de sol sur lequel elles se développent, plusieurs types physiologiques se rencontrent. D'après (MAKANY, 1976), les plus caractéristiques sont:

- Le sous-groupement à *Hyparrhenia diplandra* et *Bridelia ferruginea*

Il se développe sur la surface tabulaire des plateaux où il est quelquefois interrompu par des îlots forestiers ou des vallées sèches. Il se situe entre 680 et 800 m d'altitude bénéficiant ainsi d'une pluviométrie et d'une hygrométrie atmosphérique plus élevées que les savanes de plus basse altitude. Ce groupement est composé d'un tapis herbacé haut de 1,50 à 2 m dont les principales espèces sont: *Hyparrhenia diplandra*, *Digitaria diagonalis* et *Andropogon schirensis*. La strate arbustive est plus ou moins bien représentée suivant les faciès. Elle comprend: *Bridelia ferruginea*, *Hymenocardia acida*, *Annona arenaria*, *Millettia laurentii*, *Lannea welwitschii*, *Nauclea latifolia*, *Psorospermum febrifugum*, *Vitex doniana*... Le sol est sableux à sablo-argileux.

- Le sous-groupement à *Loudetia demeusei* et *Hymenocardia acida*

Il est caractéristique des sols sableux des abords des plateaux et des zones de collines et se rencontre entre 300 et 700 m d'altitude. Haute dans les bas-fonds, la savane à *Loudetia demeusei* se présente parfois sous un aspect steppique sur les flancs et les sommets des collines où la strate arbustive, clairsemée, peut être complètement absente. La strate herbacée comprend: *Loudetia demeusei*, *Bulbostylis laniceps*, *Landolphia thollonii* et *Tephrosia barbigea*. Dans la strate arbustive se rencontrent: *Hymenocardia acida*, *Dialium englerianum*, *Ochna gillettiana*, *Maprounea africana*, *Vitex doniana*, *Annona arenaria*, *Bridelia ferruginea* ...

- Le sous-groupement à *Loudetia simplex* et *Monocymbium ceresiiforme*

Il se développe sur les sables blancs provenant de la désagrégation des Grès Polymorphes en stations humides ou sèches, et sur les pentes érodées. Il se rencontre également sur les plateaux et leur pourtour, ou dans des vallées plus ou moins humides pendant une partie de l'année. C'est une savane basse, d'aspect steppique, au sein de laquelle les éléments de la strate supérieure dépassent rarement 1 m de hauteur (DESCOINGS 1960, 1975; MAKANY, 1976; SCHWARTZ, 1985). Ce groupement est dominé par *Loudetia simplex* et *Monocymbium ceresiiforme*.

2. Les forêts

Elles se rencontrent sur les plateaux, mais également sur les collines et dans les stations de faible pente. Elles sont pour la plupart très dégradées à l'exception de quelques îlots situés sur des pentes raides ou des vallées encaissées, difficilement accessibles à l'homme pour les cultures. MAKANY (1976) en décrit plusieurs types en fonction de leur position topographique, de leur physionomie et des espèces dominantes.

- Les forêts à *Dialium corbisieri* et *Pentaclethra eetveldeana*

Ce sont des forêts sur terre ferme qui occupent la surface des plateaux, leurs bords et les collines à vallées encaissées.

Sur les plateaux, entre 700 et 750 m d'altitude, ou vers 400 m sur certaines stations, ces forêts sont plus ou moins dégradées en raison des cultures. Elles se développent sur le Plateau de N'Go sous un climat très humide (2100 mm/an et une saison sèche de 2 mois), sur le Plateau de MBé, sous des précipitations de 1600 mm/an avec 3 à 4 mois de saison sèche. Ce sont en général des forêts hautes (40 à 50m), pluristratifiées. L'humidité atmosphérique élevée favorise le

développement d'une riche flore d'épiphytes.

Sur le rebord des plateaux et sur les collines à vallées sèches se rencontrent des flots forestiers, généralement moins dégradés que les précédents en raison de la topographie locale (pentes raides et vallées encaissées).

D'après la composition floristique et la structure de la végétation, MAKANY (1976) distingue un groupement à *Parinari excelsa* se développant sur la surface des plateaux et un groupement à *Dialium corbisieri*, composé d'un sous-groupement à *Millettia laurentii* et d'un sous-groupement à *Pentaclethra eetveldeana* présents sur les rebords aux pentes raides et dans les bas-fonds. Dans le second groupement, la forêt à *Pentaclethra eetveldeana* représente le faciès le plus mésophile, alors que la forêt à *Millettia laurentii* est le terme le plus xérophile. Ce sont des forêts à faible recouvrement de la strate supérieure, ce qui permet une pénétration suffisante de la lumière et le développement d'un sous-bois généralement abondant.

Outre les espèces caractéristiques auxquelles les groupements doivent leur dénomination, les principaux éléments faisant partie de la flore de ces forêts sont: *Blighia welwitschii*, *Celtis briei*, *Coelocaryon preussii*, *Petersianthus macrocarpus*, *Combretum lokole*, *Croton sylvaticus*, *Dacryodes edulis*, *Dracaena reflexa*, *Plagiostyles africana*, *Ongokea gore*, *Pycnanthus angolense*, *Sorindeia juglandifolia*, *Trilepisium madagascariensis*, *Pausinystalia macroceras*, *Canthium arnoldium*...

- Les forêts à *Hallea rubrostipulata* et *Xylopia rubescens*

Ce sont des forêts dont la présence et la composition sont liées aux conditions édaphiques locales. Elles comprennent des forêts ripicoles et des forêts marécageuses.

Les forêts ripicoles ont une composition floristique et une structure très proches de celles des forêts de terre ferme qui se

développent à leur voisinage et dont elles sont issues. Les forêts marécageuses sont composées d'espèces caractéristiques des sols hydromorphes telles que *Hallea rubrostipulata*, *Xylopia rubescens* et *Raphia* sp., associées à des espèces de groupements de terre ferme. L'hétérogénéité dans la composition floristique des forêts est l'une des caractéristiques dans les régions équatoriales, où l'humidité édaphique compense le déficit pluviométrique et permet ainsi le développement, sur un site donné, d'une flore à très large amplitude écologique.

B. LE LITTORAL CONGOLAIS

I. Cadres géomorphologique et géologique

La côte atlantique congolaise s'étend sur une longueur de 200 km entre 4° et 5° de latitude sud. Il s'agit d'une côte sableuse, basse en grande partie, sauf à certains endroits très localisés où affleurent les couches du Crétacé supérieur, donnant naissance à de petites falaises rocheuses (GIRESSE et KOUYOUANTZAKIS, 1990).

A partir des reliefs précambriens de la chaîne du Mayombe à l'est, VENNETIER (1968) distingue un étagement de modelés successifs jusqu'à l'Océan Atlantique:

- une zone de collines de 175 m d'altitude environ qui prolonge le versant maritime des reliefs métamorphisés de la chaîne du Mayombe. Cette zone est disséquée par un réseau hydrographique dense qui prend naissance dans le Mayombe;
- une zone de plateaux de 80 à 120 m d'altitude particulièrement sableuse et perméable où des dépressions fermées et des gorges profondes sont fréquentes et résultent de l'érosion en cirques par soutirage de matériaux profonds suivie d'effondrements;

- une zone de plaine littorale qui ne dépasse pas 20 à 30 m d'altitude et qui s'étend sur une largeur de quelques dizaines de mètres à quelques kilomètres.

Une esquisse géomorphologique simplifiée de la façade atlantique congolaise est présentée sur la figure 13.

Du point de vue géologique, la couverture sédimentaire du bassin côtier congolais est composée par la Série des Cirques. Il s'agit d'une formation sablo-graveleuse, d'argile rouge, jaune, blanche ou violette, d'une puissance supérieure à 100 m, qui est caractérisée par un défoncement fréquent en "cirques" auxquels la série doit son nom. Azoïque, elle a été rapportée au Plio-Pléistocène par analogie avec les "Benin-sands" du Nigéria (HOURCQ et LEGOUX, 1958), et aussi du fait de l'existence en profondeur de niveaux marins miocènes, et, peut-être, oligocènes (GIRESSE et KOUYOUANTZAKIS, 1990). Cette série masque presque entièrement les formations crétacées sous-jacentes composées de grès, de grès phosphatés ou argileux et de calcaires dolomitiques qui n'affleurent que de façon ponctuelle sur la côte (GIRESSE et al., 1981).

Les formations superficielles sont composées d'alluvions récentes et de sables littoraux.

II. Les sols

Les sols littoraux ont fait l'objet de nombreux travaux, essentiellement dans un but agricole (BOCQUIER et GUILLEMIN, 1959; GRAS, 1965; JAMET, 1966; JAMET et RIEFFEL, 1976) et, plus récemment, les travaux de DECHAMPS et al., (1988a) et de SCHWARTZ et al., (1990b). Les principales classes de sols qui se rencontrent sur le littoral congolais sont les suivantes:

- les sols minéraux bruts constitués par le matériau issu de

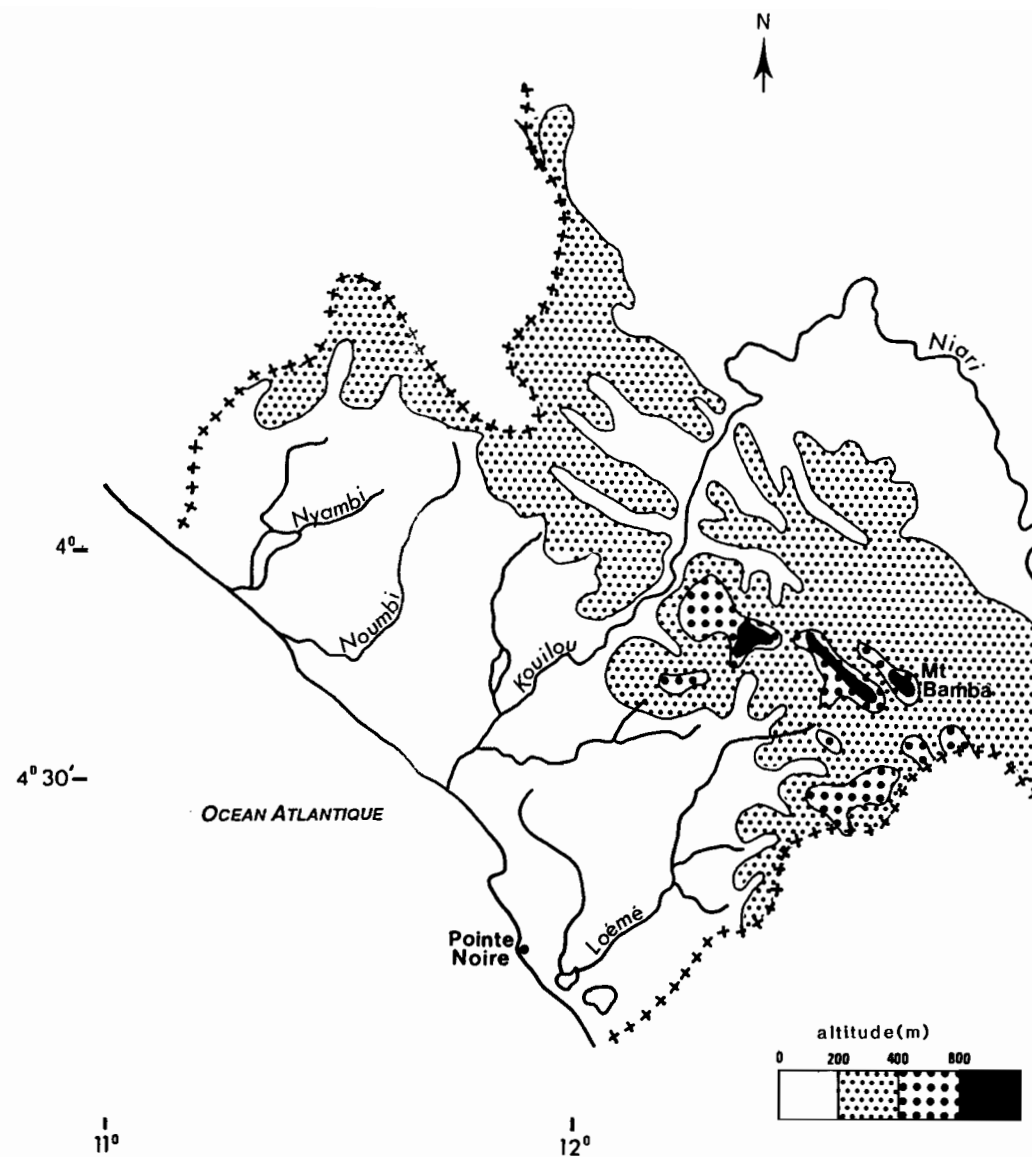


Fig. 13 : Carte oro-hydrographique de la façade atlantique congolaise.

l'érosion de la Série des Cirques à l'affleurement;

- les sols peu évolués d'apport, formés de colluvions ou d'alluvions récentes. Ils sont généralement mal drainés et hydromorphes;
- les sols hydromorphes, localisés au voisinage des cours d'eau et dans les vallées alluviales. Leur évolution est conditionnée par le degré d'hydromorphie. Certains sont organiques (tourbes), d'autres minéraux;
- les podzols sur sables blancs, essentiellement localisés dans la plaine côtière;
- les sols minéraux bruts d'apport (sables de plage);
- enfin, les sols ferralitiques psammitiques.

III. Contexte climatique

Les données climatiques ci-dessous sont issues de la station météorologique de Pointe Noire (tabl. 7). Elles montrent que les précipitations affichent un minimum absolu en juin-juillet et un maximum absolu en avril-mai, caractéristiques des régions équatoriales. Le régime climatique du littoral s'inscrit dans le cadre général tel qu'il a été défini dans la première partie de ce travail. La pluviosité et sa distribution demeurent les facteurs principaux de différenciation des saisons.

La proximité de l'océan se traduit par l'accentuation de certains phénomènes. Ainsi, les précipitations moyennes annuelles dépassent rarement 1300 mm. La saison sèche, très rigoureuse, dure 4 à 5 mois. Elle se caractérise par l'existence d'une forte nébulosité. Les températures moyennes annuelles varient entre 25° et 28°C, avec une amplitude de 6 à 7°C (Atlas du Congo , 1969).

Tableau 7 : Données climatiques brutes. Station de Pointe Noire (d'après ASECNA, 1964).

POINTE-NOIRE

Latitude = 04° 49' S

Longitude = 11° 54' E

Période = 1951-1960

Altitude = 17 m.

MOIS	JANV	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	Année
Tempé. moyen. journalière en degrés celsius et dixièmes	26,2	26,6	27,0	26,8	25,6	22,3	21,2	21,5	23,4	25,2	25,7	25,9	24,8
Température moyenne des maximums	29,6	30,2	30,6	30,4	28,9	25,5	24,3	25,0	26,3	28,0	28,7	29,1	28,2
Température moyenne des minimums	23,6	23,7	23,9	23,9	22,4	22,4	21,3	22,1	21,1	23,1	23,4	23,5	22,2
Maximum absolu	32,4	32,7	33,6	33,4	31,5	28,2	26,1	27,9	29,2	30,0	31,2	31,0	33,6
Minimum absolu	19,5	18,0	20,4	20,2	18,1	14,6	13,2	12,4	16,2	18,7	20,4	19,6	12,4
Haut. moyen. des précipit. en millimètres et dixièmes	1519	210,1	226,8	179,2	88,8	2,2	1,1	2,0	13,4	71,4	166,7	142,9	1254,3
Nbre moyen de jrs de pluie	11,1	12,4	14,7	13,6	7,2	0,2	0,2	2,5	9,6	16,0	16,7	12,2	117,4
Hauteur maximale	278,6	376,3	576,6	263,2	381,6	1,4	2,2	4,6	22,6	160,2	423,9	385,3	1856,6
Nbre maximal de jrs de pluie	17	18	23	19	13	2	2	11	16	24	25	18	159
Hauteur minimale	16,1	3,5	56,4	54,1	0,9	0,0	0,0	0,0	2,5	20,1	30,8	6,1	198,7
Nbre mini. de jours de pluie		3	8	6	4	0	0	0	3	12	14	8	97
Maximum abs. en 24 heures.	105,2	103,0	241,4	135,5	99,0	1,2	2,2	2,0	11,5	85,6	118,0	155,4	241,4
Humidité relati. à 07 h.	95	95	95	95	95	94	74	91	93	91	93	93	94
moyenne en à 13 h.	73	72	72	73	74	69	64	70	73	75	77	74	73
% à 19 h.	86	84	84	86	89	82	80	81	85	84	87	87	86

IV. Végétation

Deux principales formations végétales occupent la région: la savane basse, voire "steppique" (DESCOINGS, 1969) et les forêts littorales, pour la plupart en relation avec des conditions édaphiques particulières. MAKANY (1964) distingue, en relation avec l'influence océanique, des groupements spécifiquement littoraux et des groupements non spécifiquement littoraux.

1. Les groupements spécifiquement littoraux

Ils se présentent fréquemment en bandes soulignant la présence d'anciens cordons dunaires. Ce sont:

- Les groupements herbacés

Ils sont composés de plusieurs variantes: le groupement à *Ipomoea pes-caprae*, le groupement à *Hydrocotyle bonariensis* et *Stylosanthes erecta*, le groupement à *Paspalum vaginatum* et le groupement à *Cyperus papyrus*. Ces groupements se développent surtout sur des sols salés. A ces espèces caractéristiques, sont associées: *Alternanthera sessilis*, *A. maritima*, *Vigna marina*, *Hibiscus tiliaceus*, des Graminées parmi lesquelles les plus abondantes sont: *Schizachyrium pulchellum*, *Digitaria milaniana*, *Sporolobus virginicus*, *Echinochloa stagnina*... et des Cypéracées: *Cyperus* sp., *Remirea maritima*, *Mariscus ligularis*, *Fimbristylis nigritiana*... La strate arbustive comprend souvent: *Manilkara lacera*, *Avicennia germinans* et *Phoenix reclinata*.

- Les groupements ligneux

Ils correspondent également à plusieurs variantes: le groupement à *Hyphaene guineensis*, le groupement à *Manilkara lacera* et *Chrysobalanus ellipticus*, le groupement à *Ecastaphyllum brownei* et la mangrove. Ces groupements, à l'exception de la mangrove, se

développent à l'arrière des groupements herbacés sur des sols sableux plus ou moins argileux. Le groupement ou fourré à *Manilkara lacera* affectionne les cordons sableux où cette espèce constitue quelquefois des peuplements monospécifiques. De façon générale, dans les îlots forestiers, aux essences côtières et psammophiles (*Ecastaphyllum brownei* et *Chrysobalanus ellipticus*), sont associées des espèces xériques de savanes (*Fegimera africana*), des espèces de sous-bois dégradés (*Haemanthus multiflorus*) et des espèces de forêt dense (*Centotheca mucronata*, *Cola* sp. aff. *gabonensis*, *Bertiera racemosa*...). La présence d'*Elaeis guineensis* dans ces associations serait le témoin d'anciens bivouacs de pêcheurs (MAKANY, 1964). Les autres éléments sont, parmi les arbres et arbustes: *Phoenix reclinata*, *Dracaena reflexa*, *Syzygium guineensis* var. *littorale*, *Pavetta brachycalyx*, *Baphia le testui*; parmi les herbacées: *Dissotis decumbens*, *Jasminum congolense*, *Aneilema sinicum*, *Cyanotis longifolia*...

Sur la côte atlantique congolaise, la mangrove n'occupe que de faibles superficies, contrairement aux autres côtes ouest africaines où elle est bien développée (Sénégal, Côte D'Ivoire...). C'est principalement le long des estuaires et sur les bords de certaines lagunes qu'elle peut connaître un développement important. Dans les lagunes, la mangrove est plus restreinte et ne représente qu'un mince liseré de quelques dizaines de mètres. Elle est totalement absente du bord de mer proprement dit. Au niveau des estuaires, elle peut constituer un groupement dense, très fermé et s'étendre sur plusieurs kilomètres comme c'est le cas dans l'estuaire du Kouilou.

La composition floristique de la mangrove obéit à une zonation en relation avec le degré de salinité des sols. En bordure de la côte, se trouve *Rhizophora racemosa* qui forme un rideau assez dense en bordure de l'eau. En arrière, poussent *Avicennia nitida* et

Drepanocarpus lunatus, puis la pelouse à *Stenophrum secundatum*. Enfin, sur les premiers reliefs dunaires, à l'abri de la montée des eaux, pousse *Phoenix reclinata* qui marque la limite avec la savane à Graminées. C'est dans la zone à *Phoenix reclinata* que se développent également *Hibiscus tiliaceus* et *Dalbergia ecastaphyllum*. Cette répartition n'est pas systématique et, fréquemment, soit pour des raisons topographiques, soit par l'absence de marnage comme dans les lagunes, les *Rhizophora racemosa* se mêlent à quelques pieds d'*Avicennia nitida* avec immédiatement en arrière *Phoenix reclinata* (MOGUEDET, 1980). Il faut souligner que la flore accompagnatrice de la mangrove sur terrain ferme n'est pas spécifiquement estuarienne ou lagunaire, mais qu'il s'agit de plantes de bord de mer de façon générale.

2. Les groupements non spécifiquement littoraux

Ils se divisent également en formations herbacées et en formations arborées.

- Les formations herbacées

Elles correspondent à la savane littorale au sens large. C'est une savane basse, très ouverte, voire "steppique" avec plusieurs variantes en relation avec le type de sol sur lequel elles se développent. MAKANY (1964) distingue: une prairie à *Pobeguinea arrecta*, *P. hamata*, *Jardinea congoensis*, *Xyris decipiens*, *Polygala micrantha*, *Mesanthemum radicans*, *Utricularia subulata*, *Drosera* aff. *capillaris*... sur sol humide; une steppe graminéenne à *Schizachyrium thollonii*, *Rhynchelytrum roseum* et *Ctenium newtonii*.... dans les bas fonds humides; une savane herbeuse à *Elyonurus argentea*, avec *Loudetia arundinacea*, *Hypparrhenia diplandra*, *Andropogon schirensis*... sur les sables blancs littoraux et même au sommet de certaines dunes. La strate arbustive peut être totalement absente

dans certains cas. Lorsqu'elle existe, elle comprend surtout des plantes introduites [*Elaeis guineensis* (Palmier à huile), *Cocos nucifera* (Cocotier), *Mangifera indica* (Manguier), *Adansonia digitata* (Baobab)]. Les autres arbres souvent présents sont: *Annona arenaria*, *Bridelia ferruginea*, *Psorospermum febrifugum*, *Syzygium guineensis* et *Anthocleista inermis*. Enfin, de grandes étendues de papyraies, peuplées presque exclusivement de *Cyperus papyrus*, occupent les dépressions marécageuses.

- Les formations arborées

Parmi les formations arborées, la plus caractéristique est la forêt marécageuse à *Symphonia globulifera*. C'est une formation haute, dense, avec un sous-bois important composé surtout d'Araceae et de Zingiberaceae, avec de nombreuses lianes. Les autres éléments caractéristiques sont: *Syzygium guineensis* var. *littorale*, *Pandanus* sp., *Lygodium microphyllum*, *Tetracera alnifolia*, *Gaertnera paniculata*, *Anthocleista inermis*, *Alchornea cordifolia*, *Piper guineensis*...

Les forêts sur terre ferme correspondent soit à des îlots forestiers d'étendue variable, souvent très secondarisés, soit à des formations édaphiques tels que sur les sites d'anciens villages abandonnés. D'après MAKANY (1964) et CUSSET (1987), la composition de ces îlots forestiers montre leur origine à partir du manteau forestier du Mayombe. Les mieux conservés se rencontrent dans les ravins digités (ou cirques). Ils contiennent un mélange de plantes typiquement littorales comme *Chrysobalanus ellipticus*, *Symphonia globulifera* et des essences de forêt dense: *Pycnanthus angolensis*, *Bartiera nigritiana*, *Aidia micrantha*, *Carapa procera*, *Santiria trimera*, *Klainedoxa gabonensis*... Dans le second cas, ce sont surtout des reprises forestières à partir d'anciens villages abandonnés. *Elaeis guineensis* constitue alors l'une des espèces dominantes.

DEUXIEME PARTIE

METHODOLOGIE

Cette partie est consacrée à la description des différentes techniques de terrain (prélèvement des échantillons actuels et fossiles) et de laboratoire (préparations des échantillons, comptages des pollens et constitution des diagrammes) utilisées au cours de ce travail.

A. LES TECHNIQUES DE TERRAIN

I. Prélèvement des échantillons actuels

Les résultats obtenus sur l'étude de la pluie pollinique actuelle dans différentes régions d'Afrique montrent souvent des distorsions dans la composition des spectres polliniques qui se traduisent par une représentation différentielle de certains éléments par rapport à leur recouvrement dans les végétations échantillonnées. Il s'agit là d'une donnée fondamentale qui démontre le caractère non univoque des relations entre les spectres polliniques et les associations végétales dont ils sont issus. Ces relations dépendent en effet de plusieurs paramètres parmi lesquels les plus importants sont: la capacité de production de pollen et de spores, le mode de pollinisation et la structure de la végétation (BIRKS et BIRKS, 1980). Toute méthode de prélèvement d'échantillons actuels doit donc tenir compte de ces contraintes, de manière à récolter des échantillons qui donnent des spectres polliniques les plus représentatifs possibles de la végétation étudiée. Sur le plan pratique, il est cependant difficile d'éviter des hiatus qui seraient introduits par un ou plusieurs de ces paramètres, quelque soit la méthode utilisée. Mais comme dit TROUPIN (1966): "Toutes les méthodes sont valables, à condition que le but recherché soit clairement indiqué et que l'élément de subjectivité ne soit pas prépondérant".

Les techniques de prélèvement d'échantillons destinés à l'étude de la pluie et de la sédimentation polliniques actuelles les plus couramment utilisées en Afrique sont les suivantes:

1. Les filtres

La technique consiste à exposer à 6 ou 7 cm de hauteur du sol, verticalement ou horizontalement, des carrés de gaze de 20 x 20 cm environ enduits d'huile de silicone. Les grains de pollen contenus dans l'atmosphère sont ainsi piégés. Cette méthode est généralement utilisée dans le but d'étudier le contenu pollinique de l'atmosphère d'une région à des échelles de temps relativement courtes (quelques semaines à quelques années) (COUR et al., 1973; YBERT, 1980; CARATINI et COUR, 1987).

2. Les flux

Mise au point par COUR (1974), cette technique consiste à prélever à l'aide d'une girouette fixée à l'avant ou l'arrière d'un véhicule, la poussière soulevée pendant le déplacement. Cette méthode est bien adaptée aux régions sahariennes et sahéliennes à couvert végétal peu dense (VAN CAMPO, 1975; SCHULTZ, 1980, 1984).

3. Les vases

Cette méthode permet d'étudier la pluie pollinique et sa sédimentation en milieu lacustre ou fluviatile. Généralement, l'échantillon est constitué par une prise unique (sommet de sondage ou

de dragage par exemple (BUCHET, 1982; VINCENS, 1984, 1987a, 1987b; LEZINE, 1987). Les spectres ainsi obtenus donnent une image des végétations locales mais également régionales, puisque certains grains de pollen rencontrés dans ces types de sédiments ont été transportés sur de moyennes ou longues distances par les eaux des rivières drainant les bassins.

4. Prises multiples de sols

Cette méthode consiste à prélever de façon aléatoire sur une surface de 400 m² environ, 30 à 40 prises de la partie superficielle du sol sous un couvert végétal, le plus naturel possible. Les échantillons sont ensuite enfermés dans des sacs plastiques afin d'éviter toute pollution. Les coordonnées géographiques ainsi qu'une description sommaire de la végétation des sites de prélèvement sont soigneusement notées. Cette méthode de prises multiples permet d'atténuer les effets de surproduction pollinique locale de certaines plantes et de minimiser les variations saisonnières de production de pollens.

Parmi les différentes méthodes décrites ci-dessus, celle des prises aléatoires de sols semble la plus adaptée aux végétations de nos régions d'étude. En effet, dans ces régions forestières où la voûte arborée très dense limite considérablement l'aire de dissémination des grains de pollen, seuls des prélèvements effectués au sein même de la végétation sont susceptibles de fournir des spectres polliniques représentatifs. C'est donc cette méthode qui a été choisie pour le prélèvement de nos échantillons.

II. Prélèvement des échantillons fossiles

Deux types de carottiers ont été utilisés pour le prélèvement de ces échantillons.

1. Carottier "GIK" ou "Sonde Russe"

Il a servi pour les sites des Plateaux Bateke (Bilanko et Ngamakala). La description du carottier donnée ci-dessous est celle de la version améliorée par l'équipe de palynologie de Marseille (Laboratoire de Botanique Historique et de Palynologie, de St. Jérôme) par rapport à la version originale (BELOKUPYTOV et BERSNEVICH, 1955). Il comprend (fig. 14):

- un corps central en acier inoxydable de 60cm de longueur, d'une épaisseur de 3,6mm et d'un diamètre de 52,8cm. Il est soudé à une tige d'acier de 40 cm de longueur;
- des tiges-allonges en acier inoxydable mesurant 1,50m. L'une des extrémités est effilée sur 7cm alors que l'autre est creuse sur une profondeur équivalente de manière à pouvoir emboîter les tiges les unes dans les autres. Le verrouillage se fait grâce à des vis sans tête à pans creux;
- une barre à quatre bras, fixée à l'extrémité de la dernière tige reliée à la sonde, permet d'exercer la pression nécessaire à l'enfoncement du dispositif.

Les prélèvements sont effectués de façon alternée sur deux profils parallèles très proches (20 à 30 cm) (fig. 15). Les soixante premiers centimètres de sédiment sont prélevés sur le profil 1. Le corps central de la sonde étant relié à une tige de 40 cm, le second prélèvement sur le profil 2 correspond à la profondeur 40-100 cm, ce qui implique un recouvrement de 20 cm. Pour les prélèvements suivants, le recouvrement entre deux prises est de 10 cm (fig. 15). Le prélèvement sur deux

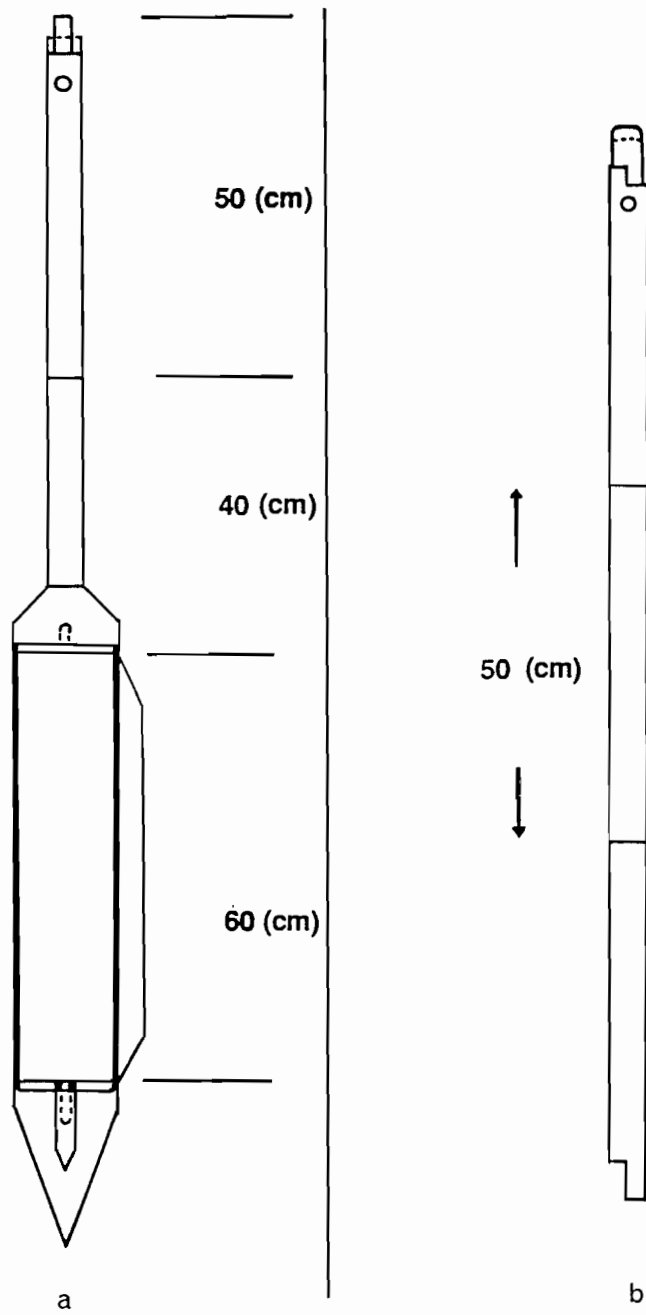


Fig. 14: Le carottier "GIK" ou sonde Russe
a: position d'enfoncement
b: Tige allonge

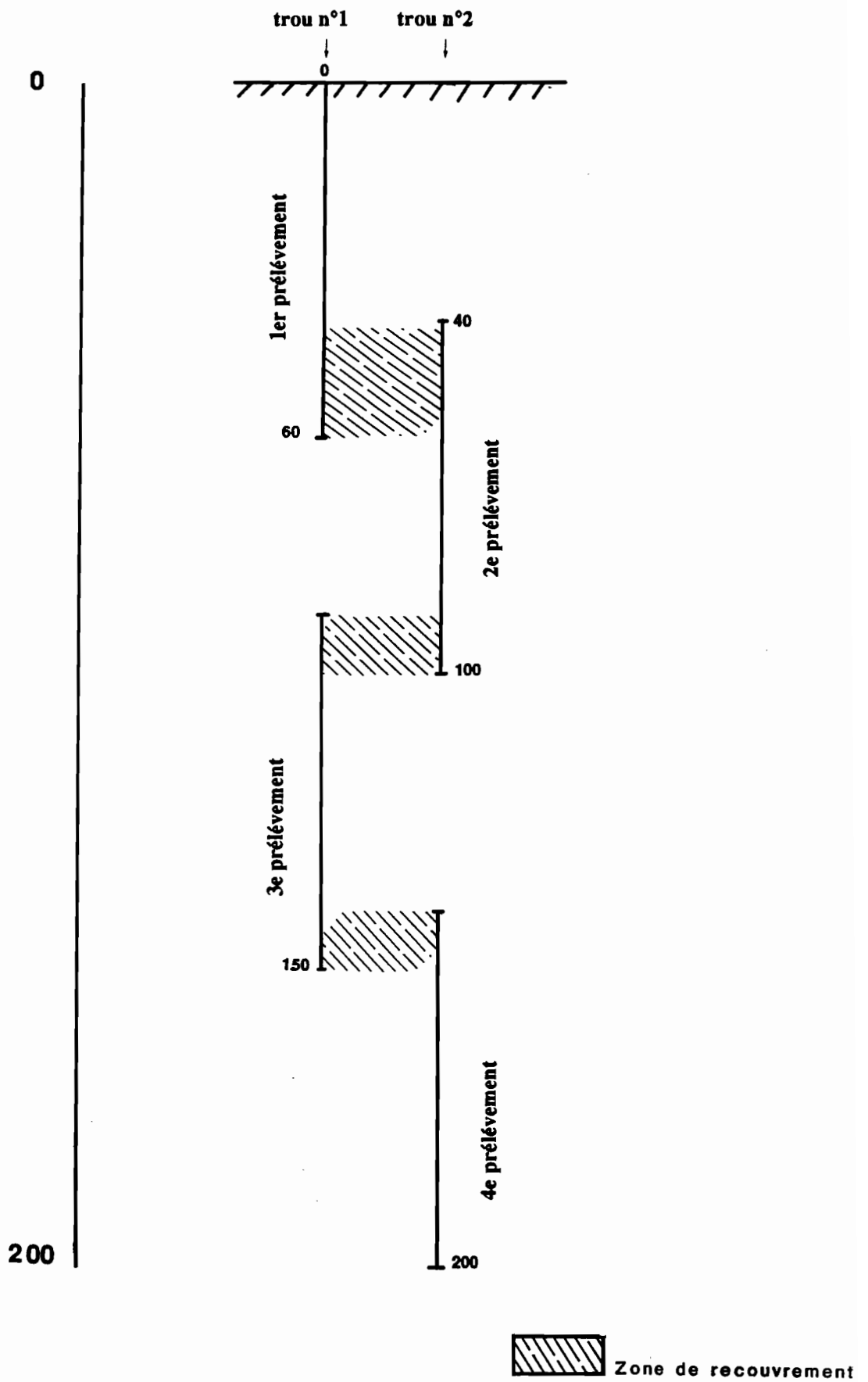


Fig. 15: Protocole de carottage à l'aide de la sonde Russe

profils suppose que la sédimentation s'est effectuée horizontalement, ce qui est rarement le cas dans les tourbières (MOORE, 1986; BARBER, 1982). De ce fait, même si les deux profils sont très rapprochés, du fait de l'inclinaison de la stratification, des décallages sédimentologiques au niveau des zones de recouvrement peuvent être observées. L'ampleur d'un événement peut se trouver ainsi être modifiée de façon significative. L'un des moyens pour mettre en évidence ce genre de phénomène est la réalisation de plusieurs sondages, une distorsion sédimentologique importante ne pouvant être que de portée générale à l'échelle d'un site. Ces considérations montrent à l'évidence que des résultats obtenus sur un seul profil doivent être interprétés avec prudence.

Le carottier "GIK" permet d'obtenir des sédiments non pollués, à stratigraphie bien conservée grâce aux prélèvements alternés. Les carottes, 1/2 cylindre de 6cm de diamètre, offrent suffisamment de matériel pour l'analyse palynologique, des datations ^{14}C et autres analyses. Son poids très faible (6kg pour le corps de la sonde, 2kg pour une tige) et sa facilité de maniement en font un outil efficace.

Le seul inconvénient du système est de ne pouvoir être utilisé que sur des tourbes. Son usage est pratiquement impossible dans le cas de sédiments hydromorphes ou dans des argiles compactées. Dans le premier cas, les sédiments subissent un écoulement vers le bas entraînant des mélanges; dans le second, l'enfoncement de la sonde est difficile et des risques de torsion de celle-ci sont importants.

2. Tubes P.V.C.

Les carottes du littoral congolais (CORAF T et CORAF 2) ainsi que la carotte L.S.3 provenant du bois de Bilanko sur les Plateaux Bateke, ont été prélevées par enfoncement de tubes P.V.C. par percussion. Ce mode de prélèvement permet également d'obtenir des sédiments non pollués mais cette méthode à l'inconvénient inévitable d'entraîner une

compression de ceux-ci.

B. LES TECHNIQUES DE LABORATOIRE

I. Echantillonnage des carottes

Deux types de prélèvements ont été effectués: les prélèvements destinés aux datations ^{14}C et ceux à l'analyse palynologique.

1. Prélèvements destinés aux datations ^{14}C

Après ouverture des carottes, une première série de prélèvements (la base et le sommet de chaque carotte, 8 à 10 cm de sédiment) est réalisée. Les datations obtenues à partir de ces premiers échantillons déterminent le choix des carottes à étudier, en l'occurrence celles dont les âges à la base sont les plus anciens. D'autres prélèvements pour les datations seront ensuite réalisés ultérieurement, en fonction des problèmes ou changements majeurs mis en évidence dans les diagrammes polliniques.

Toutes les datations effectuées sur nos sédiments ont été réalisées par la méthode ^{14}C conventionnelle au Laboratoire de Géologie du Quaternaire (R. LAFONT et S. BIEDA).

2. Prélèvements destinés à l'analyse palynologique

Une première série d'échantillons (0,5 à 1 cm de sédiment) est prélevée selon une maille de 5cm. Après obtention d'un premier diagramme pollinique, d'autres prélèvements sont effectués afin d'obtenir une maille de résolution plus fine permettant de mieux préciser la dynamique de la végétation. Sur toutes les carottes étudiées, la maille moyenne de prélèvement a été de 1 à 2 cm.

II. Traitements chimiques

Tous les échantillons, actuels et fossiles, ont subi le même traitement chimique. Les seules différences résident dans les quantités de sédiment traité.

Dans le cas des échantillons de sols actuels, après homogénéisation et tamisage à 150 μ afin d'éliminer les fractions sableuses ou fibreuses grossières, 15 à 20g de sédiment ont été utilisés. Pour les échantillons fossiles, un volume aliquote (1 à 3cc) est mesuré par immersion dans un tube cône gradué. L'échantillon est ensuite contaminé avec un volume connu d'une suspension de pollens d'*Alnus* dont la concentration a été évaluée par de multiples comptages sur hémacytomètre.

Les traitements chimiques ont été effectués suivant la méthode classique de FAEGRI et IVERSEN (1975) améliorée par G. BUCHET au Laboratoire de Géologie du Quaternaire. Les principales étapes sont les suivantes:

- élimination de la fraction minérale par décalcification des échantillons à l'acide chlorhydrique (10%) à froid, suivie d'une attaque, à froid, à l'acide fluorhydrique concentré à 70% pendant au moins 12 heures. La fraction siliceuse transformée en fluosilicates insolubles est ensuite dissoute et détruite par des rinçages à l'acide chlorhydrique dilué à chaud. Une durée minimale de 4 heures est nécessaire entre deux rinçages;
- élimination de la fraction organique par attaque à la potasse 10 % au bain-marie pendant 30 minutes environ;
- tamisage à 150 μ afin de débarrasser l'échantillon de particules minérales et organiques non détruites;

Le culot obtenu est ensuite coloré à la safranine puis dilué en milieu glycéринé.

III. Analyses palynologiques

1. Les comptages

Après homogénéisation du culot à l'aide d'un agitateur électrique, un volume de 22µl est pipeté et monté entre lame et lamelle. Les comptages ont été effectués sur microscope LEITZ muni des objectifs x25 pour le repérage et le comptage des grains de pollen et des spores, et x100 à immersion pour l'observation de détail et leur identification. Le montage en milieu glycéринé permet de tourner le pollen sur lui-même et donc de l'observer sous différents angles. La lecture de la lame se fait sur des bandes parallèles et porte sur l'ensemble de la surface de la lamelle, ce qui permet de minimiser les effets d'une répartition inégale des grains de pollen et spores en fonction de leur taille. Deux à cinq lames par niveau ont été comptées suivant la richesse de l'échantillon.

Les comptages sont poursuivis jusqu'à l'identification de 30 à 40 taxons polliniques différents et de 300 à 500 grains. Pour les échantillons les plus riches, des maxima de 1500 grains de pollen et spores ont été nécessaires pour atteindre le degré de saturation à partir duquel très peu de taxons nouveaux apparaissent encore. Au contraire, pour les échantillons très pauvres, les comptages ont été arrêtés autour de 150 grains après avoir observé que le nombre de nouveaux taxons rencontrés était devenu insignifiant.

2. Les déterminations polliniques

Si les monographies polliniques publiées sur l'Afrique (MALEY 1970; BONNEFILLE, 1971a, 1971b; APLF, 1974; RIOLLET et BONNEFILLE, 1976; SOWUNMI, 1973; YBERT, 1979; BONNEFILLE et RIOLLET 1980; SALARD-CHEBOLDAEF, 1980, 1981, 1982, 1983), ont été consultées avec profit, la détermination de la microflore sporopollinique actuelle et fossile du

Congo a été surtout facilitée par l'existence d'une riche collection de référence de pollen et spores actuels d'Afrique au Laboratoire de Géologie du Quaternaire à Marseille, qui compte actuellement plus de 7200 spécimens.

Au cours de notre séjour au Congo, plus de 400 nouvelles espèces appartenant à près de 150 nouveaux genres et 85 familles ont été prélevées dans les herbiers nationaux de Pointe Noire et de Brazzaville. Préparées par nos soins, elles complètent la collection de référence du Laboratoire de Géologie du Quaternaire, surtout en ce qui concerne le pollen de plantes de forêts denses humides. Mais toutes ces données restent encore faibles au regard de la richesse floristique de l'Afrique équatoriale. Il en découle, du fait de ces lacunes, l'existence en nombre et en pourcentages parfois importants de taxons indéterminés dans certains échantillons. De même, il existe, pour la même raison, une imprécision dans les déterminations polliniques (le niveau de détermination spécifique étant rarement atteint) qui a pour conséquence dans certains cas, d'ôter toute signification écologique à un taxon pollinique. Ceci est particulièrement fréquent dans le cas des sédiments fossiles.

L'identification du pollen se situe, suivant les cas, au niveau spécifique, générique ou de la famille.

- Détermination spécifique

C'est le niveau de détermination le plus précis, mais également le plus difficile à atteindre, sauf dans le cas où un genre ou une famille n'est représenté dans la région que par une seule espèce, par exemple: *Symphonia globulifera*, *Elaeis guineensis*, *Stipularia africana*.

- Détermination générique avec indication de type spécifique

Si à l'intérieur d'un genre, il existe des différences morphologiques entre espèces mais que deux ou plusieurs d'entre-elles possèdent des convergences, à l'identification générique est alors

associée une indication spécifique choisie parmi l'une de ces espèces, généralement la plus répandue dans la région. Exemple: *Uapaca* type *guineensis*.

- Détermination générique

C'est le niveau d'identification le plus communément atteint. Il correspond au cas où, à l'intérieur d'un même genre morphologiquement bien déterminable, plusieurs espèces produisent un pollen indiscernable de toutes les autres espèces. Exemples: *Alchornea*, *Macaranga*, *Celtis*...

- Détermination au niveau de la famille avec indication de type générique

Il s'agit du cas où, à l'intérieur d'une famille morphologiquement identifiable, plusieurs genres présentent des convergences. Par exemple, au sein des *Caesalpinioideae*, le type pollinique *Crudia* regroupe aussi les genres *Gilbertiodendron*, *Berlinia*, *Anthonothea* et *Didelotia*.

- Détermination au niveau de la famille

C'est le niveau de détermination le moins précis. Il est lié soit à l'homogénéité des caractères morphologiques des grains de pollen de différents genres de certaines familles, par exemple les *Gramineae*, les *Cyperaceae*, les *Compositae*, soit au mauvais état de conservation des grains.

Lorsque deux familles différentes produisent un pollen morphologiquement indiscernable, les noms des deux familles sont indiqués, c'est le cas par exemple du taxon *Amaranthaceae/Chenopodiaceae*.

Deux remarques sont à faire ici:

1. Dans la plupart des échantillons, un certain nombre de grains de pollen est resté sans détermination. Leur identification ne pourra se faire qu'en augmentant dans le futur la collection de référence de pollen actuel du Congo et d'Afrique centrale. Ces taxons ont en général des pourcentages de 1 à 5%, exceptionnellement 10 %.

2. Certains grains de pollen, à cause de leur mauvais état de conservation, sont considérés comme indéterminables. Dans les sédiments tourbeux, les conditions de conservation sont généralement favorables, réduisant ainsi de façon significative la représentation de cette classe. En revanche, dans certains échantillons actuels de sols, plus particulièrement ceux de savanes, le pollen étant exposé aux agents oxydants, les grains subissent une altération plus grande. De ce fait, les formes indéterminables sont plus abondantes.

IV. Présentation des résultats

Les diagrammes ont été réalisés sur ordinateur IBM grâce au programme de traitement de données polliniques mis au point au Laboratoire de Géologie du Quaternaire (BUCHET et al., 1991).

Les résultats sont présentés soit sous forme de courbes soit d'histogrammes des pourcentages relatifs calculés par rapport à la somme des grains de pollen et spores comptés, à l'exclusion des indéterminables. L'échelle des pourcentages est la même pour tous les taxons. Sur les diagrammes, seuls sont représentés les taxons les plus abondants ou ayant une signification écologique pouvant servir et faciliter l'interprétation des résultats.

Sur la base des travaux botaniques effectués au Congo (KOECHLIN, 1961; ATLAS DU CONGO, 1969; MAKANY, 1963, 1964, 1976; DESCOINGS, 1975) et plus largement en Afrique équatoriale atlantique (SCHNELL, 1976; LETOUZEY, 1972, 1982/1983; WHITE, 1983; HUTCHINSON et DALZIEL, 1954-1972), les taxons identifiés ont été regroupés suivant la physionomie des plantes qui les ont produits: taxons arborés (AP) et taxons herbacés (NAP). Du fait de l'impossibilité d'atteindre le niveau de détermination spécifique, ou même parfois générique, un certain nombre de taxons sont restés "indifférenciés".

Les Spores de Ptéridophytes constituent un groupe à part.

Pour l'interprétation des données, les taxons sont regroupés selon leur écologie. Toutefois, ce type de regroupement ne concerne qu'un nombre de taxons très limité à amplitude écologique restreinte. Les principaux ensembles le plus souvent utilisés sont les suivants: taxons arborés de forêt marécageuse, taxons arborés de terre ferme, taxons arborés de savane, taxons herbacés aquatiques, taxons herbacés de milieux humides ou marécageux, taxons herbacés de sous-bois forestier, taxons cosmopolites.

TROISIEME PARTIE

**LA PLUIE POLLINIQUE DES ASSOCIATIONS VEGETALES
ACTUELLES DU CONGO**

Introduction

Comme toute approche micropaléontologique, l'analyse palynologique des sédiments fossiles est basée sur le principe de comparaison des espèces fossiles aux espèces actuelles. L'application effective de ce principe d'actualisme suppose une bonne connaissance des espèces actuelles, en particulier de leur écologie. En cela, l'étude de la représentation pollinique de la végétation d'une région dans laquelle sont menées des études palynologiques sur des sédiments quaternaires ou plus anciens, constitue un support indispensable à l'interprétation des diagrammes fossiles.

L'utilisation de données palynologiques actuelles pour l'interprétation des spectres fossiles a été initiée aux latitudes tempérées de l'hémisphère nord par AARIO (1940). De nombreuses synthèses parmi lesquelles celles de WRHIGHT (1967), WEBB III et Mc ANDREWS (1976), DELCOURT et al. (1983) et HUNTLEY et BIRKS (1983), proposent des cartes de distribution de la pluie pollinique actuelle sur les continents américains et européens.

En Afrique, de telles études sont encore peu nombreuses et inégalement réparties sur l'ensemble du continent. La synthèse de FLENLEY (1979), bien que déjà ancienne, est à ce point révélatrice.

Les végétations montagnardes d'Afrique orientale rattachées au centre d'endémisme afromontagnard de WHITE (1983), sont celles auxquelles le plus grand nombre de travaux ont été consacrés. Ainsi, après les travaux pionniers de HEDBERG (1954) sur les Monts Ruwenzori en Ouganda, et ceux postérieurs de OSMASTON (1958), VAN ZINDEREN BAKKER (1964), COETZEE (1967), LIVINGSTONE (1967) et BONNEFILLE et RIOLLET (1988), la pluie pollinique des végétations situées au-delà

de 1500 m d'altitude commence à être assez bien connue. A basse et moyenne altitudes, en milieu de steppes, savanes et forêts claires, de telles données ont été fournies par les études menées par BONNEFILLE (1972, 1980), BONNEFILLE et VINCENS (1977), LEZINE (1981), VINCENS (1982), BONNEFILLE et al. (1987), MWORIA et al. (1988) et NAKIMERA-SSEMMANDA (1991).

En dehors de l'Afrique de l'Est, ce sont les régions phytogéographiques saharienne, sahélienne et soudano-guinéenne qui ont fait l'objet du plus grand nombre de travaux (MALEY, 1972; COUR, 1974; VAN CAMPO, 1975; COUR et DUZER, 1980; EDORH, 1986; LEZINE, 1987). Une synthèse récente donne les principales caractéristiques de la pluie pollinique dans ces régions (LEZINE et EDORH, 1991).

En ce qui concerne plus précisément les forêts denses humides de l'Afrique équatoriale, rattachées au centre d'endémisme guinéo-congolais (WHITE, 1983), quelques études ont été menées mais celles-ci restent très localisées et sont loin d'être représentatives de l'ensemble de l'écosystème. Il s'agit des travaux de AOUTIN (1967) et JOLLY (1987), respectivement sur la végétation littorale et sur les forêts de Makoukou et de Belinga au Gabon; de BRENAC (1988) au Cameroun et de MALEY et al. (1990) au Congo.

Cette analyse bibliographique montre donc que la pluie pollinique actuelle de certaines régions, a été très peu étudiée, en particulier en ce qui concerne le domaine forestier équatorial.

Nous présentons ici les résultats de la pluie pollinique de plusieurs associations végétales du Congo, depuis la forêt ombrophile du nord jusqu'à la savane littorale. Plus de 50 échantillons ont été prélevés dont 27 ce sont révélés exploitables: 3 proviennent des forêts du nord Congo, 6 des savanes Bateke, 5 des savanes du Niari, 5

de la forêt dense du Mayombe et 8 des formations végétales littorales. Les 23 autres échantillons étaient stériles ou substériles. Ils proviennent essentiellement des sites de savanes (Niari, Plateaux Bateke et littoral) et des fourrés littoraux. La localisation exacte de ces échantillons est donnée dans le tableau 8 et sur la figure 16, et les résultats sont présentés sur les figures 17, 18 et 19. La liste des taxons polliniques identifiés est donnée sur le tableau 9.

Une comparaison avec les données provenant des régions voisines (Gabon et Cameroun) permettra ultérieurement de dégager des points communs et de définir des associations polliniques qui pourront être considérées, en l'état actuel des connaissances, comme caractéristiques du massif forestier équatorial.

A. ETUDE DE LA PLUIE POLLINIQUE AU CONGO

I. La pluie pollinique des forêts

1. La forêt inondée à *Guibourtia demeusii*

Elle est représentée par les échantillons 1 et 2 (fig. 16). Les spectres polliniques sont caractérisés par la prédominance de pollen d'arbres, 85 à 90% de la somme des grains comptés (fig. 17). Les taxons régulièrement présents dans les deux spectres, avec des pourcentages significatifs, sont: *Lophira* (50-60%), *Guibourtia* (10%), *Uapaca* (5-10%), *Macaranga* (5-10%), *Elaeis guineensis* (5%), *Alchornea* et *Myrianthus* (3%) (fig. 18).

Les taxons herbacés sont très peu abondants (2%). Les spores de Ptéridophytes représentent 0,2 à 2% (fig. 19).

Tabl. 8 : Liste des échantillons de surface du Congo.

Echantillons	Latitude	Longitude	Altitude	Climat		Végétation
				P en mm	Saison sèche	
1	1° 32' N	17° 54' 54" E	250 m	> 1600 mm/an	~ 1 mois	Forêt équatoriale inondée
2	1° 33' N	17° 54' 54" E	250 m	> 1600 mm/an	~ 1 mois	Forêt équatoriale inondée
3	1° 36' N	17°	300 m	> 1600 mm/an	~ 1 mois	Forêt ombrophile
4	4° 15' S	12° 25' E	700 m	> 1800 mm/an	4-5 mois	Forêt ombrophile
5	4° 32' S	12° 08' E	400 m	> 1800 mm/an	4-5 mois	Forêt ombrophile
6	4° 17' 45" S	12° 30' 54' E	> 900 m	> 1800 mm/an	4-5 mois	Forêt ombrophile
7	4° 21' 06" S	12° 16' E	600 m	> 1800 mm/an	4-5 mois	Forêt ombrophile
8	4° 07' S	12° 22' E	700 m	> 1800 mm/an	4-5 mois	Savane incluse
9	3° 30' S	15° 21' E	700 m	1600 mm/an	3-4 mois	îlot forestier
10	3° 30' S	15° 21' E	705 m	1600 mm/an	3-4 mois	Savane herbeuse
11	3° 31' S	15° 30' 30" E	720 m	1600 mm/an	3-4 mois	Savane arbustive
12	3° 31' 30" S	15° 24' E	720 m	1600 mm/an	3-4 mois	Savane herbeuse
13	3° 31' 30" S	15° 25' E	720 m	1600 mm/an	3-4 mois	Bosquet anthropique
14	3° 32' 32" S	15° 26' 30" E	700 m	1600 mm/an	3-4 mois	Savane herbeuse
15	4° 15' S	14° 24' 30" E	400 m	1500 mm/an	4-5 mois	Savane arbustive
16	4° 30' 35" S	13° 30' 30" E	200 m	< 1400 mm/an	4-5 mois	Savane arbustive
17	4° 22' S	12° 33' 31" E	150 m	< 1200 mm/an	4-5 mois	Savane herbeuse
18	4° 16' 21" S	12° 30' 22" E	350 m	< 1400 mm/an	4-5 mois	Savane arbustive
19	4° 16' 21" S	12° 30' 10" E	380 m	< 1400 mm/an	4-5 mois	îlot forestier
20	4° 35' 01" S	11° 50' E	50 m	< 1300 mm/an	4-5 mois	Forêt littorale
21	4° 40' 40" S	11° 50' 05" E	10 m	< 1300 mm/an	4-5 mois	Forêt littorale
22	4° 40' 06" S	11° 50' 02" E	10 m	< 1300 mm/an	4-5 mois	Forêt littorale
23	4° 40' 03" S	11° 50' 02" E	20 m	< 1300 mm/an	4-5 mois	Forêt littorale
24	4° 40' 04" S	11° 50' 01" E	30 m	< 1300 mm/an	4-5 mois	Savane
25	4° 35' 04" S	11° 45' 02" E	< 5 m	< 1300 mm/an	4-5 mois	Savane
26	4° 40' 03" S	11° 50' 02" E	30 m	< 1300 mm/an	4-5 mois	Savane
27	4° 35' 01" S	11° 50' 01" E	130 m	< 1300 mm/an	4-5 mois	Savane

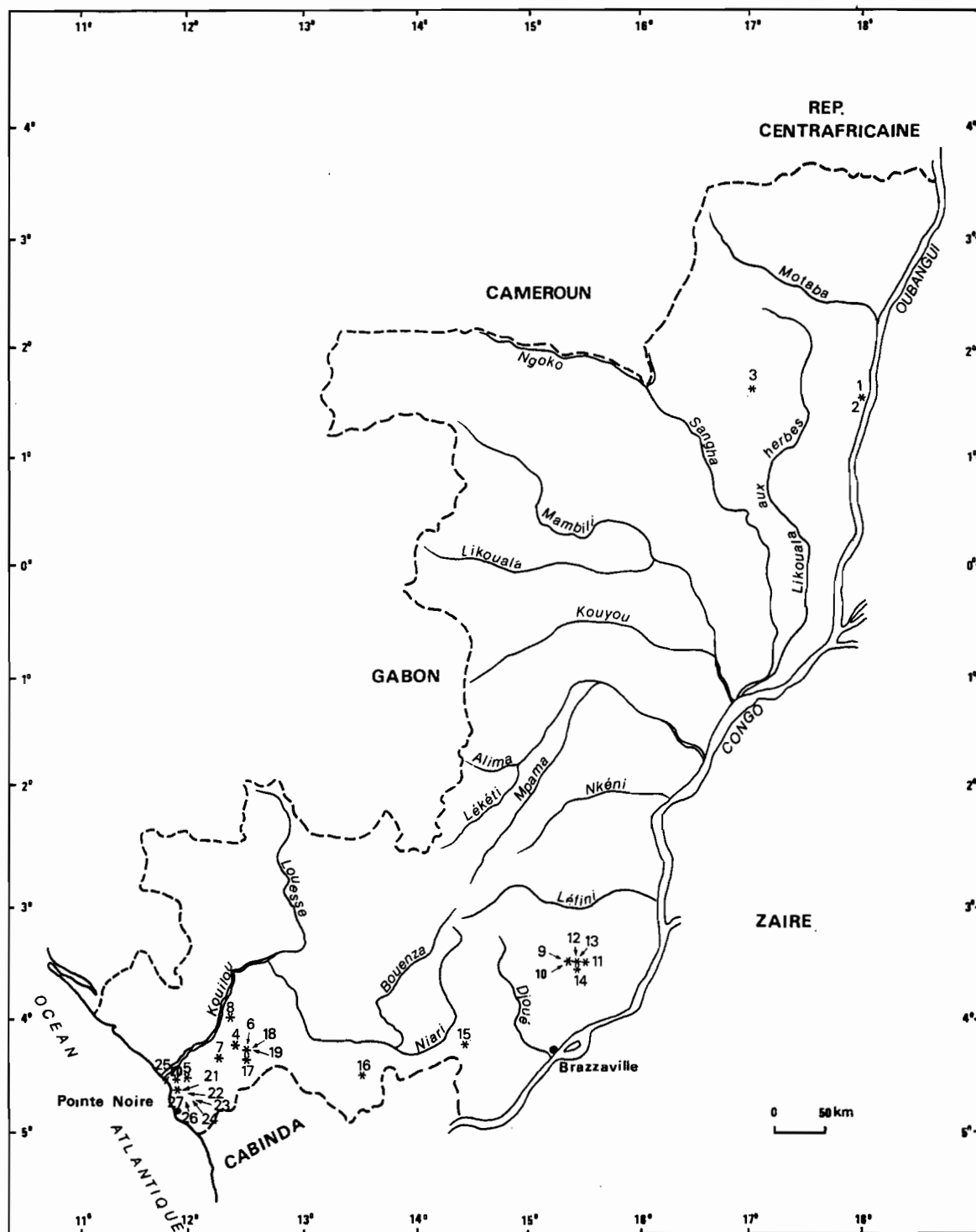


Fig. 16 : Localisation des échantillons de surface

Tabl. 9: Liste des taxons polliniques identifiés dans les échantillons de sols actuels du Congo

Taxons arborescents

AGAVACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>steudneri</i> *
ANACARDIACEAE		
ANACARDIACEAE	<i>Lannea</i> *	
ANNONACEAE		
ARALIACEAE	<i>Polyscias</i>	<i>fulva</i> *
ARALIACEAE	<i>Schefflera</i>	<i>myriantha</i> *
CAESALPINIOIDEAE	<i>Crudia</i> *	<i>gabonensis</i>
CAESALPINIOIDEAE	<i>Guibourtia</i>	<i>demeusii</i> *
CAESALPINIOIDEAE	<i>Hymenostegia</i> *	<i>pellegrini</i>
CELASTRACEAE/HIPPOCR		
COMBRETACEAE/MELASTOMAT		
COMBRETACEAE		
COMPOSITAE	<i>Vernonieae</i>	
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Antidesma</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Bridelia</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Erythrococca</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Mallotus</i> *	<i>oppositifolius</i>
EUPHORBIACEAE	<i>Phyllanthus</i> *	<i>niruri</i>
EUPHORBIACEAE	<i>Plagiostyles</i>	<i>africana</i>
EUPHORBIACEAE	<i>Tetrorchidium</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Uapaca</i>	
GUTTIFERAE	<i>Harungana</i>	
GUTTIFERAE	<i>Hypericum</i>	
GUTTIFERAE	<i>Pentadesma</i>	<i>butyracea</i>
GUTTIFERAE	<i>Psorospermum</i>	<i>febrifugum</i> *
GUTTIFERAE	<i>Symphonia</i>	<i>globulifera</i>
HYMENOCARDIACEAE	<i>Hymenocardia</i>	
IRVINGIACEAE	<i>Irvingia</i> *	<i>gabonensis</i>
LOGANIACEAE	<i>Anthocleista</i>	
LECYTHIDACEAE	<i>Petersianthus</i>	<i>macrocarpus</i>
MELIACEAE	<i>Trichilia</i> *	<i>emetica</i>
MIMOSOIDEAE	<i>Acacia</i>	<i>groupe i</i>
MIMOSOIDEAE	<i>Acacia</i>	<i>groupe iii</i>
MIMOSOIDEAE	<i>Calpocalyx</i> *	<i>letestui</i>
MIMOSOIDEAE	<i>Pentaclethra</i>	<i>macrophylla</i> *
MIMOSOIDEAE	<i>Pentaclethra</i> *	<i>eetveldeana</i>
MORACEAE		
MORACEAE	<i>Ficus</i>	
MORACEAE	<i>Myrianthus</i> *	<i>holstii</i>
MYRISTICACEAE	<i>Pycnanthus</i>	
MYRTACEAE		
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus</i>	
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i> *	
OCHNACEAE	<i>Campylospermum</i>	
OCHNACEAE	<i>Lophira</i>	
PALMAE	<i>Borassus</i> *	
PALMAE	<i>Elaeis</i>	<i>guineensis</i>
PALMAE	<i>Phoenix</i>	<i>reclinata</i>
PAPILIONOIDEAE	<i>Aeschynomene</i> *	<i>baumii</i>
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus</i>	
RHIZOPHORACEAE	<i>Rhizophora</i>	
ROSACEAE	<i>Parinari</i> *	
RUBIACEAE	<i>Gardenia</i> *	<i>ternifolia-jovis-tonantis</i>
RUBIACEAE	<i>Hallea</i> *	<i>rubrostipulata</i>
RUBIACEAE	<i>Pausinystalia</i> *	<i>macroceras</i>
RUBIACEAE	<i>Hymenodictyon</i> *	<i>floribundum</i>

Tabl. 9 (suite)

RUTACEAE	<i>Teclea*</i>	
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum*</i>	<i>usambarense</i>
SAPINDACEAE		
SAPINDACEAE	<i>Allophylus</i>	
SAPINDACEAE	<i>Ganophyllum</i>	<i>africanum*</i>
SAPINDACEAE	<i>Pancovia</i>	
SAPOTACEAE		
ULMACEAE	<i>Celtis</i>	
ULMACEAE	<i>Trema*</i>	<i>orientalis</i>

Taxons herbacés

AMARANTHACEAE/CHENOP		
ASCLEPIADACEAE	<i>Tacazzea*</i>	<i>apiculata</i>
BEGONIACEAE	<i>Begonia</i>	
CAESALPINIOIDEAE		
COMMELINACEAE	<i>Commelina*</i>	<i>forskalaiei</i>
COMPOSITAE	<i>Liguliflorae</i>	
COMPOSITAE	<i>Tubuliflorae</i>	
CYPERACEAE		
ERIOCAULACEAE		
EUPHORBIACEAE	<i>Cyathogyne*</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Margaritaria*</i>	<i>discoidea</i>
EUPHORBIACEAE	<i>Sapium*</i>	<i>ellipticum</i>
GRAMINEAE		
HALORAGACEAE	<i>Laurembergia</i>	<i>tetrandra</i>
MIMOSIOIDEAE	<i>Mimosa*</i>	<i>pigra</i>
NYCTAGINACEAE		
NYMPHAEACEAE	<i>Nymphaea</i>	<i>lotus*</i>
OCHNACEAE	<i>Sauvagesia</i>	
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago</i>	<i>lanceolata</i>
POLYGONACEAE	<i>Polygonum</i>	<i>senegalense*</i>
RHAMNACEAE		
RUBIACEAE	<i>Aidia*</i>	<i>micrantha</i>
RUBIACEAE	<i>Spermacoce*</i>	
RUBIACEAE	<i>Stipularia</i>	<i>africana</i>
RUTACEAE		
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	
TILIACEAE		
TYPHACEAE	<i>Typha</i>	
URTICACEAE		
VITACEAE		
XYRIDACEAE	<i>Xyris</i>	

Spores de Ptéridophytes

_BRYOPHYTA	Anthocerotaceae	
_PTERIDOPHYTA	Cyatheaceae	<i>Cyathea* manniana</i>
_PTERIDOPHYTA	Monoletes	
_PTERIDOPHYTA	Schizeaceae	<i>Lygodium microphyllum</i>
_PTERIDOPHYTA	Triletes	

Lianes

APOCYNACEAE	<i>Landolphia*</i>	
DILLENIACEAE	<i>Tetracera</i>	
ICACINACEAE	<i>Iodes</i>	
ICACINACEAE	<i>Raphiostylis</i>	
MENISPERMACEAE	<i>Tiliacora*</i>	<i>funifera</i>
MIMOSIOIDEAE	<i>Entada*</i>	
OLACACEAE	<i>Anacolosa</i>	<i>uncifera</i>
PAPILIONOIDEAE	<i>Vigna*</i>	<i>luteola</i>
PHYTOLACCACEAE	<i>Phytolacca</i>	
RUBIACEAE	<i>Uncaria*</i>	<i>africana</i>
RUBIACEAE	<i>Canthium</i>	

Epiphytes

LORANTHACEAE

Indifférenciés

APOCYNACEAE		
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	
MENISPERMACEAE		
MONOCOTYLEDONEAE		

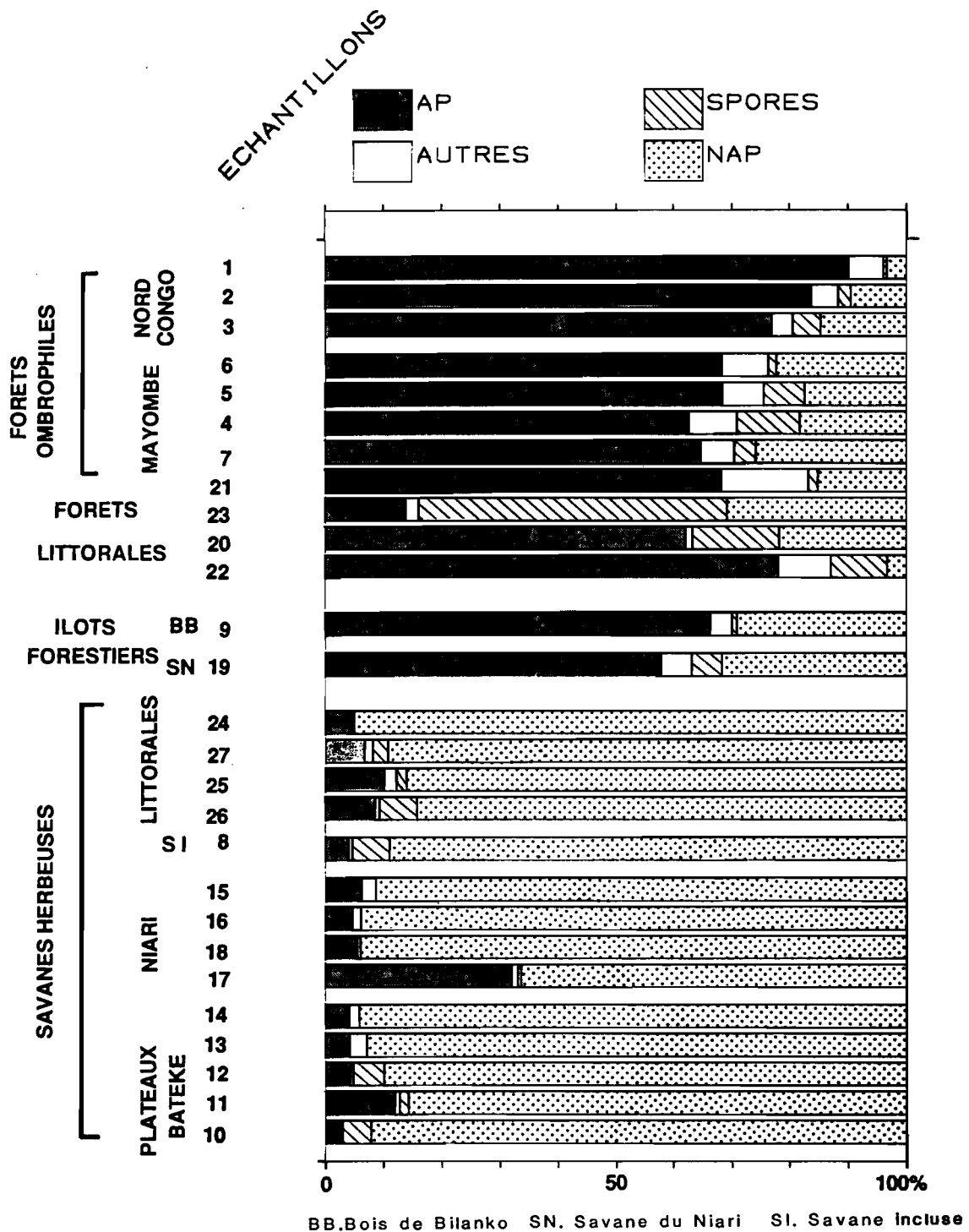


Fig. 17 : Pluie pollinique actuelle au Congo. Diagramme synthétique de physionomie.

(% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollens comptés, indéterminables exclus).

2. La forêt dense sempervirente à *Lophira alata*

Elle est représentée par l'échantillon 3 (fig. 16). Dans ce spectre, le pourcentage de pollen d'arbres atteint 75% (fig. 17). Les taxons les mieux représentés sont: *Uapaca* (15%), *Alchornea* (15%), *Macaranga* (10%), *Combretaceae* (10%), *Lophira* (10%) et *Elaeis guineensis* (5%). Les autres taxons arborés ont des pourcentages voisins de 1 (fig. 18).

Les grains de pollen de *Gramineae* (2%), sont les mieux représentés parmi les herbacées. Les spores de Ptéridophytes sont présentes avec 5% (fig. 19).

3. La forêt dense ombrophile du Mayombe

Ce massif forestier du Mayombe est représenté par les échantillons 4, 5, 6 et 7 (fig. 16).

Dans l'échantillon 4, les *Moraceae* dominent avec plus de 20% de la somme pollinique totale. Ce taxon est associé à *Syzygium* (10%), *Alchornea* (5%), *Macaranga* (3%), *Irvingia* (3%), *Uapaca* (3%) et en pourcentages plus faibles à *Plagiostyles*, *Elaeis guineensis* et *Parinari* (fig. 18). Parmi les herbacées ce sont les *Gramineae* (5%) et les *Urticaceae* (5%) qui sont les plus abondantes. Les spores de Ptéridophytes représentent 11% (fig. 19).

Dans le spectre de l'échantillon 5, les grains de pollen de *Irvingia* dominent avec 39% de la somme pollinique totale. Ils sont associés à des grains de *Moraceae* (10%) et en pourcentages plus faibles (1 à 3%) à *Macaranga*, *Alchornea*, *Plagiostyles*, *Uapaca* et *Elaeis guineensis* (fig. 18). Les herbacées sont surtout représentées par des *Urticaceae* (5%) et des *Gramineae* (0,5%). Les spores de Ptéridophytes sont présentes avec 7% (fig. 19).

Le spectre pollinique de l'échantillon 6 est dominé par *Plagiostyles* (21%), *Syzygium* (6%), *Moraceae* (5%), puis, en pourcentages de 1 à 3%: *Macaranga*, *Uapaca*, *Lophira*, *Symphonia globulifera*, *Alchornea* et *Elaeis guineensis* (fig. 18). Les *Urticaceae* et les *Gramineae* (2 à 3%) sont les herbacées les mieux représentées. Les spores de Ptéridophytes sont présentes avec 2% environ (fig. 19).

Enfin, dans le spectre pollinique de l'échantillon 7, *Irvingia*, avec 16% de la somme pollinique totale, est le taxon dominant. Il est associé à *Apocynaceae* (10%), *Myrianthus* (10%), *Elaeis guineensis* (8%), *Pycnanthus* type *angolensis* (4%), *Alchornea* (2%), et *Tetrorchidium* (2%) (fig. 18). Les herbacées sont assez bien représentées avec essentiellement des *Urticaceae* (12,5%) et des *Gramineae* (5%). Les spores de Ptéridophytes atteignent 4% (fig. 19).

Dans l'ensemble des échantillons de la forêt du Mayombe, les taxons arborés représentent entre 60 et 70% de la somme des spores et grains de pollen comptés (fig. 17).

4. Les forêts littorales

Elles sont représentées par les échantillons 20, 21, 22 et 23 (fig. 16). Les spectres polliniques de ces échantillons sont caractérisés par des pourcentages de pollen d'arbres compris entre 60 et 70% de la somme pollinique totale (fig. 17). Parmi ces taxons, ceux régulièrement présents avec des pourcentages relativement élevés sont: *Alchornea* (1,5-15%), *Macaranga* (0-4,5%), *Symphonia globulifera* (0,6-7%), *Pycnanthus* (0-23%) et *Syzygium* (2-3%) (fig. 18). L'échantillon 23 constitue une particularité. Son spectre pollinique est dominé par des spores de Ptéridophytes avec plus de 50% de la somme pollinique [spores monolètes (48%), trilètes (3%), *Lygodium*

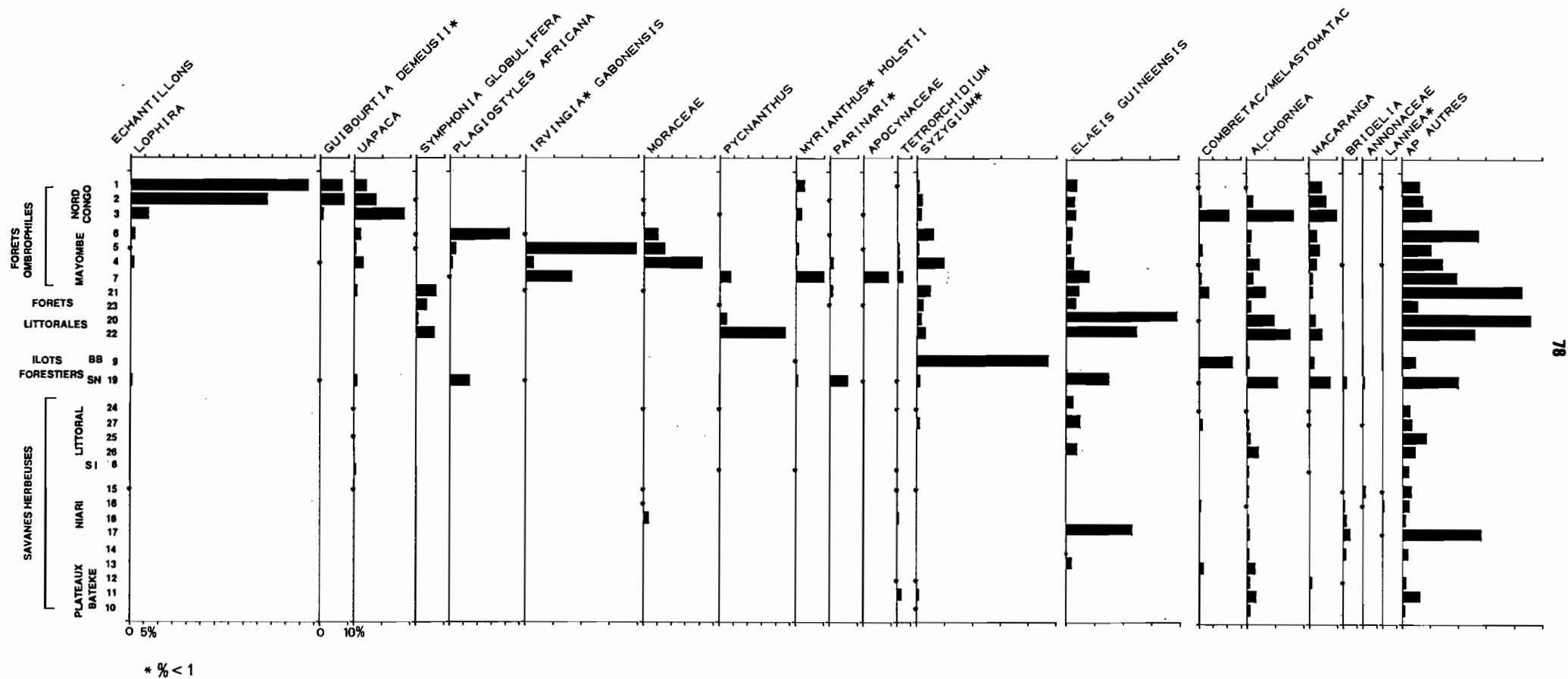


Fig. 18 : Pluie pollinique actuelle au Congo. Diagramme des principaux taxons arborescents

(% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

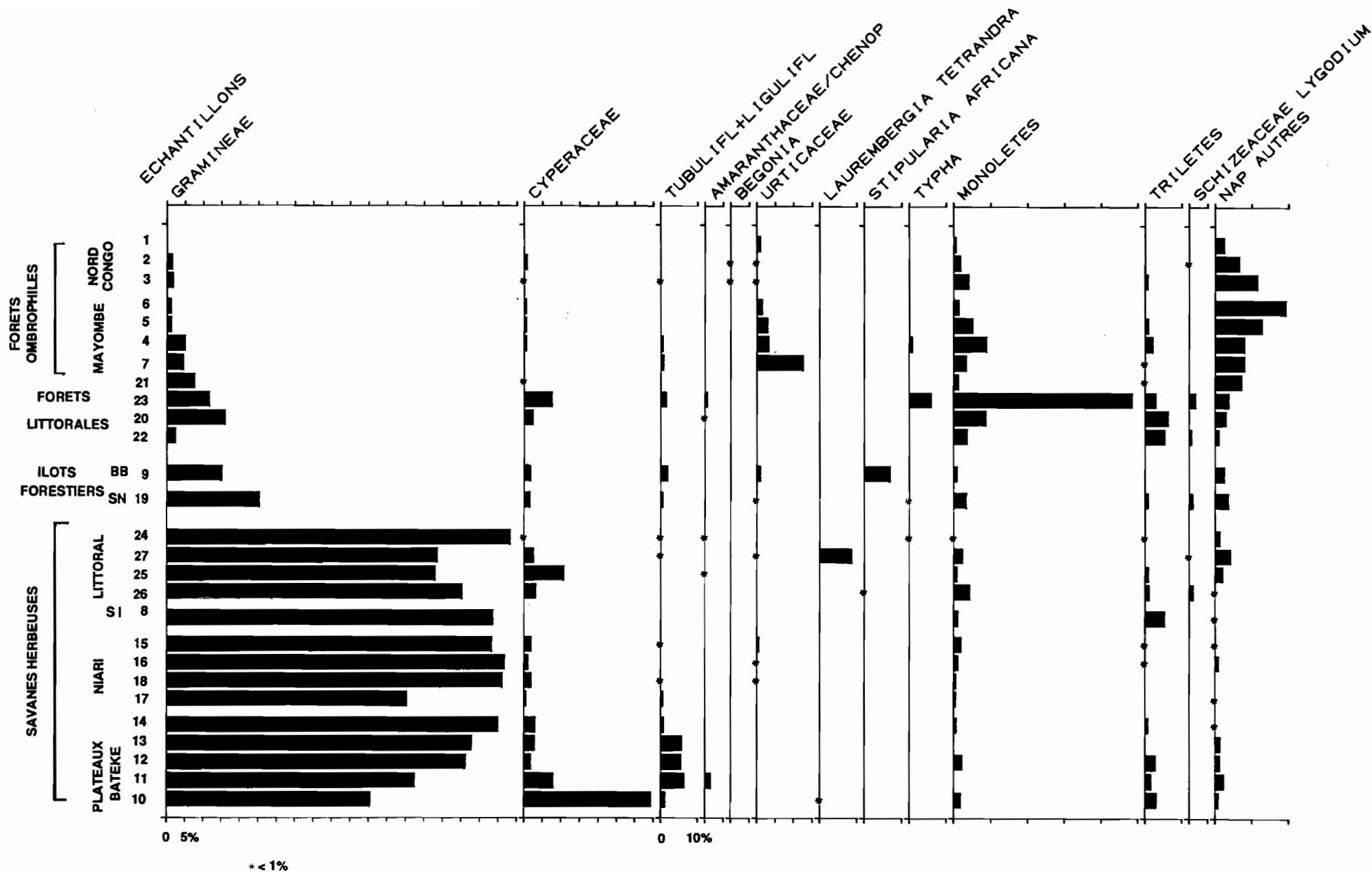


Fig. 19 : Pluie pollinique actuelle au Congo. Diagramme des principaux taxons herbacés

(% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

microphyllum (2%]]. Viennent ensuite les Gramineae (12%), Cyperaceae (7,5%) et *Typha* (6%) (fig. 19). Les spores et les taxons herbacés constituent plus de 80% de la somme pollinique totale. Enfin, il faut noter la bonne représentation du pollen d'*Elaeis guineensis* dans l'ensemble des spectres (2-38%).

II. La pluie pollinique des savanes

1. Les savanes à *Hymenocardia acida* des Plateaux Bateke

Cinq échantillons de ces savanes, prélevés suivant un transect est-ouest de 10 km environ, de part et d'autre de la forêt du Bois de Bilanko ont été analysés; ce sont les échantillons 10 à 14 (fig. 16).

Les spectres polliniques sont marqués par la prédominance des Gramineae avec 60 à 90% de la somme pollinique totale (fig. 17). Les pourcentages polliniques des arbres restent très faibles (1 à 2%), mais certains marqueurs de la végétation tels que *Bridelia* sont présents (fig. 18).

Dans le spectre de l'échantillon 10 (fig. 19), prélevé à 200m en bordure du Bois de Bilanko, la nature hydromorphe du sol est traduite par la présence d'éléments de sols marécageux tels que des Cyperaceae (34%), Eriocaulaceae et *Laurembergia*.

2. La savane "incluse" du Mayombe

Elle est représentée par l'échantillon 8 (fig. 16). Le spectre pollinique est caractérisé par la prédominance des Gramineae (85%) associées à des spores de Ptéridophytes (6%) (fig. 17 et 19). Le pollen des arbres représente moins de 5% de la somme pollinique totale avec *Uapaca*, *Pycnanthus* type *angolensis*, *Tetrorchidium* ... Leur présence est en relation avec la proximité du massif forestier.

3. La savane à *Annona senegalensis* du Niari

La savane du Niari est représentée par quatre échantillons (15 à 18) prélevés suivant un transect est-ouest, entre Mindouli et Loubomo (fig. 16).

Les spectres polliniques sont dominés par les Gramineae qui représentent environ 95% de la somme pollinique totale (fig. 17), sauf dans l'échantillon 17 dans lequel *Elaeis guineensis* atteint 20% (fig. 18). Elles sont associées à des Cyperaceae en pourcentages compris entre 1 et 5%.

Les arbres sont diversement représentés suivant la densité du couvert arboré ou la proximité d'un îlot forestier. Sur la base des données botaniques de KOEHLIN (1961), deux groupes de taxons arborés peuvent être distingués: les taxons arborés faisant partie de la strate arbustive des savanes tels que: *Bridelia*, *Annona senegalensis*, *Acacia* et *Lannea* en pourcentages de 0 à 2%; et les taxons arborés issus des îlots forestiers, tels que: *Alchornea*, *Moraceae* et *Tetrarhynchium* en pourcentages de 0 à 0,1%.

4. La savane littorale

Elle est représentée par les échantillons 24 à 27 (fig. 16). Les spectres de ces échantillons se caractérisent par des pourcentages élevés de grains de pollen de Gramineae (73 à 93%) (fig. 17). S'y rencontrent également, des Cyperaceae (2-10%), Compositae (0-0,2%) et Amaranthaceae (0-0,3%); puis, en relation avec les conditions édaphiques des sites de prélèvement, *Typha*.

La strate arborée est très peu représentée (fig. 18). Dans tous les spectres, *Elaeis guineensis* est bien représenté (0,3-5,5%).

III. La pluie pollinique des îlots forestiers

1. Ilôt forestier des Plateaux Bateke

L'échantillon 9 a été prélevé dans la forêt hydromorphe du Bois de Bilanko (fig. 16). Son spectre pollinique est dominé par les grains de pollen de *Syzygium* (47%), associés à ceux de Combretaceae (12%), *Alchornea* et *Macaranga* (1%) (fig. 18). L'ensemble des taxons arborés constitue 65% de la somme pollinique totale (fig. 17). Parmi les herbacées, les Gramineae (15%), *Stipularia africana* (6%) et les Cyperaceae (2%) sont les mieux représentées (fig. 19).

2. Ilôt forestier du Niari

Il est représenté par l'échantillon 19 (fig. 16). Le spectre pollinique est dominé par des Gramineae, avec 25% de la somme pollinique totale (fig. 19). Les autres herbacées rencontrées sont des Cyperaceae, des Compositae et *Sauvagesia erecta*, en pourcentages compris entre 0 et 1%. Les spores de Ptéridophytes sont présentes avec 5%. Parmi les taxons arborés, les mieux représentés sont: *Elaeis guineensis* (13%), *Alchornea* (11%), *Macaranga* (8%), *Parinari* (7%), *Plagiostyles*, *Myrianthus*, *Bridelia* et *Annona* (fig. 18).

B. INTERPRETATION DES RESULTATS

I. Physionomie de la végétation

Dans les spectres polliniques, la physionomie de la végétation est définie par le rapport des pourcentages relatifs des taxons arborés (AP) sur ceux des taxons herbacés (NAP). Les résultats sont présentés sur la figure 17. Cette figure montre que les spectres des

forêts ombrophiles du nord Congo sont caractérisés des pourcentages polliniques d'arbres compris entre 80 et 95%. Dans la forêt ombrophile du Mayombe, ces valeurs sont de 60 à 80% en raison d'une meilleure représentation de la strate herbacée, en particulier des Gramineae. Les spectres de savanes se caractérisent toujours par de forts pourcentages polliniques des herbacées (90-95%) dont 80% en moyenne de Gramineae. La strate arborée des savanes, bien que présente, est très peu représentée dans les spectres polliniques. Enfin, dans les spectres des îlots forestiers, les pollens d'arbres varient entre 50 et 60% alors que la strate herbacée, surtout dominée par les Gramineae atteint 30 à 40%.

En attendant de confirmer ces résultats par l'étude d'un nombre plus important d'échantillons, il apparaît possible de distinguer clairement les spectres de forêts denses de ceux des îlots forestiers et des savanes, et donc, de caractériser par leur pluie pollinique les principaux types phytionomiques des végétations ici étudiées.

II. Les associations de taxons marqueurs

La définition d'associations de taxons polliniques marqueurs est difficile en raison des limites d'identification des grains de pollen qui n'atteint que très rarement le niveau spécifique. Nous nous baserons pour cela sur les données botaniques de MAKANY (1964, 1976) et de DESCOINGS (1975) qui fournissent des relevés floristiques des différentes associations végétales des régions étudiées. Toutefois, ces associations de taxons polliniques marqueurs sont susceptibles d'être ultérieurement complétées ou modifiées, à mesure que les recherches botaniques et palynologiques apporteront des indications plus précises sur chaque écosystème et sur chaque espèce.

1. Marqueurs polliniques des forêts du nord Congo

La composition floristique des forêts du nord Congo est en partie connue grâce aux travaux de ROLLET (1963); EVRARD (1968) et DESCOINGS (1969, 1975). Parmi les éléments suivants, sont considérés comme étant les plus caractéristiques de ces forêts: *Uapaca heudelotii*, *Guibourtia demeusii*, *Chrysophyllum*, *Alstonia*, *Manilkara*, *Lophira lanceolata*, *Pycnanthus angolensis*, *Coelocaryon*, *Gilbertiodendron dewevrei*, *Triplochiton scleroxylon*...

En se basant sur ces données botaniques, l'association pollinique *Lophira*, *Guibourtia* et *Uapaca*, rencontrée régulièrement dans tous les échantillons actuels, avec des pourcentages significatifs (5 à 50%) peut être retenue comme caractéristique des forêts du nord Congo. Cette association s'accompagne occasionnellement de taxons tels que *Begonia* et/ou *Tiliacora* qui sont des herbacées ou des lianes caractéristiques de sous-bois de forestiers (DESCOINGS, 1969). Il est difficile cependant, en l'état actuel des connaissances, de distinguer microfloristiquement de façon rigoureuse un spectre de forêt marécageuse de celui de forêt de terre ferme.

2. Marqueurs polliniques de la forêt du Mayombe

Une comparaison entre les spectres polliniques et la flore du Mayombe, dont une synthèse bibliographique est proposée par CUSSET (1987), montre que parmi les genres répertoriés comme caractéristiques, le pollen de certains d'entre-eux a été rencontré régulièrement et en pourcentages significatifs. Il s'agit de: *Irvingia*, *Plagiostyles*, *Pycnanthus* type *angolensis*, *Uapaca*, *Moraceae*, *Macaranga*... L'association pollinique *Irvingia-Plagiostyles* rencontrée exclusivement dans ces échantillons a été retenue comme

caractéristique des spectres polliniques de la forêt du Mayombe. Le cortège floristique qui accompagne ces principaux taxons varie suivant les faciès. Les Urticaceae, présentes dans tous les spectres, pourraient être retenues comme marqueurs de sous-bois.

Dans tous les spectres des forêts du Congo (forêt du nord Congo et forêt du Mayombe), *Celtis* a été rencontré parfois avec des pourcentages polliniques importants. Ceci est à mettre en relation avec le caractère plus ou moins caducifolié de ces massifs forestiers tels que décrits par les botanistes (WHITE, 1983).

De même, l'abondance de grains de pollen d'éléments pionniers colonisateurs tels que: *Alchornea* et *Macaranga* met clairement en évidence l'existence de chablis (anthropiques ou naturels) à l'intérieur du manteau forestier.

3. Les marqueurs des forêts littorales

Dans l'ensemble des échantillons, la composition pollinique des spectres des forêts littorales est assez homogène malgré l'aspect plus ou moins secondarisé de certains sites. Les taxons régulièrement présents sont: *Pycnanthus* type *angolensis*, *Symphonia globulifera*, *Alchornea*, *Rhizophora* et *Phoenix reclinata*, ces deux derniers ayant été rencontrés exclusivement dans les spectres littoraux. Si l'on se rapporte aux données botaniques de MAKANY (1964), l'association pollinique *Rhizophora* et *Phoenix reclinata* peut être retenue comme caractéristique des forêts littorales congolaises. Les conditions édaphiques humides ou hydromorphes des sites sont soulignées par la présence de *Symphonia globulifera*, *Typha* et *Polygonum*. L'abondance des spores de Ptéridophytes dans l'échantillon 23, par rapport aux autres échantillons de forêt, serait à mettre en relation avec l'état dégradé de la végétation sur ce site, sans doute

sous l'effet de l'action anthropique.

4. Cas particuliers des îlots forestiers

Les spectres polliniques des îlots forestiers montrent un mélange de grains de pollen d'arbres issus des savanes et des massifs forestiers environnants. Il apparaît très difficile pour cela de faire ressortir une association caractéristique de ce type de végétation. Le spectre de l'îlot du Bois de Bilanko traduit le caractère hydromorphe du site de prélèvement par l'abondance de grains de pollen de *Syzygium*. Dans celui de l'îlot de la savane du Niari, la présence de taxons arborés de forêt tels que: *Guibourtia* et *Uapaca*, témoignerait de l'origine de ces îlots à partir du massif forestier du Mayombe voisin. D'autre part, la présence de grains de pollen d'arbres et arbustes de savane tels que: *Hymenocardia acida* et *Annona senegalensis*, associés à ceux d'arbres de forêt pourrait traduire la progression de la forêt sur la savane. La présence de pieds d'*Hymenocardia acida* complètement asphyxiés dans le sous-bois de l'îlot forestier témoignerait en faveur de cette hypothèse.

En attendant d'obtenir d'autres spectres polliniques dans les îlots forestiers, ceux présentés au cours de ce travail doivent, pour le moment, être considérés comme spécifiques, dans leur composition, de chaque îlot échantillonné.

5. Marqueurs de savanes

D'après les travaux botaniques de KOECHLIN (1961), DESCOINGS (1969) et de MAKANY (1976), *Bridelia ferruginea*, *Hymenocardia acida*, *Nauclea latifolia*, *Vitex madiensis* et *Annona senegalensis* constituent les principaux éléments de la strate arborée. Des grains de pollen de *Bridelia*, *Hymenocardia* et *Annona* ont été identifiés dans nos spectres. Ces taxons peuvent donc être retenus comme marqueurs

polliniques des savanes arbustives congolaises. Ils sont toujours associés à des Gramineae, fort pollinisateur et dominant la strate herbacée.

Le spectre pollinique de la savane du Mayombe (échantillon 8) constitue un cas particulier par rapport aux autres savanes, en particulier en ce qui concerne la composition pollinique de la strate arborée. En effet, provenant d'une savane "incluse", ce spectre se caractérise par la présence de taxons arborés issus des massifs forestiers environnants, et par conséquent, différents de ceux des autres savanes.

6. Les marqueurs anthropiques

La présence de l'homme est signalée dans les spectres par le pollen d'*Elaeis guineensis*. Ce taxon se rencontre toujours en abondance dans les échantillons prélevés au voisinage d'anciens villages.

7. Les taxons pionniers

Ce sont: *Alchornea*, *Macaranga* et vraisemblablement certaines Moraceae. Ces taxons se rencontrent aussi bien dans les spectres de savanes que de forêts. Ils pourraient traduire l'existence d'un environnement forestier, mais toujours dans les stades secondaires de dégradation ou de reconquête forestière.

III. Les taxons cosmopolites

Il s'agit de grains de pollen produits par des plantes à large répartition géographique et large spectre écologique qui ont été rencontrés dans la majorité des échantillons. Ce sont:

1. Les Gramineae

Leurs grains de pollen se rencontrent aussi bien en forêts qu'en savanes, mais les plus forts pourcentages sont toujours caractéristiques de milieux ouverts de type savane.

2. Cyperaceae

Elles ont été rencontrées tant dans les échantillons de savanes que de forêts mais leurs plus forts pourcentages polliniques ont été surtout enregistrés en milieux marécageux (échantillons 10, 25 et 23). Ceci est parfaitement en accord avec l'écologie de la plupart des genres et espèces de cette famille.

3. Les spores de Ptéridophytes

Elles ont une distribution très large mais leurs pourcentages polliniques maxima sont enregistrés en milieux hygrophiles secondarisés et ombragés. Ceci est particulièrement net dans l'échantillon 23. Elles pourraient donc être actuellement de bons indicateurs de milieux humides dégradés.

IV. Le transport pollinique

Les échantillons des Plateaux Bateke ont été prélevés suivant un court transect forêt-savane dans le but d'évaluer le transport de pollen d'une association végétale à l'autre, en l'occurrence de la forêt vers la savane et vice versa. La flore et la végétation de cette région ayant fait l'objet de nombreux travaux, les éléments caractéristiques de chaque formation végétale sont assez bien connus. Ceci permet d'avancer l'hypothèse d'un transport lorsque certains

taxons sont rencontrés en dehors de leur milieu de production.

Les résultats montrent que dans leur ensemble, les spectres polliniques sont composés par des grains de pollen issus de plantes locales. Ceci est particulièrement mis en évidence dans l'échantillon 10 (fig. 16) prélevé en savane, à 200 m seulement de la forêt du Bois de Bilanko, où *Syzygium* est l'élément dominant (fig. 18). Dans cet îlot forestier (éch.9), ce taxon représente 47% de la somme pollinique totale. Dans l'échantillon voisin (éch. 10), en savane, il ne représente plus que 2%. Ceci montre que cet arbre est un bon pollinisateur local mais que son pollen est très peu dispersé, même à courtes distances. De même, les pollens des autres arbres présents dans l'échantillon de l'îlot forestier (échantillon 9, fig. 18) sont pratiquement absents de l'échantillon de la savane (10). Bien que très localisés, ces résultats montrent que le transport pollinique sur de courtes et moyennes distances est très faible et que les spectres polliniques obtenus à partir de l'analyse d'échantillons de sols traduisent l'environnement immédiat dans lequel les prélèvements ont été effectués.

De plus, il est à signaler qu'aucun pollen ayant subi un transport lointain (supérieur à 100 km) et n'appartenant pas à la flore des régions étudiées n'a été repéré dans tous nos échantillons actuels.

C. TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES

Cette interprétation empirique des données a permis de caractériser chaque type de végétation par une association de taxons marqueurs, donc d'établir une relation pollen-végétation. Elle a montré également que la composition des spectres polliniques

traduisait assez bien la physionomie de la végétation des sites de prélèvement. Dans une deuxième étape, nous avons appliqué un traitement statistique à nos données pour voir si ces interprétations empiriques pouvaient être vérifiées statistiquement. Pour cela, une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été réalisée.

Ce type d'analyse permet de classer une base de données en nuages de points dans un espace vectoriel de dimension élevée. Nous ne discuterons pas, dans le cadre de ce travail, des principes fondamentaux de la méthode pour lesquels il existe une bibliographie abondante (BENZECRI et BENZECRI, 1980; FENELON, 1981; LEBART *et al.*, 1982).

Les résultats sont présentés sur les figures 20 et 21.

- Les pourcentages d'inertie définissent l'importance relative de chaque axe. Ainsi, les axes 1 (pourcentage d'inertie 20,18) et 2 (pourcentage d'inertie 15,57) sont ceux contenant le maximum d'information;
- Les contributions absolues représentent le poids ou l'influence de chaque individu (échantillon) ou variable (taxon) dans la variance du facteur défini par les axes;
- Pour chaque axe, les variables retenues se divisent en deux groupes: celui dont les coordonnées sont positives et celui dont les coordonnées sont négatives. Ces deux groupes sont en opposition par rapport à l'axe.

Sur la figure 20 qui représente les échantillons, l'axe 1 est défini dans son pôle positif par les échantillons de savanes, et dans son pôle négatif par les échantillons de forêts denses. Entre les deux pôles, se trouvent les échantillons des flots forestiers et des forêts littorales. Nous avons interprété cette distribution comme indiquant le degré d'ouverture de la végétation. Cet axe représente

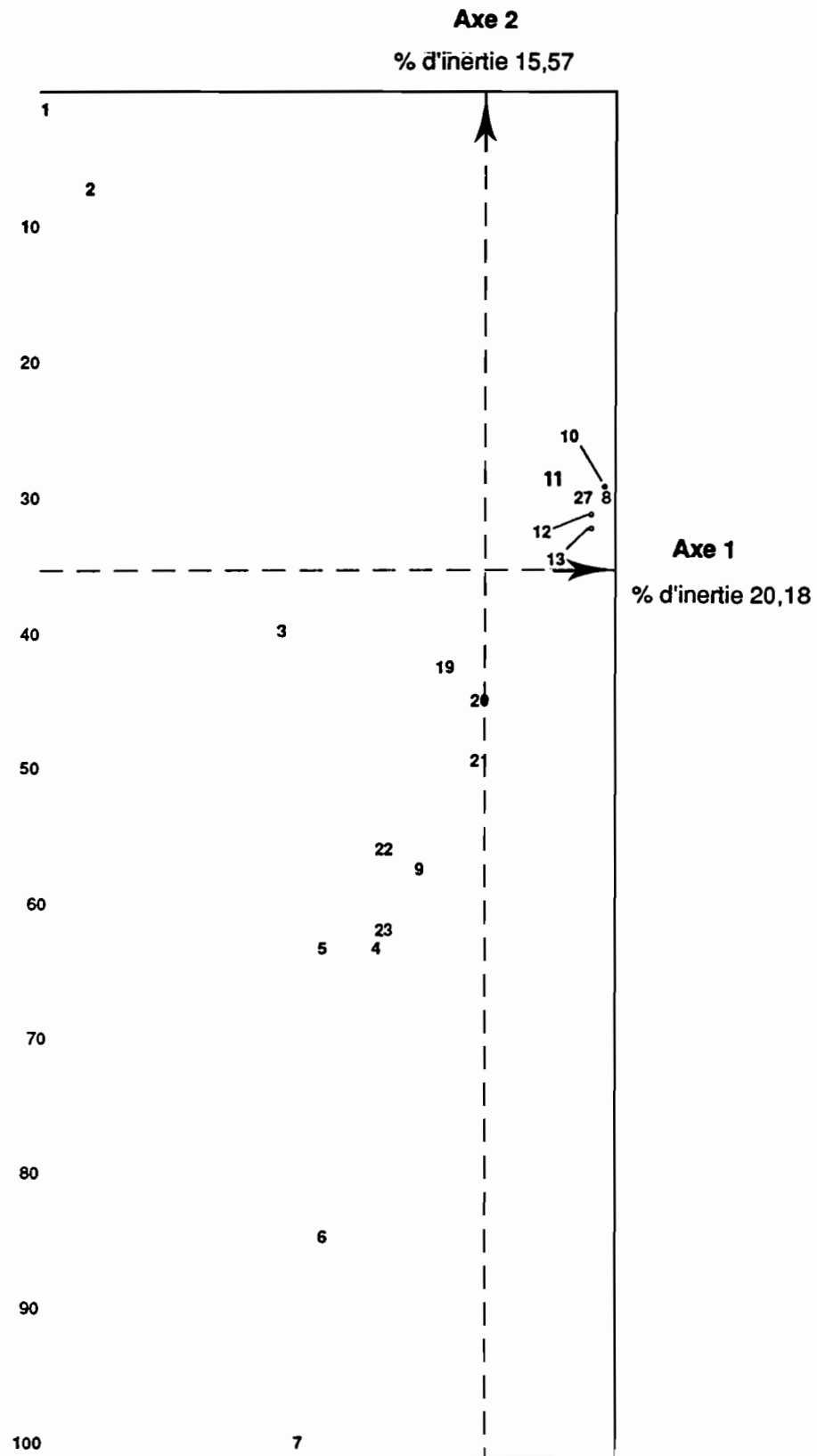
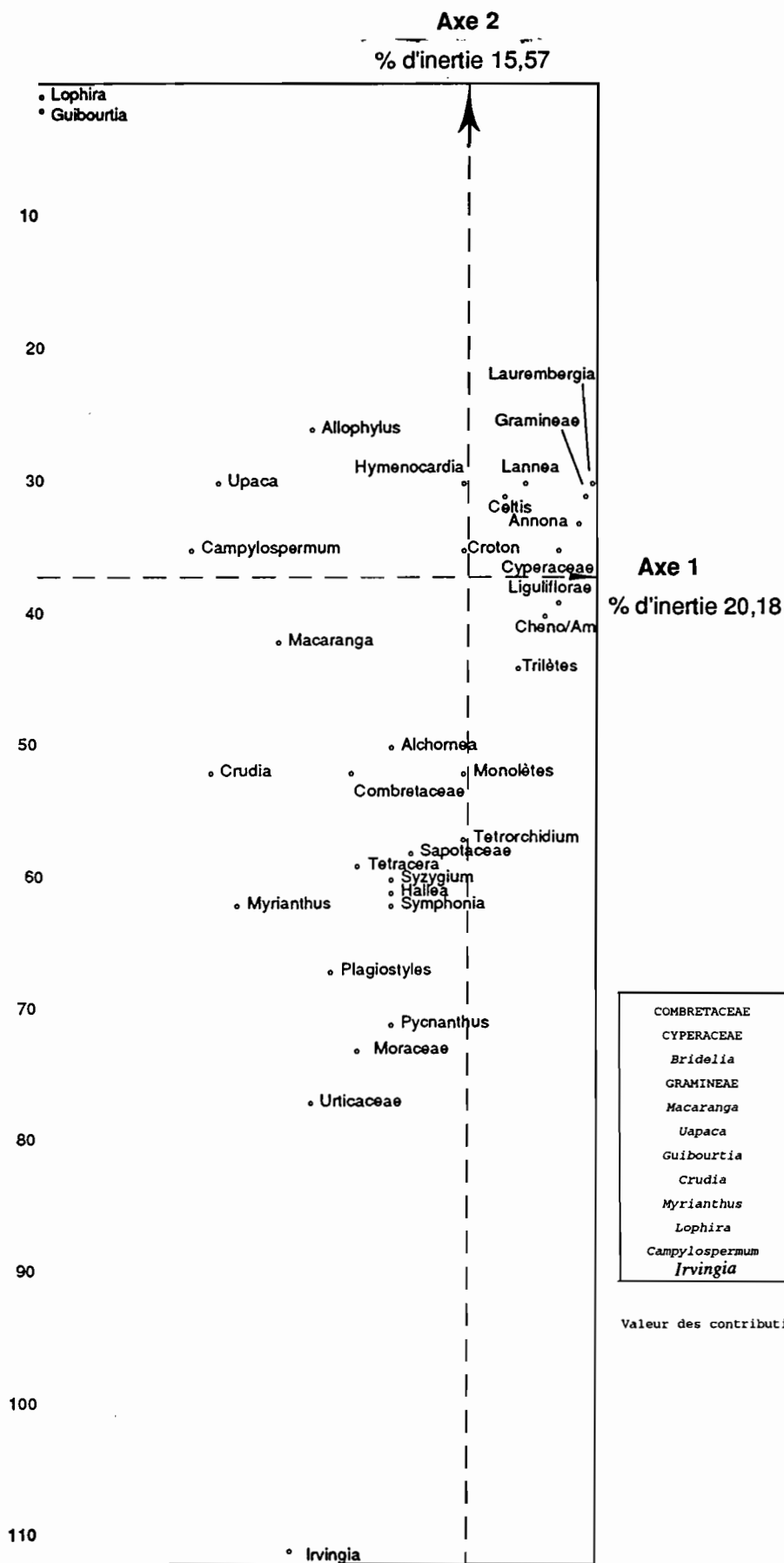


Fig. 20: Analyse factorielle des correspondances: position des échantillons par rapport aux axes 1 et 2

Les points 24, 25 et 26 sont superposés au point 27 .
 Le point 14 est superposé au point 10.
 Les points 15, 16, 17 et 18 sont superposés au point 11.



	AXE 1 (% d'inertie 20,18)	AXE 2 (% d'inertie 15,57)
COMBRETACEAE	10	9
CYPERACEAE	7	0
<i>Bridelia</i>	1	0
GRAMINEAE	242	55
<i>Macaranga</i>	36	2
<i>Uapaca</i>	52	3
<i>Guibourtia</i>	65	34
<i>Crudia</i>	3	1
<i>Myrianthus</i>	12	10
<i>Lophira</i>	448	235
<i>Campylospermum</i>	5	0
<i>Irvingia</i>	27	309

Valeur des contributions absolues des principaux taxons ayant influencé
l'orientation des axes 1 et 2

Fig. 21: Analyse factorielle des correspondances: position des taxons par rapport aux axes 1 et 2

donc la physionomie de la végétation. Cette hypothèse est confirmée par la figure 21 qui représente les taxons. Il apparaît sur l'axe 1 une opposition entre le groupe composé essentiellement par des herbacées: Gramineae associées aux Cyperaceae, Compositae... à cordonnées positives et celui composé par des arbres tels que *Lophira*, *Guibourtia*, *Uapaca*... à cordonnées négatives. Cette configuration indique clairement une opposition entre les échantillons de forêts denses et ceux des savanes. Ce qui est en accord avec les résultats précédents.

L'axe 2 (pourcentage d'inertie 15.57 %), défini par *Irvingia*, marqueur pollinique des forêts du Mayombe au pôle négatif et *Lophira* et *Guibourtia*, marqueurs polliniques des forêts du Nord Congo au pôle positif pourrait traduire l'opposition entre les deux types de forêts.

En conclusion, le traitement statistique des données confirme les interprétations empiriques précédemment proposées. Les spectres polliniques reflètent donc assez bien la physionomie des associations végétales dont ils sont issus. Il s'agit là d'un résultat fondamental qui confirme à la fois la validité des techniques de prélèvement des échantillons utilisées, mais également permet d'utiliser avec un intervalle de confiance suffisant, les spectres actuels dans l'interprétation des données fossiles.

D. COMPARAISON DE NOS DONNEES AVEC LA PLUIE POLLINIQUE EN DOMAINE GUINEO-CONGOLAIS EQUATORIAL

Dans l'introduction de cette partie de notre travail, une revue bibliographique des travaux sur la pluie pollinique actuelle en Afrique a montré que le domaine forestier de l'Afrique équatoriale

était celui où très peu d'études y ont été consacrées. Parmi les quelques données actuellement disponibles, celles de JOLLY (1987) et BRENAC (1988) (en particulier les échantillons localisés en région planitiaire entre 0 et 900 m d'altitude), constituent les seuls équivalents régionaux. En effet, les échantillons étudiés dans ces travaux sont situés dans un contexte phytogéographique identique ou proche du nôtre. De plus, ils ont été prélevés suivant la même méthode.

La comparaison entre les différentes données fait apparaître les points suivants:

- Tous les spectres polliniques de forêts sont caractérisés par des pourcentages polliniques d'arbres compris entre 70 et 95%. Dans tous les cas, la strate herbacée est très faiblement représentée avec moins de 10% de la somme pollinique. Les spores de Ptéridophytes, entre 5 et 15%, sont caractéristiques des milieux forestiers dégradés ou en voie de recolonisation.
- Du point de vue floristique, les assemblages polliniques du Congo et du Gabon présentent de nombreux taxons communs dont les plus significatifs sur le plan écologique sont: *Plagiostyles*, *Uapaca*, *Hymenostegia*, *Irvingia*, *Pausinystalia*, *Petersianthus*, *Urticaceae*, *Syzygium*, *Moraceae*, *Alchornea* et *Macaranga* associés à des lianes tels que *Tetracera* et *Entada*. Parmi ces taxons, *Irvingia*, *Plagiostyles*, *Hymenostegia*, *Uapaca* et *Petersianthus* peuvent être considérés comme des éléments caractéristiques de la forêt ombrophile équatoriale;
- Les spectres du Cameroun se distinguent de ceux du Congo et du Gabon par la prédominance des *Moraceae* et des *Euphorbiaceae*. Les forêts échantillonnées auraient donc une composition différente de celles du Congo et du Gabon;

- Enfin, les Caesalpinioideae, malgré leur dominance dans les flores ne sont que très faiblement représentées dans les diagrammes polliniques de ces trois régions, à quelques exceptions près.

E. CONCLUSION

Malgré les difficultés à effectuer des prélèvements en forêt dense humide et en dépit de la richesse floristique de cette région, il existe à présent une base de données qui permet de caractériser différentes formations végétales. En effet, cette étude a montré que la physionomie des végétations, en particulier des forêts et des savanes, pouvait être définie par les spectres polliniques à partir de la représentation des taxons arborescents par rapport aux taxons herbacés (AP/NAP). De même, il a été possible de définir des taxons marqueurs pour chaque type de végétation et d'estimer les origines de la pluie pollinique de chaque milieu.

Sur le plan méthodologique, les principales observations concernant l'étude de la pluie pollinique en zone équatoriale sont les suivantes:

- un spectre pollinique est statistiquement fiable lorsqu'au moins 30 taxons différents sont identifiés. Le nombre de grains de pollen et de spores comptés peut varier de 300 à 500 par échantillon, mais il est, à notre avis, moins significatif que le nombre de taxons, ceci en raison du caractère entomogame de nombreuses espèces. Toutefois, lorsqu'il existe un taxon dominant, il est nécessaire de poursuivre les comptages jusqu'à l'obtention de 100 à 150 grains autres que ceux du taxon dominant.

- de façon générale, un spectre de forêt dense se caractérise par plus de 90% de grains de pollen d'arbres. Dans le cas de forêts

secondaires (flots forestiers par exemple) ce pourcentage peut descendre jusqu'à 60%.

- les spectres polliniques reflètent la végétation au voisinage des sites de prélèvement (exclusivement locale dans le cas d'échantillons de forêt, entre 100 et 200 m autour du lieu de prélèvement dans le cas d'échantillons de savane).

- Les spectres extraits des échantillons du Congo, Cameroun et Gabon montrent que la famille des Leguminosae, plus particulièrement les Caesalpinioideae, considérées comme marqueurs des forêts équatoriales (LETOUZEY, 1968; WHITE, 1983) ne sont pas toujours bien représentées. Il en résulte que, quantitativement, les marqueurs botaniques ne sont pas toujours de bons marqueurs polliniques.

Quelques problèmes et difficultés subsistent encore pour lesquels l'étude d'un nombre plus important d'échantillons apporterait des éléments de réponse. Parmi ces problèmes, on peut retenir:

- L'étude de la production pollinique des plantes en zone équatoriale. Elle permettrait de tirer des conclusions moins hypothétiques sur la présence, l'absence ou l'abondance d'un taxon dans les spectres polliniques.

- La réalisation de collections de référence plus complètes. Elle devrait permettre de lever certaines imprécisions dans la détermination pollinique, surtout en ce qui concerne les familles floristiquement et écologiquement importantes telles que les Caesalpinioideae, les Euphorbiaceae, les Meliaceae etc...

QUATRIEME PARTIE

**ANALYSE PALYNOLOGIQUE DES SEDIMENTS
QUATERNAIRES RECENTS DU CONGO**

Introduction

L'analyse palynologique des sédiments fossiles porte sur 8 carottes prélevées sur trois sites du Congo (deux situés sur les plateaux Bateke, un sur le littoral) (fig. 11 et 35). Les modifications des paléoenvironnements végétaux sont, dans un premier temps, mises en relation avec les conditions hydrologiques locales, puis interprétées en terme climatique et d'influence anthropique pour les périodes les plus récentes. Les résultats sont ensuite comparés avec ceux préexistants, aussi bien sur le continent que dans le domaine marin. Une synthèse de l'évolution des paléoenvironnements végétaux à l'échelle régionale est ensuite proposée.

A. LES PLATEAUX BATEKE

La région des Plateaux Bateke, occupée à plus de 90% par des savanes, marque la limite entre le centre d'endémisme guinéo-congolais et la zone de mosaïques forêts-savanes qui se transforme progressivement vers le sud en des savanes zambéziennes (fig. 9). Elle constitue donc une région favorable aux reconstitutions paléoenvironnementales. En effet, des travaux antérieurs (DELIBRIAS et al., 1983; DECHAMPS et al., 1988a et b; SCHWARTZ, 1985) basés sur l'étude de macrorestes végétaux identifiés et datés, avaient permis de mettre en évidence des changements dans la composition et la répartition des différentes associations végétales des Plateaux Bateke au cours du Quaternaire récent. Afin de vérifier ces résultats, obtenus sur des indices trop discontinus et trop ponctuels pour rendre compte de l'évolution de la végétation d'une aussi vaste région, des analyses palynologiques préliminaires ont alors été

effectuées. L'étude d'une courte carotte, prélevée au Bois de Bilanko en 1985, a permis de montrer que depuis environ 11 000 ans B.P., la végétation et la flore de cette région avaient subi des modifications importantes en relation avec des changements climatiques (ELENGA et VINCENS, 1990, ELENGA et al., sous presse). Les dépressions marécageuses qui jalonnent les Plateaux Bateke se sont donc révélées être des sites très favorables aux études paléobotaniques et paléoclimatiques. Une étude à plus grandes échelles spatiale et temporelle a donc été entreprise dans le but de compléter ces premières données. Deux sites ont fait l'objet de nouveaux carottages en 1988: l'Etang de Ngamakala et la forêt du Bois de Bilanko.

I. L'Etang de Ngamakala

1. Description du site

L'Etang de Ngamakala (4°4'30"S, 15°23'E, alt. 400 m) est une dépression marécageuse de forme subrectangulaire de 750 mètres de long sur 200 m de large. Sa végétation et sa flore ont été étudiées par MAKANY (1976) qui en donne la description suivante (fig.22):

- en périphérie, sur des sols sableux humides, un groupement dominé par *Clappertonia ficifolia* et *Xyris densa*,
- un groupement à *Sphagnum*, *Laurembergia tetrandra* et *Drosera* sur des sols tourbeux. Ce groupement peut être émergé ou submergé selon la saison. Associés à ces éléments caractéristiques, se rencontrent: *Utricularia subulata* et *Lycopodium affine*, ainsi que de nombreuses Gramineae et Cyperaceae. L'épaisseur de la tourbe n'est pas connue précisément, mais apparemment elle ne dépasserait pas 2 m. Il existe entre la tourbe et le tapis de sphaignes une masse organique composée

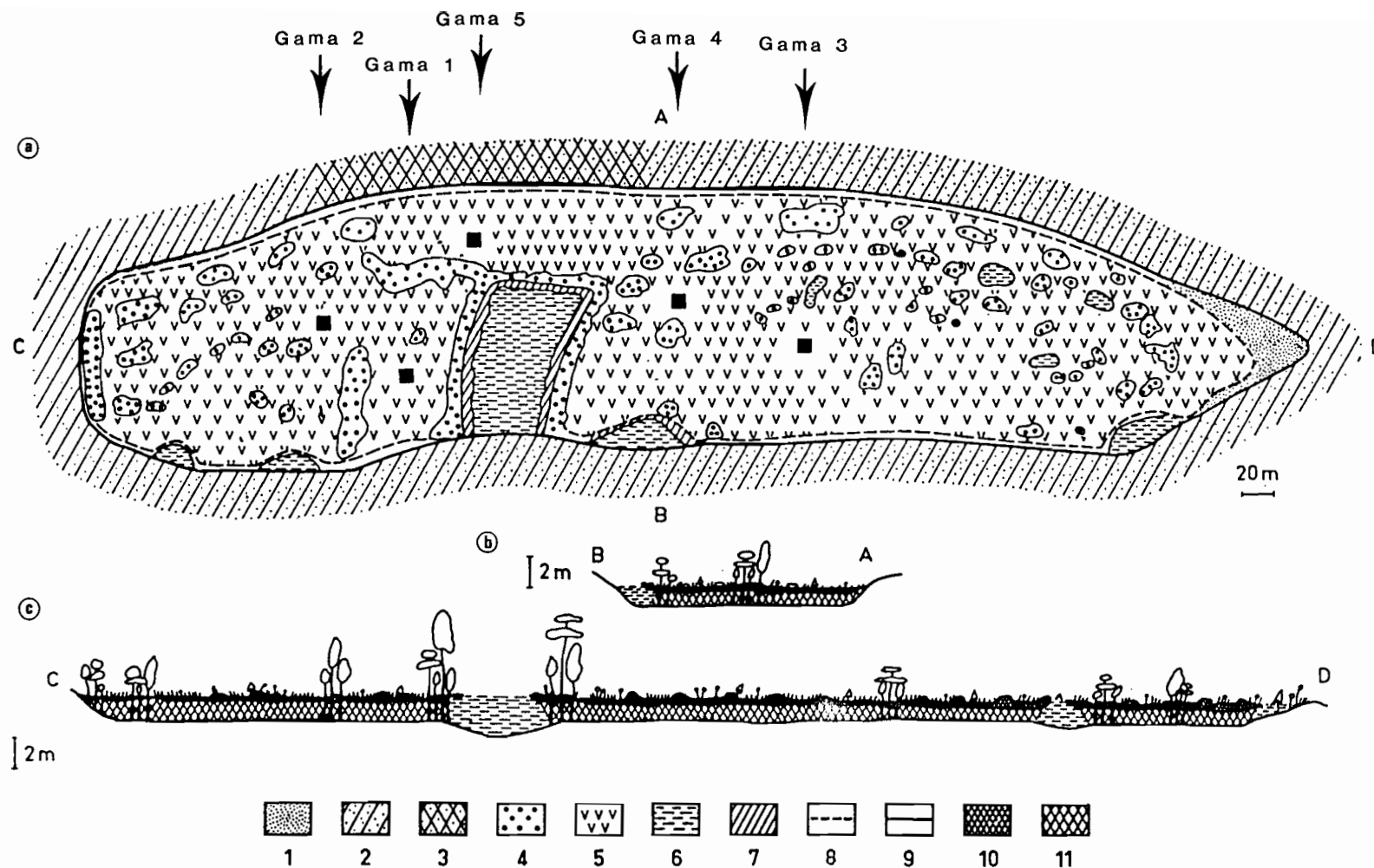


Fig. 22 : L'Etang de NGamakala (4°4'30" S, 15°23' E, alt. 400 m), description de la végétation et localisation des sondages (d'après MAKANY, 1976).

① Schéma représentatif de l'étang C= amont D= aval ② Coupe transversale de l'étang suivant la ligne AB ③ Coupe longitudinale de l'étang suivant la ligne CD

1. zone de balancement des eaux

2. savane à *Loudetia demeusei* entourant l'étang.

3. recru forestier à *Pentaclethra eetveldeana*

4. bosquet à *Alstonia boonei*

5. tourbe à *Sphagnum*

6. eau libre

7. front de *Stipularia africana*

8. Limite de la tourbière

9. Limite de l'étang

10. Partie supérieure de la tourbe formant une sorte de "radeau".

11. Partie inférieure de la tourbe fortement imprégnée d'eau.

de tiges et de racines en décomposition. A la saison des pluies, cette masse est gorgée d'eau (figure 22, unité 10) et forme une sorte de "radeau" qui peut atteindre 3 à 4 m d'épaisseur,

- une groupement à *Stipularia africana* et *Heteranthoecia* forme des touffes qui dominent le tapis de sphaignes,

- la strate arborée est constituée de nombreux bosquets à *Alstonia boonei*, *Xylopia rubescens*, *Grumilea venosa* et *Barteria fistulosa*. Le sous-bois est souvent composé de *Zacateza pedicellata*, *Nephrolepis biserrata* et *Palisota ambigua*.

2. les sondages

L'implantation des sondages a été déterminée après plusieurs essais préliminaires qui nous ont permis de localiser les zones à forte épaisseur de tourbe et d'éviter celles trop anthropisées (mare artificielle et points de rouissage du manioc).

Cinq carottes ont été prélevées à l'aide de la sonde russe ou carottier "GIK" selon la méthode décrite dans la seconde partie de ce travail. Ce sont les carottes Gama 1, Gama 2, Gama 3, Gama 4 et Gama 5 (figure 22). Les épaisseurs les plus importantes de sédiments ont été recoupées dans la zone centrale de l'étang (Gama 4 et Gama 2: 160 cm). Les autres sondages réalisés plus près des bordures de la dépression ne dépassent pas la profondeur de 110 cm. En raison de la présence du tapis de sphaignes décrit plus haut, les horizons supérieurs, composés essentiellement de débris végétaux n'ont pu être prélevés. Le sommet des sondages ne correspond donc pas à la surface. Sur la figure 23 dans laquelle est présentée la lithologie de chaque carotte, les profondeurs supérieures correspondent à celles à partir desquelles les premiers prélèvements de sédiments ont été effectués.

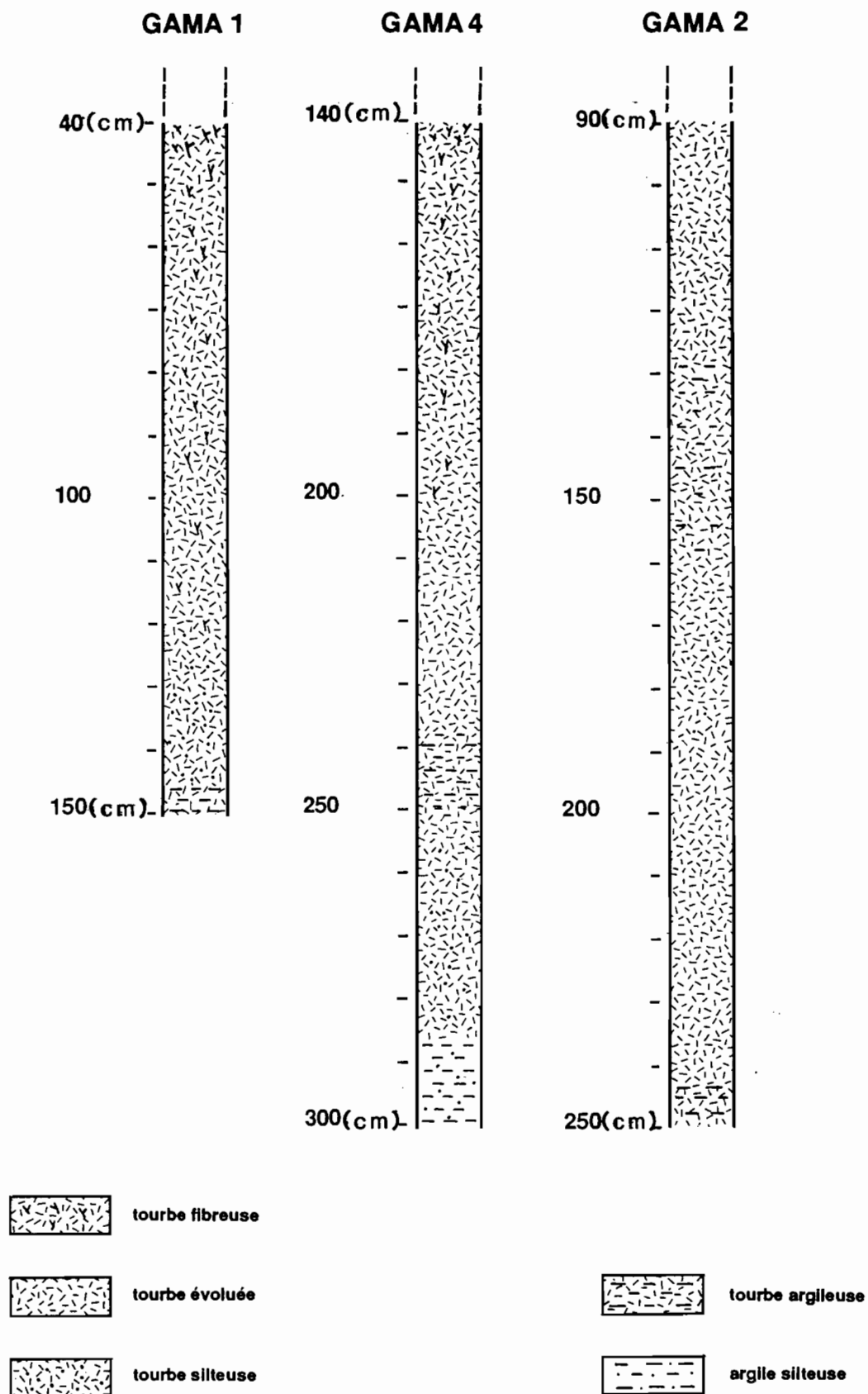


Fig. 23 : Les carottes de l'Etang de NGamakala : lithologie.

Dans toutes les carottes, la sédimentation est essentiellement tourbeuse, avec quelques passages argileux ou sableux. Sur les cinq sondages prélevés, trois ont fait l'objet d'analyses palynologiques (Gama 1, Gama 2 et Gama 4). Les carottes Gama 3 et Gama 5, non encore datées à ce jour, pourront être étudiées ultérieurement.

Au total, 15 datations radiocarbone ont été réalisées par la méthode ^{14}C conventionnelle (LGQ, Marseille) (tabl. 10). La position des âges en fonction de la profondeur, présentée sur la figure 24, permet d'apprécier les taux moyens de sédimentation pour chaque carotte. Les âges obtenus montrent que les séquences de Ngamakala recouvrent la période 24 000 ans B.P. à 540 ans B.P..

3. Les résultats palynologiques

Au total, sur les trois carottes étudiées, 116 échantillons ont été comptés. Les microflores rencontrées sont bien conservées et très diversifiées. La liste des taxons identifiés est donnée sur le tableau 11.

Dans toutes les carottes, les zones palynologiques sont décrites de la base vers le sommet.

LA CAROTTE GAMA 4

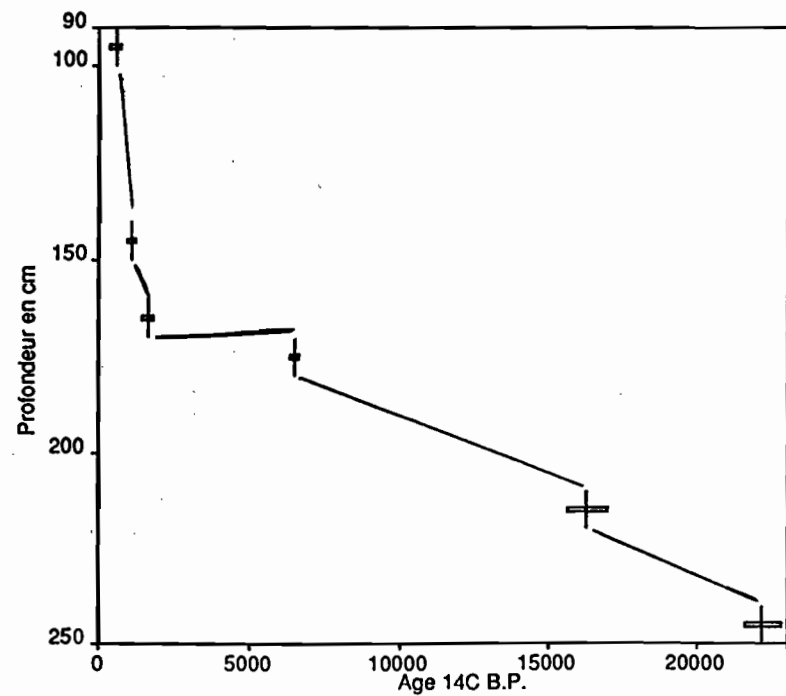
Trois zones palynologiques ont été différenciées sur cette carotte (fig. 25a, b et c). Ce sont:

Zone palynologique 3: 300 à 260 cm

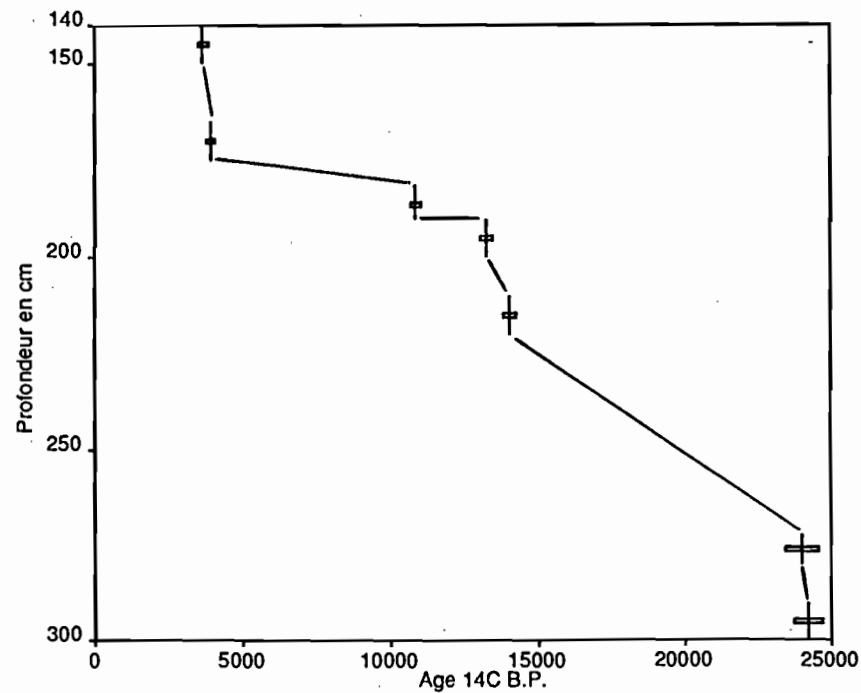
Les spectres polliniques sont dominés par les gains de pollen d'arbres qui représentent environ 75% de la somme pollinique totale avec notamment des Sapotaceae (35-40%), *Syzygium* (10-30%), Combretaceae (5-10%), *Alchornea* (1-5%), *Campylospermum*, *Macaranga*,

Carotte	N° Labo.	Profondeur cm	Age ^{14}C B.P.	Nature de sédiment
Gama 2	LGQ 449	90-100	540 \pm 160	Matière organique
Gama 1	LGQ 564	10-20	930 \pm 140	Matière organique
Gama 2	LGQ 536	140-150	1050 \pm 130	Matière organique
Gama 2	LGQ 448	160-170	1610 \pm 200	Matière organique
Gama 1	LGQ 495	100-110	3300 \pm 130	Matière organique
Gama 4	LGQ 244	140-150	3650 \pm 180	Matière organique
Gama 4	LGQ 446	165-175	3940 \pm 130	Matière organique
Gama 2	LGQ 499	170-180	6500 \pm 140	Matière organique
Gama 4	LGQ 553	180-190	10880 \pm 160	Matière organique
Gama 4	LGQ 447	190-200	13260 \pm 220	Matière organique
Gama 4	LGQ 405	210-220	14090 \pm 230	Matière organique
Gama 2	LGQ 500	210-220	16300 \pm 140	Matière organique
Gama 2	LGQ 404	240-250	22170 \pm 600	Matière organique
Gama 4	LGQ 501	258-270	24000 \pm 580	Matière organique
Gama 4	LGQ 242	290-300	24200 \pm 480	Matière organique

Tabl 10. Ages ^{14}C des sédiments de l'Etang de Ngamakala



Gama 2



Gama 4

Fig. 24 : Taux moyens de sédimentation dans l'Etang de Ngamakala d'après les carottes Gama 2 et Gama 4.

Tabl. 11: Liste des taxons polliniques identifiés dans les sédiments fossiles de l'Etang de Ngamakala

Taxons arborescents

AGAVACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>steudneri</i> *
ANACARDIACEAE		
ANACARDIACEAE	<i>Lannea</i> *	
APOCYNACEAE	<i>Alstonia</i> *	<i>boonei</i>
BOMBACACEAE	<i>Ceiba</i>	<i>pentandra</i>
BURSERACEAE	<i>Dacryodes</i> *	
CAESALPINIOIDEAE	<i>Baikiaea</i>	
CAESALPINIOIDEAE	<i>Crudia</i> *	<i>gabonensis</i>
CAESALPINIOIDEAE	<i>Guibourtia</i>	<i>demeusii</i> *
CELASTRACEAE/HIPPOCR		
CHRYSOBALANACEAE		
COMBRETACEAE		
COMPOSITAE	<i>Vernoniaeae</i>	
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Bridelia</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Cleistanthus</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Oldfieldia</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Tetrorchidium</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Uapaca</i>	
GUTTIFERAE	<i>Garcinia</i>	
GUTTIFERAE	<i>Harungana</i>	
GUTTIFERAE	<i>Pentadesma</i>	<i>butyracea</i>
HYMENOCARDIACEAE	<i>Hymenocardia</i>	
LOGANIACEAE	<i>Anthocleista</i>	
MIMOSOIDEAE	<i>Calpocalyx</i> *	<i>letestui</i>
MIMOSOIDEAE	<i>Pentaclethra</i>	<i>macrophylla</i> *
MIMOSOIDEAE	<i>Pentaclethra</i> *	<i>eetveldeana</i>
MORACEAE		
MORACEAE	<i>Ficus</i>	
MORACEAE	<i>Myrianthus</i> *	<i>holstii</i>
MORACEAE	<i>Treculia</i> *	<i>africana</i>
MORACEAE	<i>Trilepisium</i> *	<i>madagascariensis</i>
MYRISTICACEAE	<i>Pycnanthus</i>	
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i> *	
OCHNACEAE	<i>Campylospermum</i>	
PALMAE	<i>Elaeis</i>	<i>guineensis</i>
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus</i>	
RUBIACEAE	<i>Gaertnera</i>	<i>paniculata</i> *
RUBIACEAE	<i>Hallea</i> *	<i>rubrostipulata</i>
RUBIACEAE	<i>Nauclea</i> *	<i>latifolia</i>
RUBIACEAE	<i>Pausinystalia</i> *	<i>macroceras</i>
RUBIACEAE	<i>Psychotria</i> *	<i>amboniana</i>
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum</i> *	<i>usambarense</i>
SAPINDACEAE	<i>Allophylus</i>	
SAPINDACEAE	<i>Eriocoelum</i>	<i>macrocarpum</i> *
SAPINDACEAE	<i>Lecaniodiscus</i> *	<i>cupanioides</i>
SAPINDACEAE	<i>Pancovia</i>	
SAPOTACEAE		
ULMACEAE	<i>Celtis</i>	

Tabl. 11 (suite)

Taxons herbacés

ALISMATACEAE	<i>Limnophyton*</i>	
AMARANTHACEAE	<i>Celosia*</i>	<i>trigyna</i>
ARACEAE	<i>Cercestis</i>	<i>congoensis*</i>
ASCLEPIADACEAE	<i>Tacazzea*</i>	<i>apiculata</i>
CARYOPHYLLACEAE	<i>Drymaria</i>	<i>cordata</i>
COMPOSITAE	<i>Artemisia</i>	
COMPOSITAE	<i>Liguliflorae</i>	
CONVOLVULACEAE	<i>Evolvulus*</i>	
COMPOSITAE	<i>Tubuliflorae</i>	
CYPERACEAE		
ERIOCAULACEAE		
GRAMINEAE		
HALORAGACEAE	<i>Laurembergia</i>	<i>tetrandra</i>
LENTIBULARIACEAE	<i>Utricularia</i>	
MALPIGHIACEAE	<i>Acridocarpus</i>	
MALPIGHIACEAE	<i>Flabellaria*</i>	<i>paniculata</i>
MALVACEAE	<i>Abutilon*</i>	
MALVACEAE	<i>Hibiscus*</i>	<i>micranthus</i>
MIMOSOIDEAE	<i>Mimosa*</i>	<i>pigra</i>
NYMPHAEACEAE	<i>Nymphaea</i>	<i>lotus*</i>
ONAGRACEAE		
PEDALIACEAE	<i>Pterodiscus</i>	
POLYGALACEAE	<i>Polygala*</i>	
POTAMOGETONACEAE	<i>Potamogeton</i>	<i>thunbergii*</i>
RUBIACEAE	<i>Spermacoce*</i>	
RUBIACEAE	<i>Stipularia</i>	<i>africana</i>
TILIACEAE	<i>Grewia*</i>	<i>tenax</i>
VERBENACEAE	<i>Clerodendrum</i>	
XYRIDACEAE	<i>Xyris</i>	

Spores de Ptéridophytes

_PTERIDOPHYTA	<i>Adiantaceae</i>	<i>Pteris*</i>
_PTERIDOPHYTA	<i>Monoletes</i>	
_PTERIDOPHYTA	<i>Polypodiaceae</i>	
_PTERIDOPHYTA	<i>Triletes</i>	

Lianes

APOCYNACEAE	<i>Landolphia*</i>	
DILLENIACEAE	<i>Tetracera</i>	
ICACINACEAE	<i>Iodes</i>	
MIMOSOIDEAE	<i>Entada*</i>	
OLACACEAE	<i>Anacolosa</i>	<i>uncifera</i>
RUBIACEAE	<i>Canthium</i>	

Epiphytes

LORANTHACEAE

Taxons indifférenciés

LEGUMINOSAE	
MONOCOTYLEDONEAE	
PAPILIONOIDEAE	
_INDETERMINES	
_INDETERMINES	Gama1
_INDETERMINES	Gama2
_INDETERMINES	Gama3
_INDETERMINES	Gama5
_INDETERMINES	Gama6

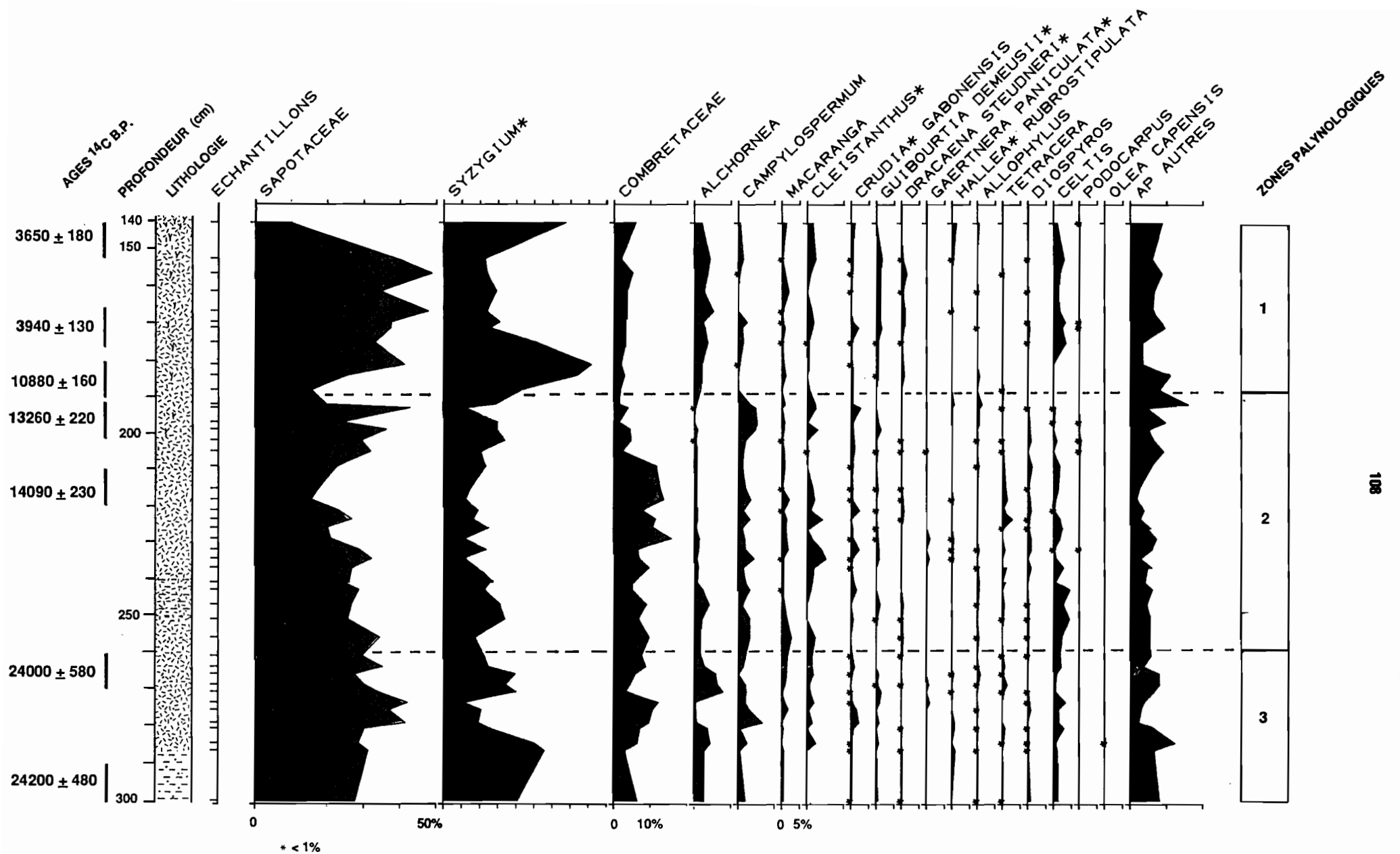


Fig. 25a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte Gama 4, Etang de Ngamakala (4°4'30"S, 15°23' E, alt. 400 m), Plateaux Bateke (Congo). (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

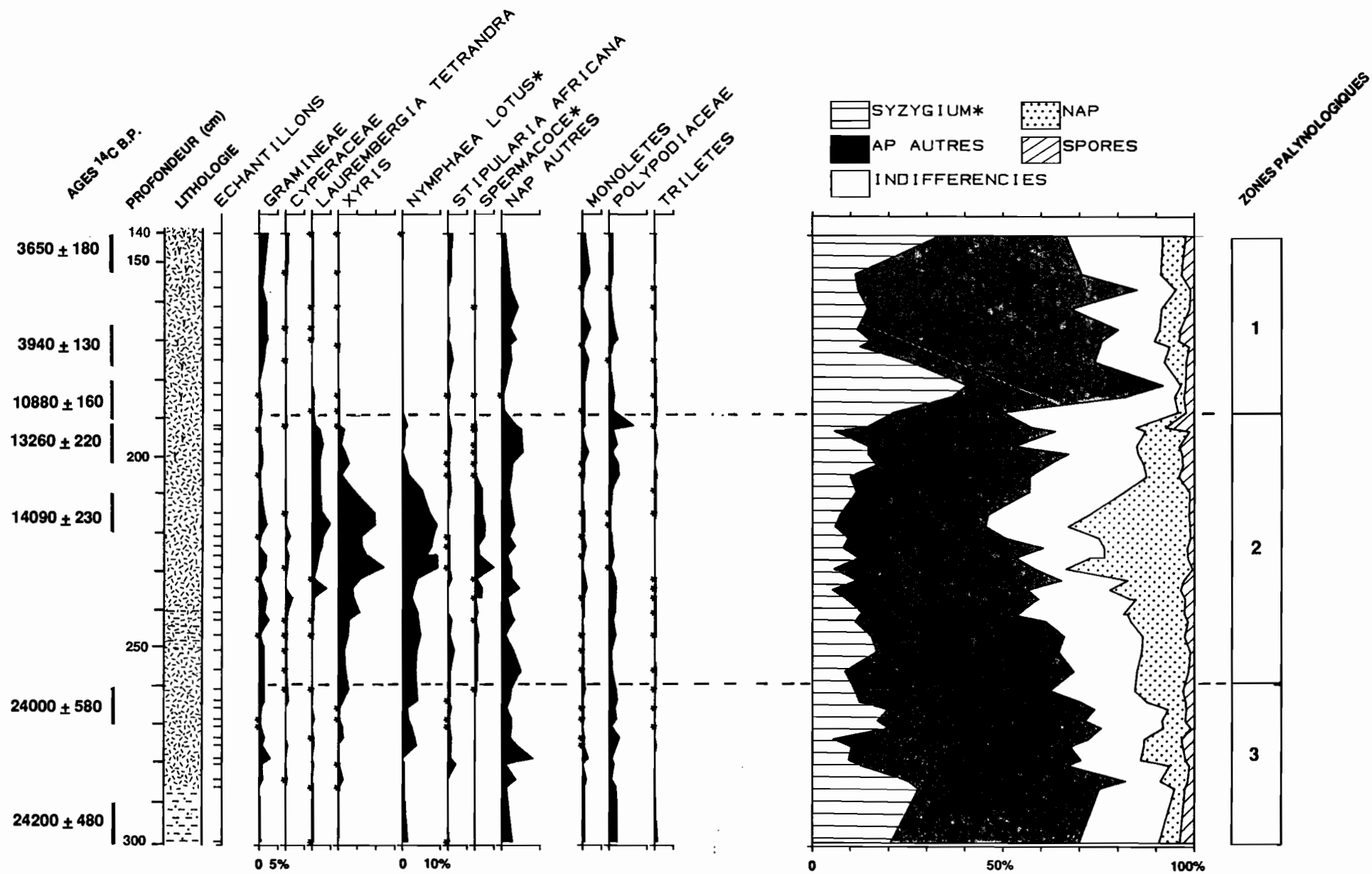


Fig. 25b : Diagrammes polliniques de la carotte Gama 4. Principaux taxons herbacés et diagramme synthétique.

type *Crudia* et *Celtis* (1-3%) (fig. 25a et b). Les taxons herbacés sont rares à la base de la zone où ils représentent environ 5%. Vers le sommet, une légère augmentation est enregistrée avec en particulier *Nymphaea lotus*, *Stipularia africana*, *Xyris*, *Spermacoce* et des Gramineae (fig. 25b). Mais l'ensemble des taxons herbacés ne dépassent pas 10%. Les spores de Ptéridophytes, essentiellement des spores monolètes, représentent environ 3%.

Zone palynologique 2: 260 à 190 cm

Les spectres polliniques montrent une baisse sensible des grains de pollen d'arbres en particulier des Sapotaceae (20-25%), *Syzygium* (10%) et *Alchornea* (1%). Par contre, les Combretaceae, avec 15% sont aussi bien représentées que dans la zone précédente. D'autres taxons tels que type *Crudia*, *Campylospermum*, *Cleistanthus* et *Celtis* sont également présents (fig. 25a). Les taxons herbacés sont nettement mieux représentés que dans la zone précédente (fig. 25b). Ce sont, *Xyris* (10%), *Lauremburgia* (3%), Cyperaceae, Gramineae et *Stipularia africana* (1 à 2%), *Nymphaea lotus* (10%) et *Spermacoce* (2%). Les spores de Ptéridophytes représentent 2% environ (fig. 25b).

Zone palynologique 1: 190 à 140 cm

Elle se caractérise par la remontée des pourcentages polliniques de certains arbres: Sapotaceae (45%), *Syzygium* (40%), *Celtis*, *Alchornea*, *Macaranga*, *Guibourtia*, *Dracaena steudneri* (1 à 5%). En revanche, d'autres taxons arborés tels que les Combretaceae (3%) sont en baisse par rapport à la zone précédente (fig. 25a). Cette zone est marquée par une opposition entre *Syzygium* et les Sapotaceae. Les grains de pollen d'herbacées enregistrent une baisse importante et passent rapidement de 25% environ dans la zone 3 à moins de 5%. Ils ne sont plus représentés que par des Gramineae (1%) (fig. 25b).

LA CAROTTE GAMA 2

Deux zones palynologiques ont été individualisées sur cette carotte (figures 26a et b). Ce sont:

Zone palynologique 2:250 à 168 cm

Elle a été subdivisée en 2 sous-zones:

Sous-zone 2a: 250 à 210 cm

Elle est marquée par l'abondance des taxons arborescents en particulier des Sapotaceae (25%), *Syzygium* (10%), Combretaceae (10%) et, avec des pourcentages de 1 à 5: *Alchornea*, type *Crudia*, type *Cleistanthus*, *Diospyros*, *Celtis*, *Campylospermum* et *Macaranga* (fig. 26a). Parmi les taxons herbacés, ce sont *Nymphaea lotus* (3%), *Stipularia africana* (1%), les Cyperaceae et les Gramineae (2%) qui sont les mieux représentés. Les spores de Ptéridophytes représentent 5% environ (fig. 26b).

Sous-zone 2b: 210 à 168 cm

Les grains de pollen des plantes arborées restent dominants avec des pourcentages assez proches de ceux enregistrés dans la zone 2a. Ce sont: *Syzygium* (20-30%), en légère augmentation; *Macaranga* (2%), Sapotaceae (20-15%) et type *Cleistanthus* sont aussi bien représentés associés à des formes lianescentes telles que *Canthium* (5%). En revanche, les Combretaceae (5%), *Diospyros*, *Celtis* et *Campylospermum* (0,5-1%) sont en régression (fig. 26a). Parmi les taxons herbacés, aux Gramineae et à *Nymphaea lotus* présents dans la zone 2a, sont associés *Taccazea* type *apiculata*, *Spermacoce*, *Laurembergia tetrandra* et *Xyris*. Par contre, *Stipularia africana* est en légère baisse par rapport à la zone précédente. Les spores de Ptéridophytes représentent 2% environ (fig. 26b).

Dans l'ensemble de cette zone 2, les taxons arborés représentent entre 70 et 80% du total des grains de pollen et spores

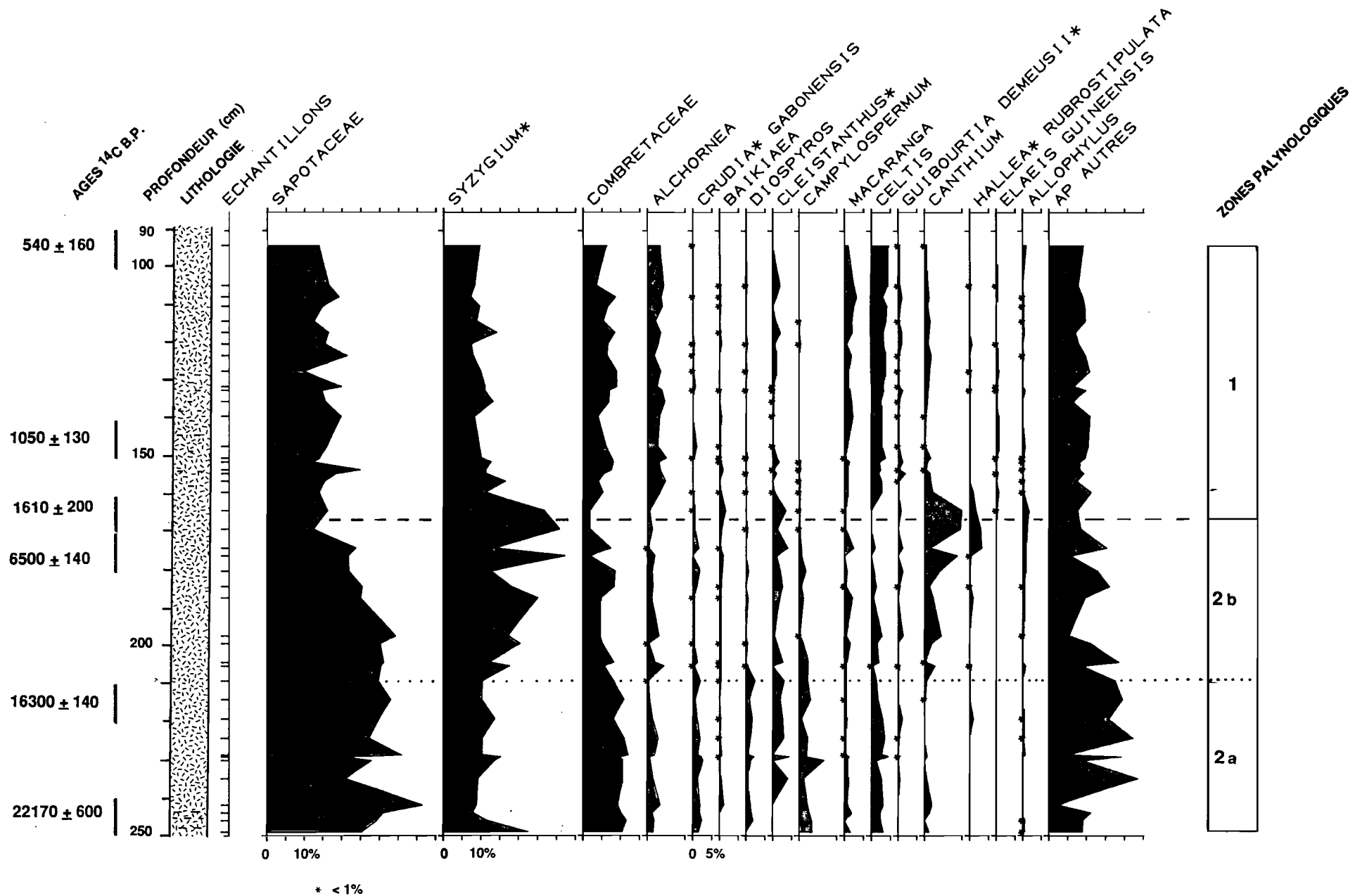


Fig. 26a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte Gama 2, Etang de Ngamakala (4°4'30"S, 15°23' E, alt. 400 m), Plateaux Bateke (Congo).

(% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

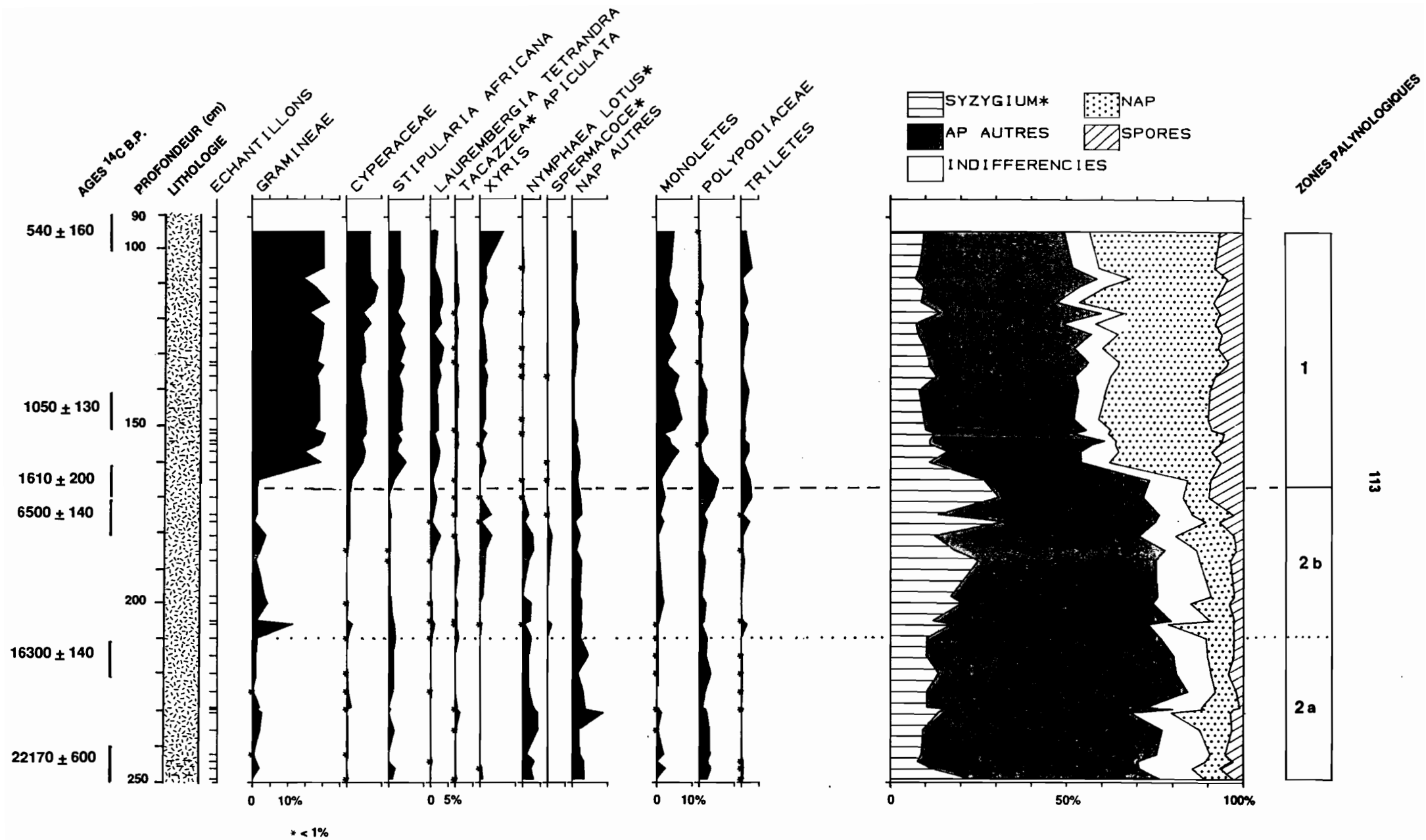


Fig. 26b : Diagrammes polliniques de la carotte Gama 2. Principaux taxons herbacés et diagramme synthétique.

comptés et les herbacées moins de 10%.

Zone palynologique 1: 168 à 90 cm

Elle se caractérise par une bonne représentation des taxons herbacés, comparée aux zones précédentes, passant de moins de 10% à plus de 30% (fig. 26b). Les taxons les mieux représentés sont: les Gramineae (20%), Cyperaceae (10%), *Stipularia africana* (7%), *Laurembergia tetrandra* (5%) et avec des pourcentages de 1 à 3: *Taccazea type apiculata*, *Xyris* etc... Les spores de Ptéridophytes représentent environ 10% (fig. 26b). Parmi les taxons arborés, *Syzygium* (10%) et *Hallea* (1%) sont en baisse. En revanche, *Celtis*, *Macaranga*, *Alchornea* et *Combretaceae* montrent une légère augmentation (fig. 26a). A la base de cette zone, vers 168 cm, apparaît le pollen d'*Elaeis guineensis* en pourcentages de 0,5 à 1%.

LA CAROTTE GAMA 1

Les fluctuations des principaux taxons permettent de différencier trois zones palynologiques (fig. 27a et b):

Zone palynologique 3: 150 à 140 cm

Les taxons arborés sont dominants dans cette zone où ils représentent près de 80%. Les plus abondants sont: les Sapotaceae (35%), *Syzygium* (20%), les Combretaceae (8%) et *Macaranga* (2%) (fig. 27a). Les herbacées sont rares à la base de la zone, mais augmentent progressivement vers le sommet. Les taxons les mieux représentés sont les Gramineae, avec 10%, associés à des Cyperaceae (5%) et, en pourcentages plus faibles, à *Stipularia africana* et *Spermacoce*.

Zone palynologique 2: 140 à 48 cm

Les pourcentages des taxons herbacés augmentent très rapidement après 150cm, en particulier les Gramineae qui, avec 35%, constituent le taxon le plus abondant dans les spectres. Les autres taxons

herbacés bien représentés sont: les Cyperaceae (10%), *Stipularia africana* (10%), *Laurembergia tetrandra* et *Xyris* (5%). Les spores de Ptéridophytes sont également présentes (10%) (figure 26b). Parmi les taxons arborés, les Sapotaceae (10%), *Syzygium* (10%), sont en très nette baisse. Les Combretaceae, *Macaranga* et *Celtis* ont des valeurs moyennes proches de celles de la zone précédente. Seul *Alchornea* (10%) est en augmentation. Vers 140cm, les spectres enregistrent l'apparition de pollens d'*Elaeis guineensis* en pourcentages de 0,5% (fig. 27a).

Zone palynologique 1: 48 à 40 cm

Cette zone est marquée une augmentation rapide des pourcentages polliniques de certains arbres, en particulier *Syzygium* (40%), *Campylospermum* (5%), *Allophylus* (5%) et les Combretaceae (15%) (fig. 27a). Les taxons herbacés enregistrent par contre une forte baisse: Gramineae (5%), Cyperaceae, *Stipularia africana* et *Laurembergia tetrandra* (2%) (fig. 27b).

4. Interprétation des résultats

a. Corrélations entre les diagrammes et chronologie

Les corrélations entre les zones palynologiques des trois diagrammes de l'Etang de Ngamakala sont représentées sur la figure 28. Elles ont été effectuées à la fois sur la base des critères de physionomie (représentation des AP et des NAP), et sur la composition microfloristique des spectres (apparition de certains taxons par exemple). Cette figure synthétique permet de définir cinq phases majeures dans l'évolution des paléovégétations du site de Ngamakala. Ce sont:

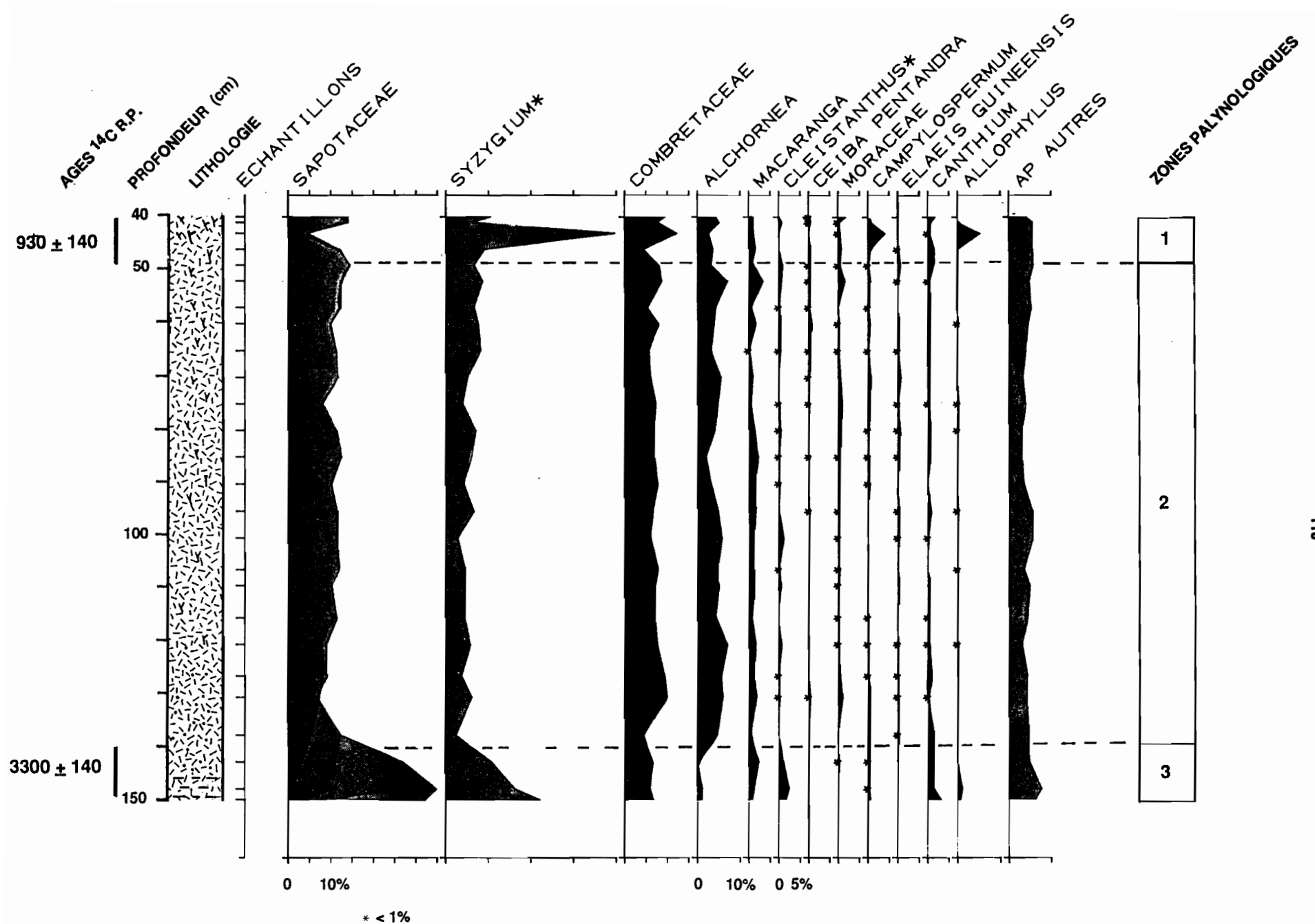


Fig. 27a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte Gama 1, Etang de Ngamakala (4°4'30"S,

15°23' E, alt. 400 m), Plateaux Bateke (Congo). (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

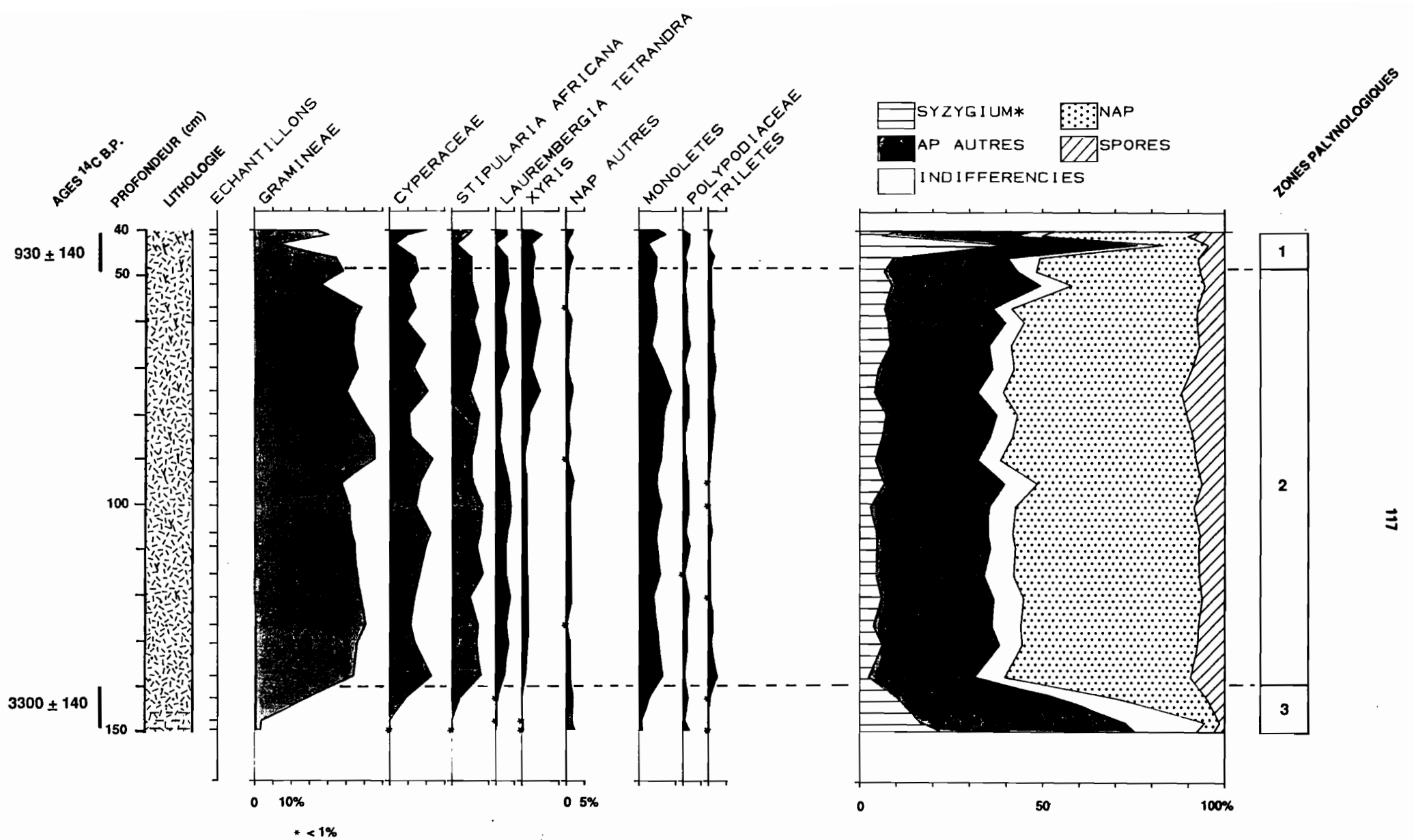


Fig. 27b : Diagrammes polliniques de la carotte Gama 1. Principaux taxons herbacés et diagramme synthétique.

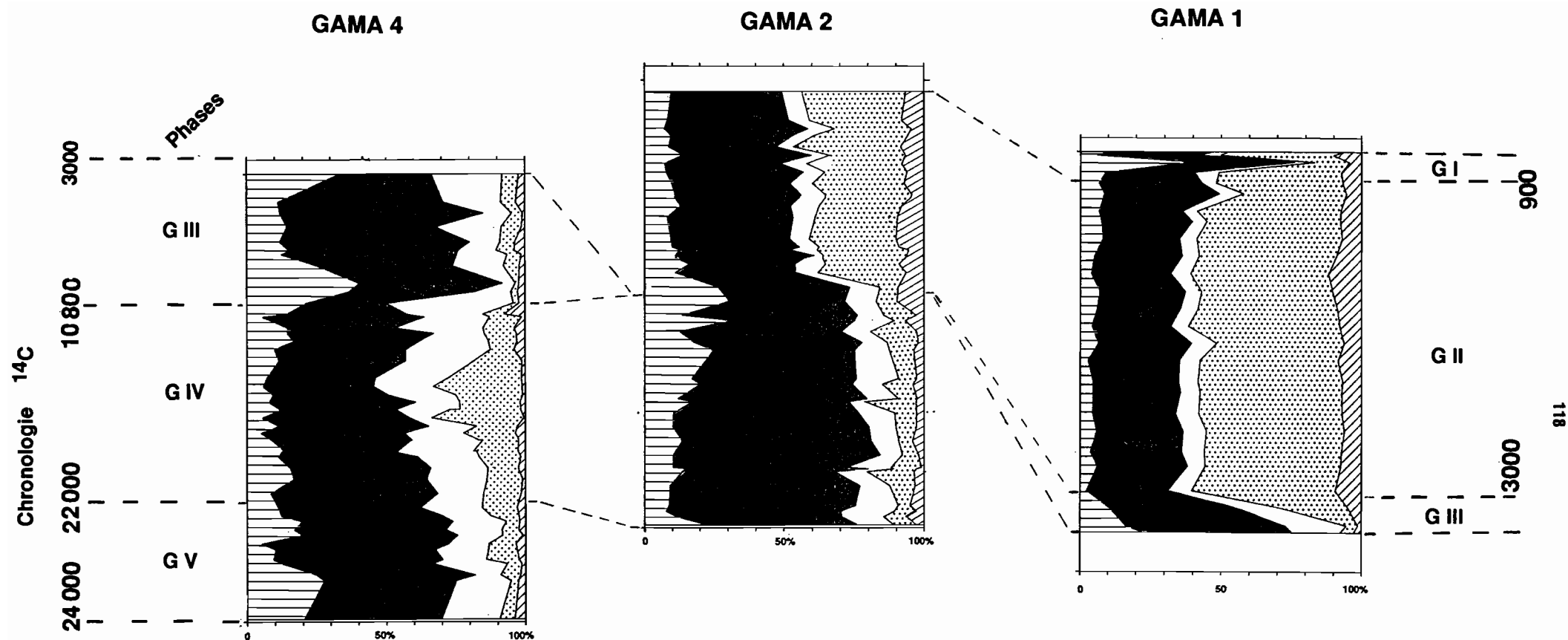


Fig. 28 : Zonation pollinique des carottes de l'Etang de NGamakala ($4^{\circ}4'30''\text{S}$, $15^{\circ}23'\text{E}$, alt. 400 m), Plateaux Bateke (Congo). Corrélations entre les diagrammes.

PHASE G V

Elle est exclusivement représentée à la base du diagramme Gama 4 (zone palynologique 3). Elle se caractérise par de fortes valeurs relatives des taxons arborés, en particulier de *Syzygium*. Les herbacées sont très peu abondantes.

PHASE G IV

Elle est présente sur les diagrammes Gama 2 (zone palynologique 2) et Gama 4 (zone palynologique 2), et se distingue de la phase précédente par une meilleure représentation des herbacées et par la baisse des pourcentages polliniques de *Syzygium*. Sur l'ensemble des spectres, les grains de pollen d'éléments arborés restent toutefois dominants.

PHASE G III

Cette phase est caractérisée par la disparition presque complète des taxons herbacés alors que parallèlement, s'observe une augmentation des pourcentages polliniques des arbres, en particulier de *Syzygium*. Elle correspond à la zone palynologique 1 de la carotte Gama 4 et à la zone palynologique 3 de la séquence Gama 1.

PHASE G II

Au cours de cette phase, les herbacées augmentent rapidement et redeviennent dominantes. Les taxons les plus abondants sont les Gramineae, les Cyperaceae, *Xyris* et *Laurembergia tetrandra*. Les taxons arborés restent présents mais dans des proportions nettement inférieures par rapport aux épisodes précédents. Sur le plan de la composition floristique, cette phase se caractérise par l'apparition de pollens d'*Elaeis guineensis*. Elle est représentée sur les diagrammes Gama 1 (zone palynologique 2) et Gama 2 (zone palynologique 1).

PHASE G I

Représentée essentiellement sur le diagramme Gama 1 (zone palynologique 1), elle se caractérise par une remontée des pourcentages polliniques de certains arbres tels que: *Syzygium*, *Allophylus* et *Campylospermum*.

En considérant les différents âges radiocarbone obtenus sur les trois carottes comme valables (tabl. 9), la chronologie des dépôts de l'Etang de Ngamakala serait la suivante:

- PHASE G V : période ca. 24 000 ans B.P. à ca. 22 000 ans B.P.
- PHASE G IV: période ca. 22 000 ans B.P. à ca. 10 800 ans B.P.
- PHASE G III: période ca. 10 800 ans B.P. à ca. 3000 ans B.P.
- PHASE G II: période ca. 3000 ans B.P. à ca. 900 ans B.P.
- PHASE G I: entre ca. 900 ans B.P. et l'Actuel

b. Reconstitutions paléobotaniques et paléohydrologiques du site de Ngamakala depuis 24 000 ans B.P.

En s'appuyant sur les caractéristiques écologiques des plantes actuelles fournies par les travaux de botanique, en particulier ceux de MAKANY (1976) qui présentent des relevés floristiques détaillés des différentes associations végétales des Plateaux Bateke, mais également, sur les résultats de l'étude de la pluie pollinique actuelle, nous allons essayer de dégager les grandes étapes de l'évolution des paléoenvironnements végétaux sur le site de l'Etang de Ngamakala. Cependant, en raison de la difficulté à atteindre le niveau d'identification spécifique des grains de pollen fossiles, nos interprétations seront basées sur un nombre limité de taxons dont la détermination est relativement aisée et pour lesquels l'écologie est certaine.

LA PHASE G V: ca. 24 000 ans à ca. 22 000 ans B.P.

Dans cette zone, les éléments arborescents représentent en moyenne 70%. De tels pourcentages traduisent, si l'on se réfère aux données de la pluie pollinique actuelle, la présence d'un milieu forestier sur le site. D'après les données botaniques actuelles, l'association microfloristique composée de *Syzygium*, *Campylospermum*, *Alchornea* et *Crudia* appartiendrait à une végétation de type forêt marécageuse, voire hygrophile. Le caractère hygrophile du milieu est en outre confirmé par la présence de *Nymphaea lotus*. En revanche, la faible représentation des plantes herbacées, plus particulièrement des Gramineae qui sont des plantes à fort pouvoir pollinisateur, laisserait supposer que la strate herbacée était quasiment absente sur le site. Ceci s'expliquerait soit par la présence d'un couvert arboré trop dense ne laissant pas la possibilité à une végétation herbacée héliophile de se développer, soit par l'absence de sols exondés.

La végétation de l'Etang de Ngamakala, entre ca. 24 000 et ca. 22 000 ans B.P. peut donc être interprétée comme forestière, de type forêt inondée. Il est cependant difficile, sur la base de ces seules données, de dire si les forêts occupaient uniquement les limites de la dépression ou alors si elles s'étendaient au-delà, sur les plateaux avoisinants.

Sur le plan hydrologique, la composition floristique de cette végétation indique que vers ca. 24 000 ans B.P., les sols de la dépression devaient être maintenus dans un état d'hydromorphie quasi-permanent en relation avec la proximité de la nappe phréatique.

LA PHASE G IV: ca. 22 000 ans à ca. 10 800 ans B.P.

Une régression de la couverture forestière est enregistrée au cours de cette période. L'ouverture du couvert arboré et des sols encore suffisamment humides, mais pas nécessairement inondés, du moins au voisinage du site de carottage, permettent le développement de plantes herbacées telles que des Gramineae, mais aussi de nombreuses formes marécageuses. La présence de certains arbres tels que *Celtis*, indiquerait, en comparaison avec les données botaniques et la pluie pollinique actuelle, le caractère plus sec des groupements forestiers. En revanche, la bonne représentation de *Xyris*, associé à quelques Cyperaceae, indiquerait que le site de carottage se situe en limite extérieure de la dépression marécageuse, sur des sols sableux, comme en témoigne actuellement la distribution de ces éléments. Des étendues d'eaux libres existent localement, marquées par la présence de *Nymphaea lotus*. Cette phase est encadrée à la base et au sommet, respectivement par une extension de *Stipularia africana* et de *Laurembergia tetrandra* qui sont plus caractéristiques de sols marécageux tourbeux (diagramme Gama 4, fig. 25b).

Sur le plan physionomique, la végétation sur le site au cours de la période ca. 22 000 ans B.P. à ca. 10 800 ans B.P. serait de type forêt mésophile, parsemée de prairies à *Xyris*, particulièrement bien développées ca. 14 000 ans B.P..

Une telle association végétale indiquerait une dégradation des conditions hydrologiques, plus particulièrement une baisse importante du niveau de la nappe phréatique en particulier avant ca. 14 000 ans B.P. Celle-ci ne devait plus affleurer que localement sur le site étudié.

LA PHASE G III: ca. 10 800 ans à ca. 3000 ans B.P.

Au début de cette phase, il se produit une recrudescence du milieu forestier, de composition proche de celle mise en évidence entre ca. 24 000 ans B.P. et ca. 22 000 ans B.P.. *Syzygium* et les Sapotaceae sont les éléments dominants. La disparition presque totale des plantes herbacées serait également à mettre en relation, comme dans la phase forestière précédente, soit avec l'absence de sols exondés, soit avec l'existence d'une couverture forestière dense.

A l'intérieur de cette phase, s'observe une expansion de *Syzygium* ca. 6500 ans B.P. sur le diagramme de la carotte Gama 2 (fig. 26a). Compte tenue de la possible discontinuité des dépôts, il est difficile de dire s'il s'agit du même épisode que celui mis en évidence ca. 10 850 ans B.P. sur la carotte Gama 4, qui se serait poursuivi jusqu'à ca. 6500 ans B.P. ou alors s'il s'agit de deux épisodes indépendants. Nous les avons considérés comme appartenant à une même phase, mais ceci est une hypothèse qui devra être vérifiée par les données ultérieures.

Les différentes associations végétales sur le site au cours de cette période traduisent une amélioration des conditions hydrologiques. Le site de carottage se retrouve à nouveau en position centrale dans la dépression avec réinstallation de sols hydromorphes. Ceci est d'ailleurs confirmé par le recul de *Xyris* qui doit se développer plus en périphérie. Toutefois, cette période étant mal représentée dans les diagrammes, nous ne pouvons tirer davantage de conclusions.

LA PHASE G II: ca. 3000 ans à ca. 900 ans B.P.

Cette période se caractérise par la réduction progressive du couvert forestier. Une baisse des arbres est enregistrée ca. 3000 ans

B.P. (diagramme Gama 1, fig. 27b). La composition des spectres, comparée à celle des échantillons de sols actuels, montre que la végétation sur le site est de type mosaïque, composée d'îlots forestiers et de prairies hygrophytiques. La bonne représentation des spores de Ptéridophytes traduirait une dégradation du milieu forestier comme cela a été mis en évidence dans les échantillons actuels. La strate herbacée occupe des superficies plus importantes que dans les phases antérieures.

Cette distribution des groupements végétaux semble assez proche de leur répartition naturelle actuelle sur le site, si l'on fait abstraction de l'action anthropique récente, surtout bien marquée au niveau des îlots forestiers (MAKANY, 1976).

Le développement d'une flore herbacée aussi importante met en évidence l'existence de sols exondés. Ceci supposerait un assèchement relatif du milieu en relation avec une baisse du niveau de la nappe phréatique. Toutefois, l'apparition d'*Elaeis guineensis*, dont l'origine anthropique est probable, n'exclut pas une possible influence de l'homme sur les groupements végétaux.

LA PHASE G I: ca. 900 ans B.P. à l'Actuel

La recrudescence de *Syzygium*, des Combretaceae et autres arbres au cours de cet épisode traduirait la dynamique récente de reconquête de la forêt dans la dépression. Cette dynamique s'observe encore actuellement en dépit de l'action anthropique (MAKANY, 1976). L'absence de cet événement sur le diagramme Gama 2 confirme son caractère local. Malgré des conditions hydrologiques qui seraient proches des actuelles, c'est-à-dire caractérisées par la proximité de la nappe phréatique, la couverture arborée ne semble donc pas avoir recolonisé l'ensemble du site postérieurement à 3 000 ans B.P. Les

spectres traduisent une végétation de type mosaïque îlots forestiers-prairies hygrophytiques, avec toutefois une forte dominance du faciès forestier.

5. Conclusion

Les différentes étapes de l'évolution des associations végétales sur l'Etang de Ngamakala mettent en évidence le rôle majeur des conditions hydrologiques locales, en l'occurrence les fluctuations de la nappe phréatique. Les éléments herbacés, très sensibles à ces fluctuations, sont d'une grande importance dans l'étude d'un tel milieu. Au cours des épisodes hydrologiques positifs, les sols sont immergés. Ces périodes correspondent au développement de la couverture forestière. De telles conditions sont défavorables au développement d'une strate herbacée. Au contraire, lors des épisodes hydrologiques négatifs traduites par une baisse du niveau de la nappe phréatique, la couverture arborée régresse, les sols sont exondés et exposés à la lumière favorisant le développement de prairies. La dynamique de la strate arborée est plus difficile à appréhender en raison surtout des difficultés à atteindre le niveau de détermination spécifique des taxons. En effet, il est vraisemblable que dans la classe des Sapotaceae, particulièrement bien représentées sur l'ensemble des diagrammes, soient regroupées des espèces à écologie différente. Un tel regroupement limite inévitablement l'intérêt écologique du groupe. Il existe toutefois des taxons comme *Syzygium* dont les observations issues de l'étude de la pluie pollinique actuelle permettent de l'attribuer à un milieu bien déterminé, dans le cas présent, à la forêt hydromorphe. Les fluctuations de ce dernier taxon au cours du temps permettent de

suivre l'évolution de la couverture arborée sur le site. La comparaison entre les fluctuations de *Syzygium* avec l'évolution de la prairie hydrophytique aboutit ainsi à des interprétations cohérentes.

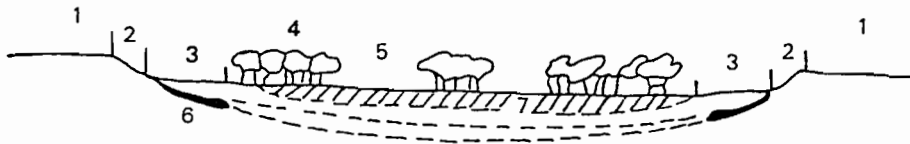
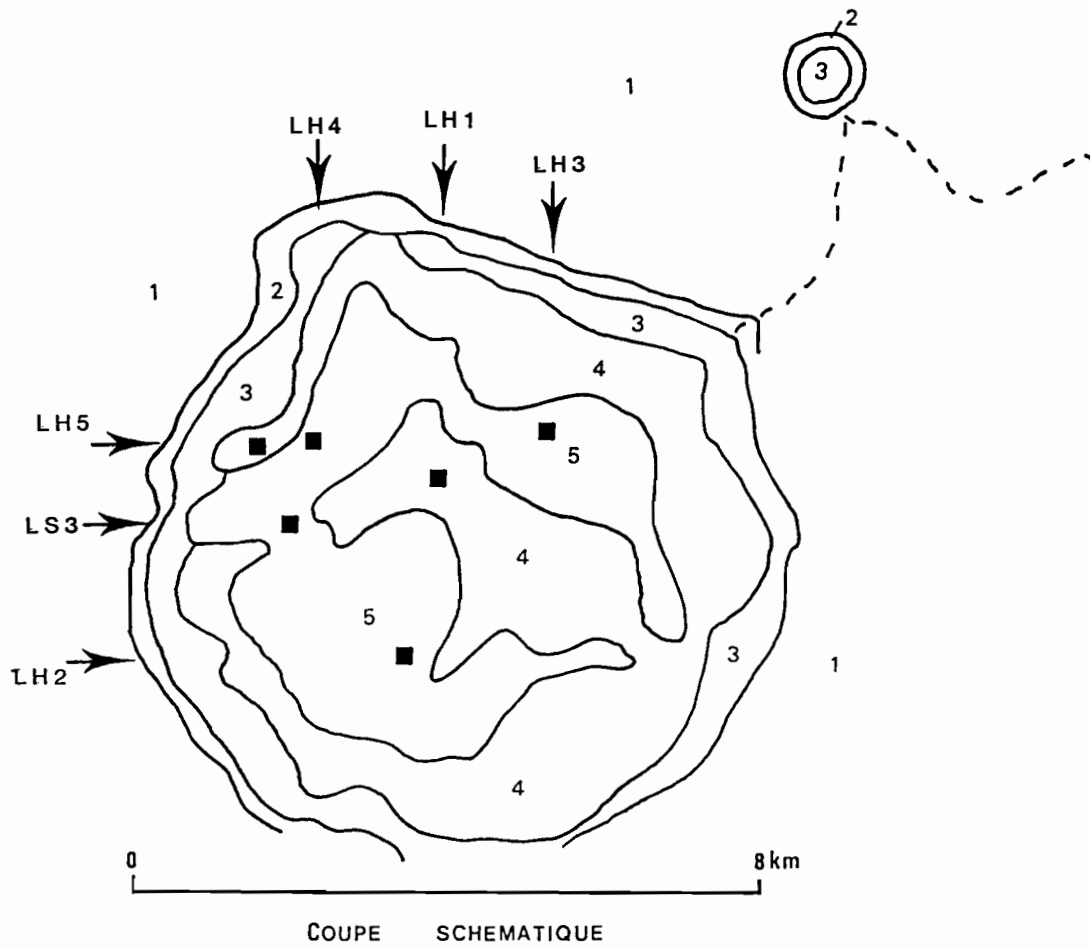
II. Le Bois de Bilanko

1. Description du site

La dépression du Bois de Bilanko (3° 31' S, 15° 21'E, alt. 600 m) se présente sous forme d'un anneau circulaire de 8 km de diamètre environ. Au centre de la dépression, se développe une forêt hydromorphe à *Syzygium*, interrompue régulièrement par des prairies à Gramineae et autres herbacées. La figure 29 présente la répartition de la végétation sur le site (d'après SOUCHERE, inédit, dans SCHWARTZ, 1985).

2. Les sondages

Cinq carottes ont été prélevées en 1988 (LH1, LH2, LH3, LH4 et LH5) qui viennent compléter la carotte LS3 obtenue lors d'une campagne antérieure par D. SCHWARTZ et R. LANFRANCHI en 1985. Leur localisation précise est donnée sur la figure 29. L'épaisseur maximale de tourbe recoupée a été de 110 cm dans la carotte LH5. Les autres carottes mesurent 60 cm. Leur lithologie est présentée sur la figure 30. Le tableau 12 présente les datations radiocarbone réalisées. Les âges obtenus montrent que les séquences recouvrent les 11 derniers mille ans.



LEGENDE

1. Sols ferrallitiques du plateau
2. Sols hydromorphes des ruptures de pente
3. Lousséké
4. Forêt hydromorphe sur tourbe
5. Radeaux graminéens sur tourbe
6. Alios humique
7. Tourbe
8. Mare d'eau libre

Fig. 29 : La dépression du Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m),

(d'après SOUCHERE, inédit, dans SCHWARTZ, 1985).

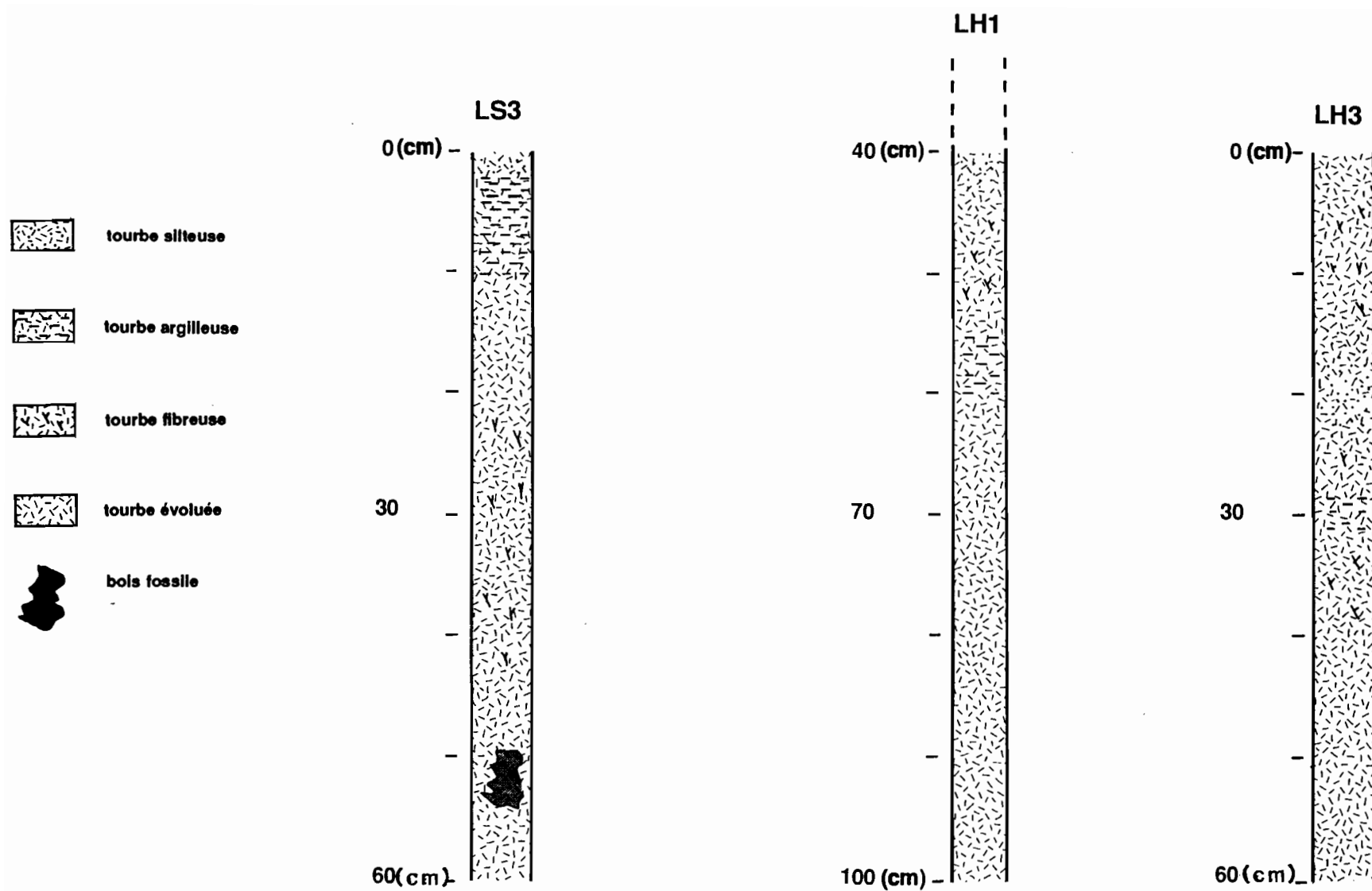


Fig. 30 : Les carottes du Bois de Bilanko : lithologie.

Carotte	N° Labo.	Profondeur (cm)	Age ^{14}C B.P.	Nature de l'échantillon
LH1	LGQ 562	0-8	1340 ± 130	Matière organique
LH3	LGQ 496	25-32	1490 ± 110	Matière organique
LH3	LGQ 498	0-10	2580 ± 120	Matière organique
LH3	LGQ 563	15-25	2720 ± 120	Matière organique
LH1	LGQ 497	90-100	4490 ± 140	Matière organique
LH3	LGQ 565	38-45	6000 ± 130	Matière organique
LH3	LGQ 243	50-60	6810 ± 230	Matière organique
LS3	UQ 1463	49-54	10850 ± 200	Bois fossile

Tabl. 12: Ages ^{14}C des sédiments du Bois de Bilanko

3. Analyses palynologiques

Trois carottes ont fait l'objet d'analyses palynologiques détaillées. Ce sont: LS3, LH3 et LH1. Le choix des carottes étudiées a été dicté par les âges obtenus à la base et au sommet de chaque séquence. L'objectif était d'obtenir une séquence synthétique continue et la plus longue possible dans le temps.

La carotte LS3 a été précédemment étudiée (ELENGA, 1987;) et les résultats ont fait l'objet de deux publications (ELENGA et VINCENS, 1990; ELENGA et al., sous presse).

Au total, pour les trois carottes, 54 niveaux ont été analysés. La liste des taxons identifiés est donnée sur le tableau 13.

LA CAROTTE LS3

Elle a été subdivisée en trois zones palynologiques (fig. 31a et b):

Zone palynologique 3: 60 à 41 cm

Les taxons arborescents représentent en moyenne 85% de la somme pollinique (fig. 31b). Le plus abondant est *Syzygium* (50 à 70%), associé à *Podocarpus latifolius* (35%, entre 60 et 50cm), *Olea capensis* et *Ilex mitis* (5 à 10%). Au sommet de la zone, entre 45 et 41 cm de profondeur, d'autres taxons arborés tels que *Macaranga* et *Allophylus* et lianascents tels que *Canthium* sont assez bien représentés (fig. 31a). Parmi les herbacées seules les Cyperaceae (1 à 3%) sont présentes. Les spores de Ptéridophytes représentent 10% environ (fig. 31b).

Zone palynologique 2: 41 à 10 cm

Les taxons arborés atteignent des pourcentages de 90% environ (fig. 31b). *Syzygium* reste le taxon dominant avec 80% en moyenne. Les Combretaceae, *Macaranga*, *Celtis*, *Alchornea* et *Celtis* sont également présents mais en pourcentages très faibles (1 à 2%). En revanche,

Tabl. 13: Liste des taxons polliniques identifiés dans les échantillons fossiles du Bois de Bilanko

Taxons arborescents

AGAVACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>steudneri</i> *
ANACARDIACEAE	<i>Lannea</i> *	
ANACARDIACEAE	<i>Trichoscypha</i> *	<i>arborea</i>
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex</i>	<i>mitis</i>
ARALIACEAE	<i>Schefflera</i>	<i>myriantha</i> *
BOMBACACEAE	<i>Bombax</i>	<i>buonopozense</i> *
CAESALPINIOIDEAE	<i>Gilbertiodendron</i> *	<i>dewevri</i>
CAESALPINIOIDEAE	<i>Guibourtia</i>	<i>demeusii</i> *
CELASTRACEAE/HIPPOCR		
COMBRETAC/MELASTOMAT		
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Antidesma</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Bridelia</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Chaetocarpus</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Cleistanthus</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Erythrococca</i> *	
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Phyllanthus</i> *	<i>niruri</i>
EUPHORBIACEAE	<i>Securinega</i> *	<i>virosa</i>
EUPHORBIACEAE	<i>Tetrorchidium</i>	
GUTTIFERAE	<i>Garcinia</i>	
GUTTIFERAE	<i>Harungana</i>	
GUTTIFERAE	<i>Hypericum</i>	
GUTTIFERAE	<i>Pentadesma</i>	<i>butyracea</i>
GUTTIFERAE	<i>Psorospermum</i>	<i>febrifugum</i> *
HYMENOCARDIACEAE	<i>Hymenocardia</i>	
LOGANIACEAE	<i>Anthocleista</i>	
MELIACEAE	<i>Ekebergia</i> *	
MORACEAE	<i>Ficus</i>	
MORACEAE	<i>Myrianthus</i> *	<i>holstii</i>
MORACEAE	<i>Treculia</i> *	<i>africana</i>
MORACEAE	<i>Trilepisium</i> *	<i>madagascariensis</i>
MYRISTICACEAE	<i>Pycnanthus</i>	
MYRSINACEAE	<i>Rapanea</i>	<i>melanophloeos</i>
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i> *	
OCHNACEAE	<i>Campylospermum</i>	
OLEACEAE	<i>Olea</i>	<i>capensis</i>
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus</i>	
ROSACEAE	<i>Parinari</i> *	
RUBIACEAE	<i>Gaertnera</i>	<i>paniculata</i> *
RUBIACEAE	<i>Hymenodictyon</i> *	<i>floribundum</i>
RUBIACEAE	<i>Pausinystalia</i>	<i>macroceras</i>
RUTACEAE	<i>Teclea</i> *	
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum</i> *	<i>usambarense</i>
SAPINDACEAE	<i>Allophylus</i>	
SAPINDACEAE	<i>Blighia</i> *	<i>unijugata</i>
SAPOTACEAE		
ULMACEAE	<i>Celtis</i>	
ULMACEAE	<i>Trema</i> *	<i>orientalis</i>

Taxons herbacés

AMARANTHACEAE	<i>Achyranthes</i> *	<i>aspera</i>
AMARANTHACEAE	<i>Sericostachys</i> *	<i>scandens</i>
ASCLEPIADACEAE	<i>Tacazzea</i>	<i>apiculata</i>
CAESALPINIOIDEAE	<i>Cassia</i> *	<i>didymobotrya</i>

Tabl. 13 (suite)

COMMELINACEAE	<i>Commelina*</i>	<i>forskalaei</i>
COMPOSITAE	<i>Liguliflorae</i>	
COMPOSITAE	<i>Tubuliflorae</i>	
CUCURBITACEAE		
CYPERACEAE		
CYPERACEAE	<i>Ascolepis</i>	
ERIOCAULACEAE		
GENTIANACEAE		
GRAMINEAE		
HALORAGACEAE	<i>Laurembergia</i>	<i>tetrandra</i>
MALPIGHIACEAE	<i>Flabellaria*</i>	<i>paniculata</i>
NYMPHAEACEAE	<i>Nymphaea</i>	<i>lotus*</i>
PAPILIONOIDEAE	<i>Indigofera*</i>	
POLYGALACEAE	<i>Polygala*</i>	
RUBIACEAE	<i>Rubia*</i>	
RUBIACEAE	<i>Stipularia</i>	<i>africana</i>
RUBIACEAE	<i>Vangueria*</i>	<i>acutiloba</i>
TYPHACEAE	<i>Typha</i>	
URTICACEAE		
VERBENACEAE		
VERBENACEAE	<i>Clerodendrum</i>	
VERBENACEAE	<i>Lantana*</i>	<i>viburnoides</i>

Spores de Ptéridophytes

_PTERIDOPHYTA	<i>Monoletes</i>
_PTERIDOPHYTA	<i>Triletes</i>
_BRYOPHYTA	<i>Anthocerotaceae</i>
_BRYOPHYTA	<i>Sphagnum</i>

Lianes

APOCYNACEAE	<i>Landolphia*</i>
DILLENIACEAE	<i>Tetracera</i>
ICACINACEAE	<i>Iodes</i>
MIMOSOIDEAE	<i>Entada*</i>
OLACACEAE	<i>Anacolosa</i>
RANUNCULACEAE	<i>Clematis*?</i>
RUBIACEAE	<i>Canthium*</i>

Epiphytes

LORANTHACEAE	<i>Tapinanthus*</i>
--------------	---------------------

Taxons indifférenciés

CAESALPINIOIDEAE		
EUPHORBIACEAE		
LEGUMINOSAE		
MONOCOTYLEDONEAE		
PAPILIONOIDEAE		
RUBIACEAE		
_INDETERMINES		
_INDETERMINES	Congo	34
_INDETERMINES	Congo	70

Podocarpus latifolius, *Olea capensis* et *Ilex mitis* ne sont plus présents que de façon épisodique (fig. 31a). Les herbacées sont très rares, avec seulement quelques Gramineae et Cyperaceae. Les spores de Ptéridophytes varient entre 1 et 5% (fig. 31b).

Zone palynologique 1: 10 à 0 cm

Cette zone se caractérise par une baisse relative des pourcentages de *Syzygium* (40%) et aussi par la disparition totale des pollens de *Podocarpus latifolius*, *Olea capensis* et *Ilex mitis*. Par contre, les Combretaceae sont bien représentées au sommet de la zone (20%), de même que *Allophylus*, *Alchornea* et *Canthium* (fig. 31a). Les Gramineae, avec 2%, et même 10% au sommet de la zone, sont les herbacées les mieux représentées. Les spores de Ptéridophytes montrent une légère augmentation par rapport à la fin de la zone précédente (fig. 31b).

Remarque: La limite entre les zones 2 et 1 est marquée par le passage d'une tourbe évoluée à une tourbe argileuse.

LA CAROTTE LH1

Le sommet de la carotte (0-40 cm) LH1 n'a pas été prélevé en raison du caractère hydromorphe du sédiment. Cette séquence débute donc à partir de 40 cm de profondeur. Sur la base des fluctuations des principaux taxons, trois zones palynologiques ont été différenciées sur cette carotte (fig. 32a et b):

Zone palynologique 3: 100 à 62 cm

Les taxons arborés représentent près de 90% de la somme pollinique (fig. 32b). Les taxons les plus abondants sont: *Syzygium* (45-50%), les Combretaceae (10-20%), *Campylospermum* (10-15%) et des Sapotaceae (10 à 20%). Ils sont associés, avec des pourcentages de 2 à 8%, à: *Pausinystalia macroceras*, *Gaertnera paniculata*, *Alchornea*,

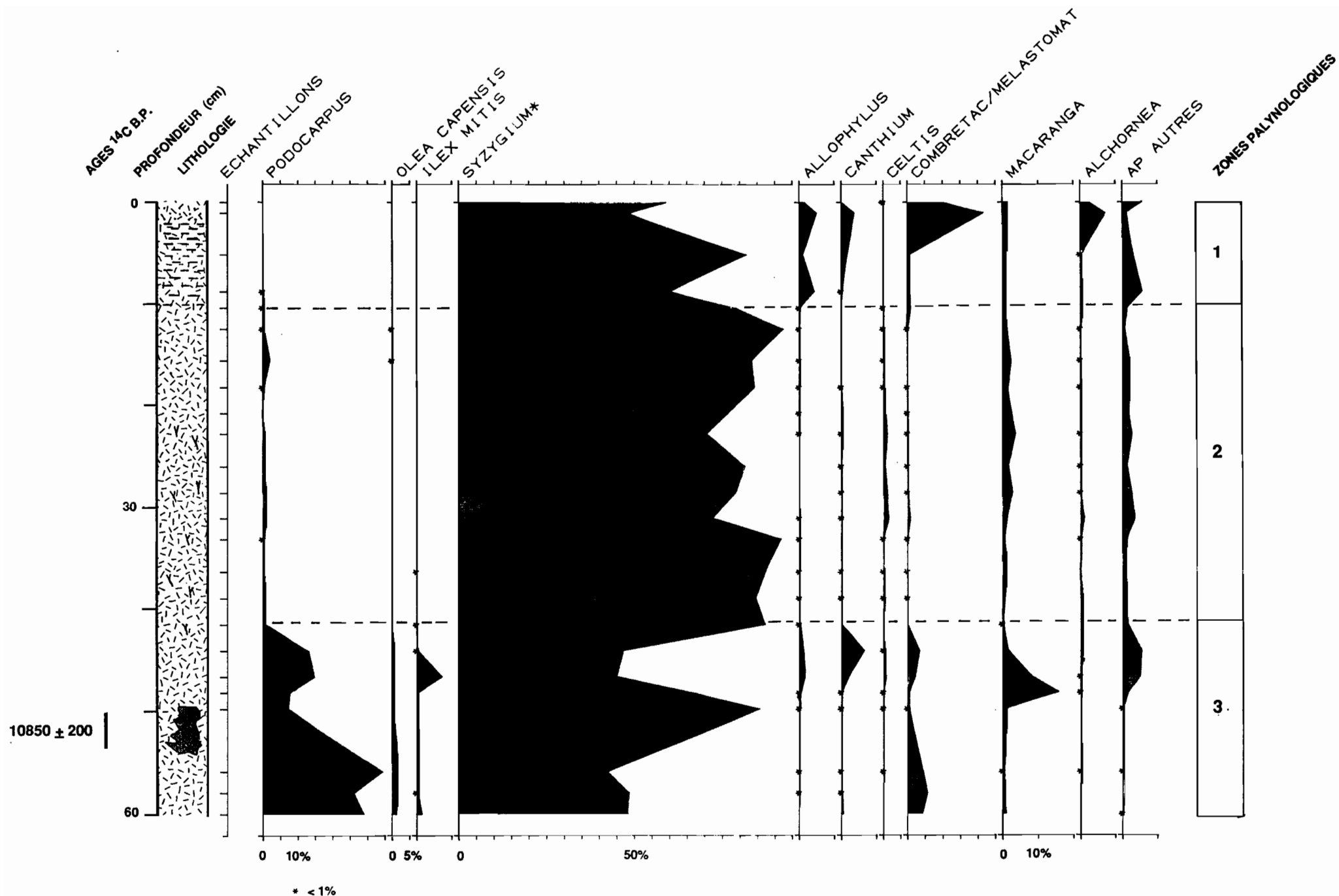


Fig. 31a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte LS3, Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m), Plateaux Bateke (Congo).

(% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

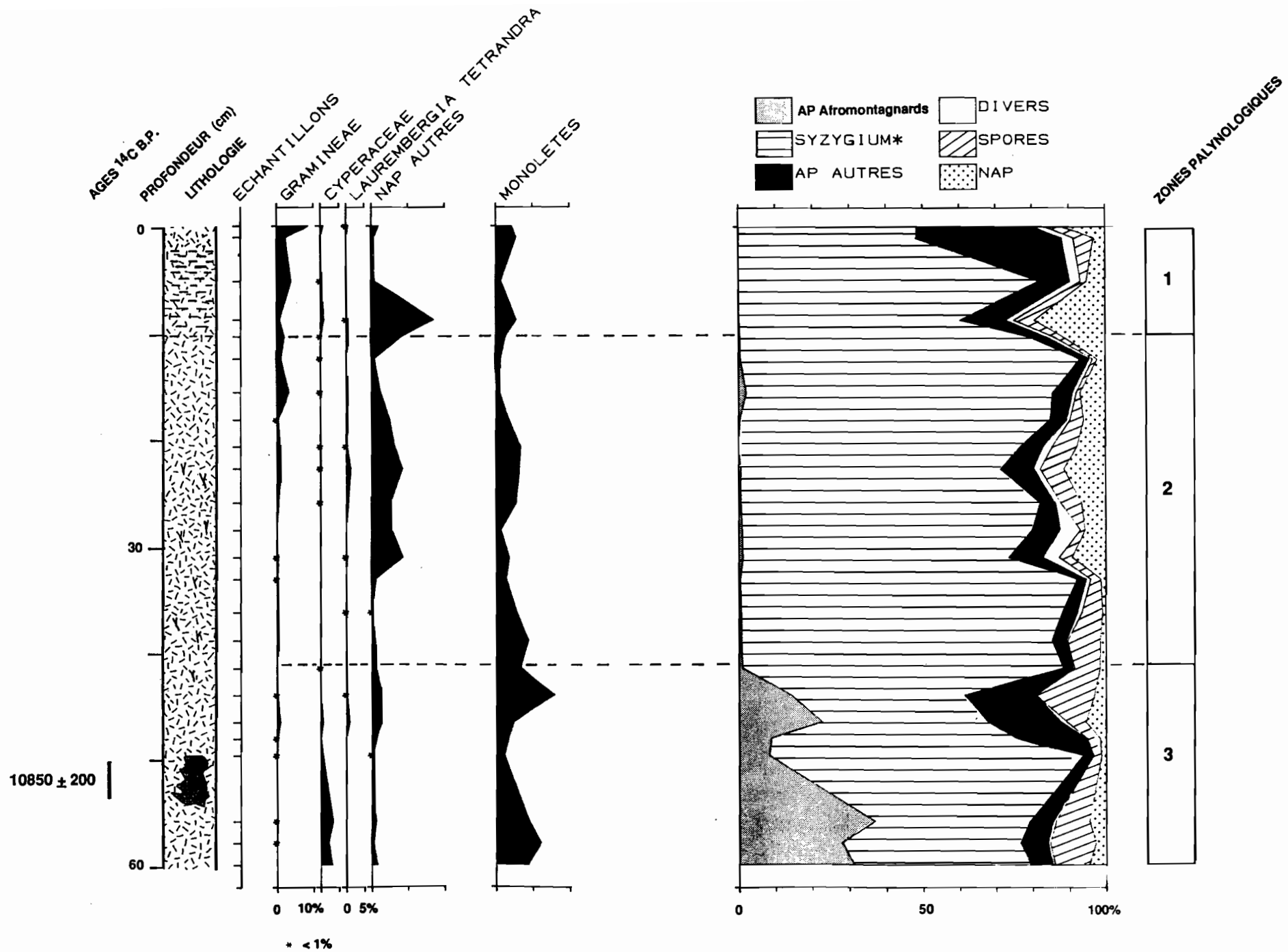


Fig. 31b : Diagrammes polliniques de la carotte LS3. Principaux taxons herbacés, diagramme synthétique.

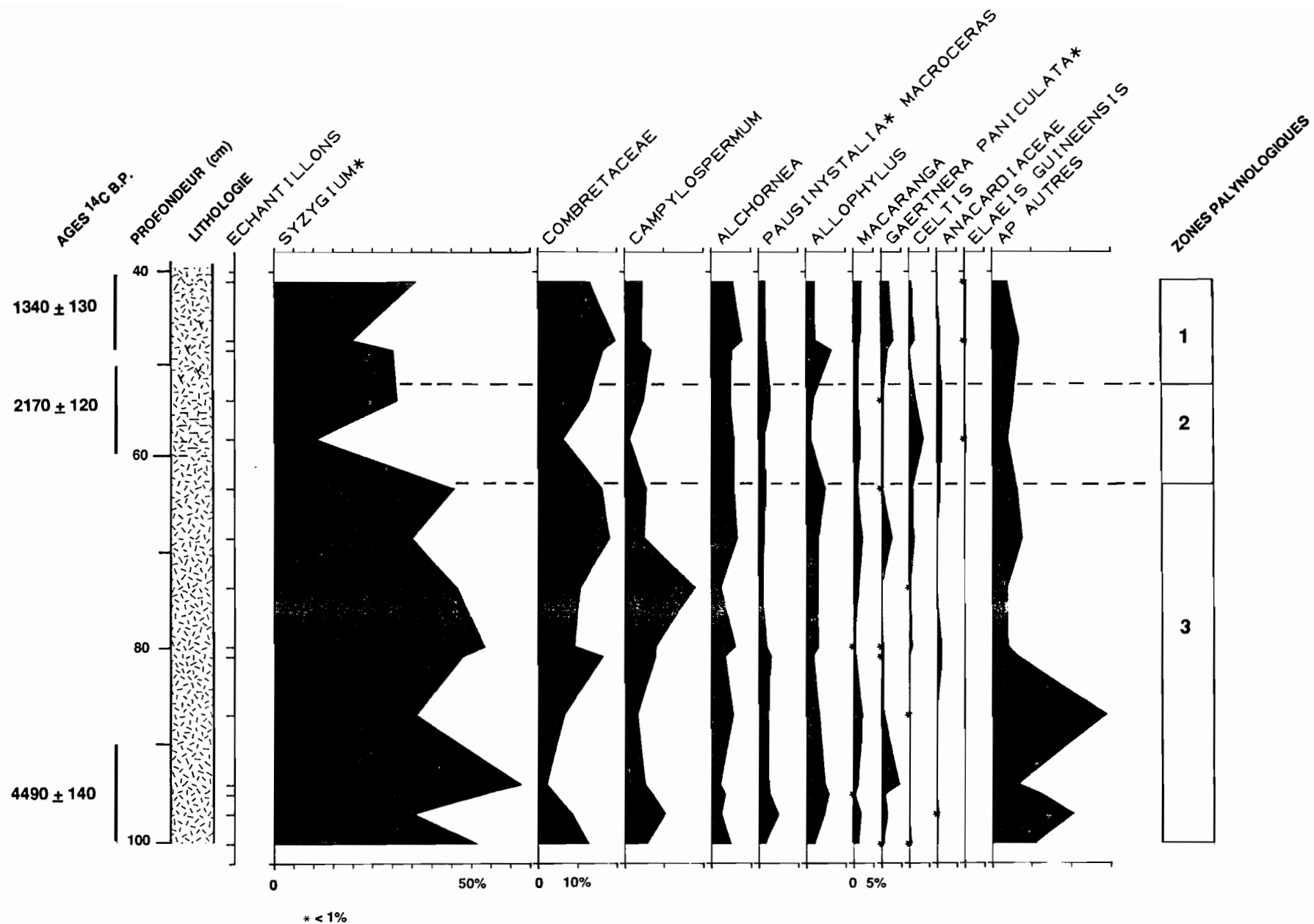


Fig. 32a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte LH1, Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m), Plateaux Bateke (Congo).

(% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

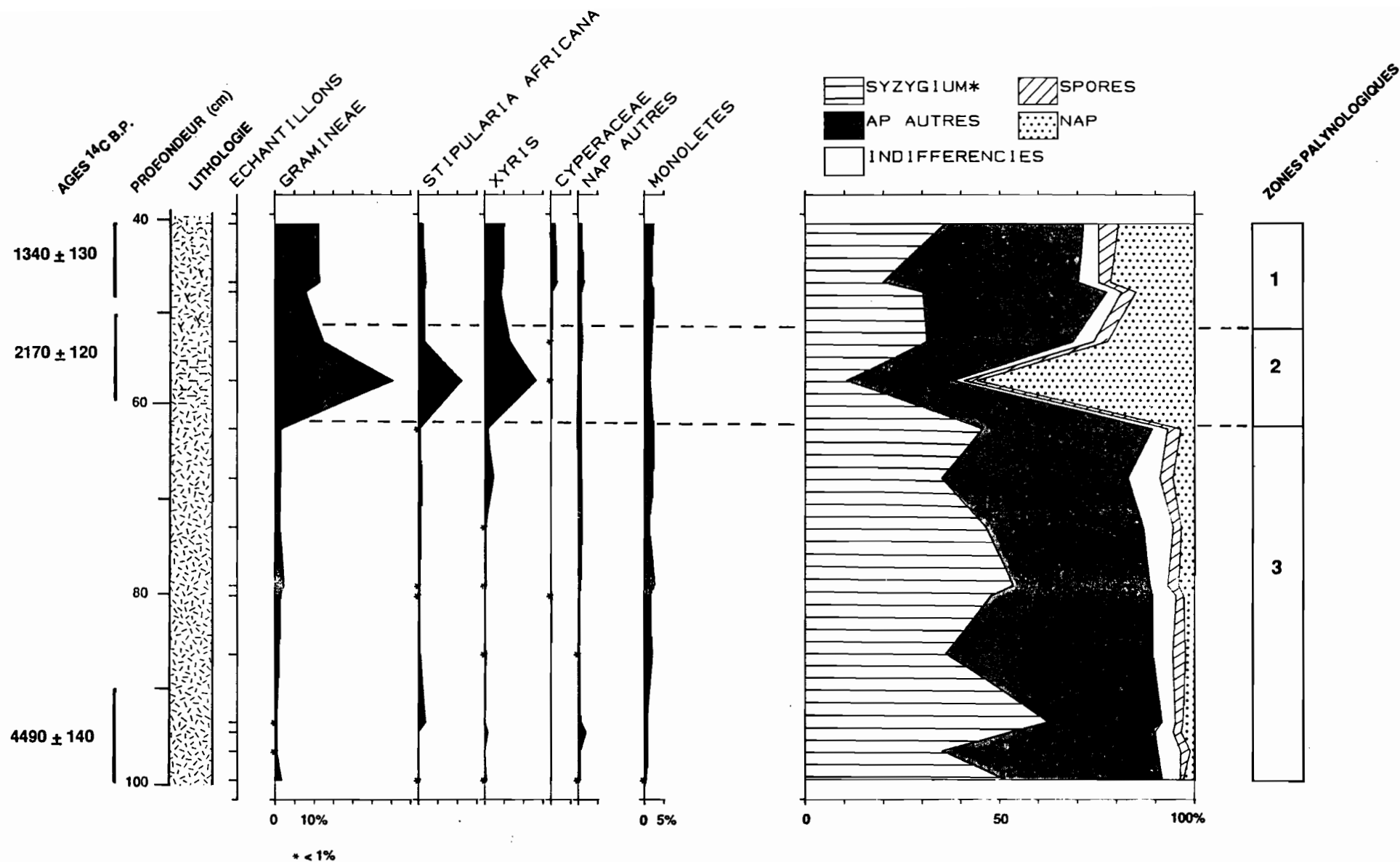


Fig. 32b : Diagrammes polliniques de la carotte LH1. Principaux taxons herbacés, diagramme synthétique.

Allophylus, *Macaranga* et *Celtis* (fig. 32a). Les herbacées sont rares (environ 1% à la base de la zone, puis 5 % vers le sommet). Les spores de Ptéridophytes sont présentes avec 2% en moyenne.

Zone palynologique 2: 62 à 32 cm

Cette zone est caractérisée par une augmentation brutale des pourcentages polliniques des herbacées vers 55cm, en particulier des Gramineae (30%), *Stipularia africana* (15%), *Xyris* (15%) et des Cyperaceae (2%) (fig. 32b). Parallèlement, on observe une baisse des pourcentages polliniques des arbres: *Syzygium* (10%), *Campylospermum* (5%)... (fig. 32a). Sur le plan de la composition floristique, cette zone est marquée par l'apparition du pollen d'*Elaeis guineensis* (fig. 32a).

Zone palynologique 1: 32 à 0 cm

Cette zone est caractérisée par la baisse progressive des pourcentages polliniques des plantes herbacées qui passent de 60% à 20%, alors que ceux des éléments arborés augmentent (fig. 32b). Les Gramineae (10%), *Stipularia africana* (2%) et *Xyris* (5%) restent les herbacées les mieux représentées (fig. 32b).

LA CAROTTE LH3

Quatre zones palynologiques ont été définies sur cette carotte (fig. 33a et b):

Zone palynologique 4: 60 à 40 cm

Dans cette zone, les taxons arborés représentent 90% de la somme pollinique totale. Les taxons les plus abondants sont: *Syzygium* (50-60%), *Campylospermum* (10-20%), *Pausinystalya macroceras* (8%), des Sapotaceae, *Macaranga* et *Gaertnera paniculata* (5%) (fig. 33a). Les pollens d'herbacées sont très rares. Dans la partie supérieure de la zone, se développent d'autres taxons arborés tels que: *Alchornea*,

Celtis et lianescent tel que *Canthium*. Les taxons herbacés sont représentés par des Gramineae (5%) et *Xyris* (2%) (fig. 33b).

Zone palynologique 3: 40 à 22 cm

Elle se caractérise par la brusque augmentation des grains de pollen des plantes herbacées vers 40 cm de profondeur. Ce sont: des Gramineae (15%), *Stipularia africana* (2%), *Laurembergia tetrandra* (2%) et *Xyris* (20%). Les spores de Ptéridophytes sont également bien représentées (15%) (figure 33b). Certains taxons arborés tels que *Syzygium* (10%), *Campylospermum* (2%), *Pausinystalia macroceras*, *Gaertnera paniculata* et les Sapotaceae (1 à 2%), sont en très nette baisse. D'autres tels que *Macaranga*, les Combretaceae, *Celtis* et les Moraceae sont par contre bien représentés (fig. 33a).

Zone palynologique 2: 22 à 12 cm

Les pourcentages polliniques des herbacées baissent rapidement. Ainsi, les Gramineae (5%), *Xyris* (5%), *Stipularia africana* et *Laurembergia tetrandra* diminuent d'une façon significative ou disparaissent presque totalement (fig. 33b). L'ensemble des taxons arborescents est bien représenté, en particulier avec *Syzygium* (40%) et des Combretaceae (10%). C'est dans cette zone qu'apparaît le pollen d'*Elaeis guineensis* (fig. 33a).

Zone palynologique 1: 12 à 0 cm

Cette zone enregistre une recrudescence des plantes herbacées, avec essentiellement des Gramineae (20%) et *Xyris* (15%) (fig. 33b). Les taxons arborescents sont dans l'ensemble bien représentés (fig. 33a).

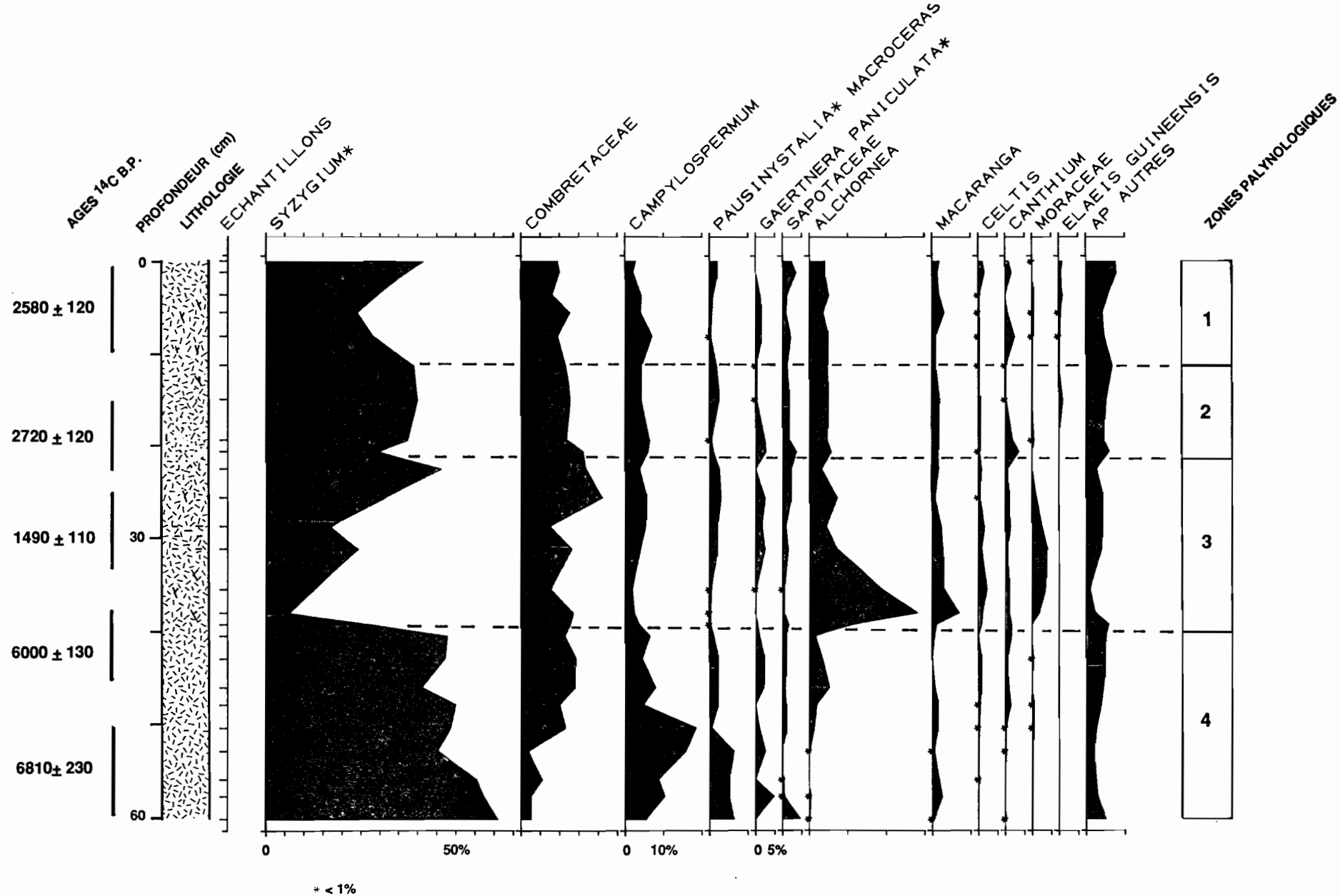


Fig. 33a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte LH3, Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m), Plateaux Bateke (Congo).

(% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

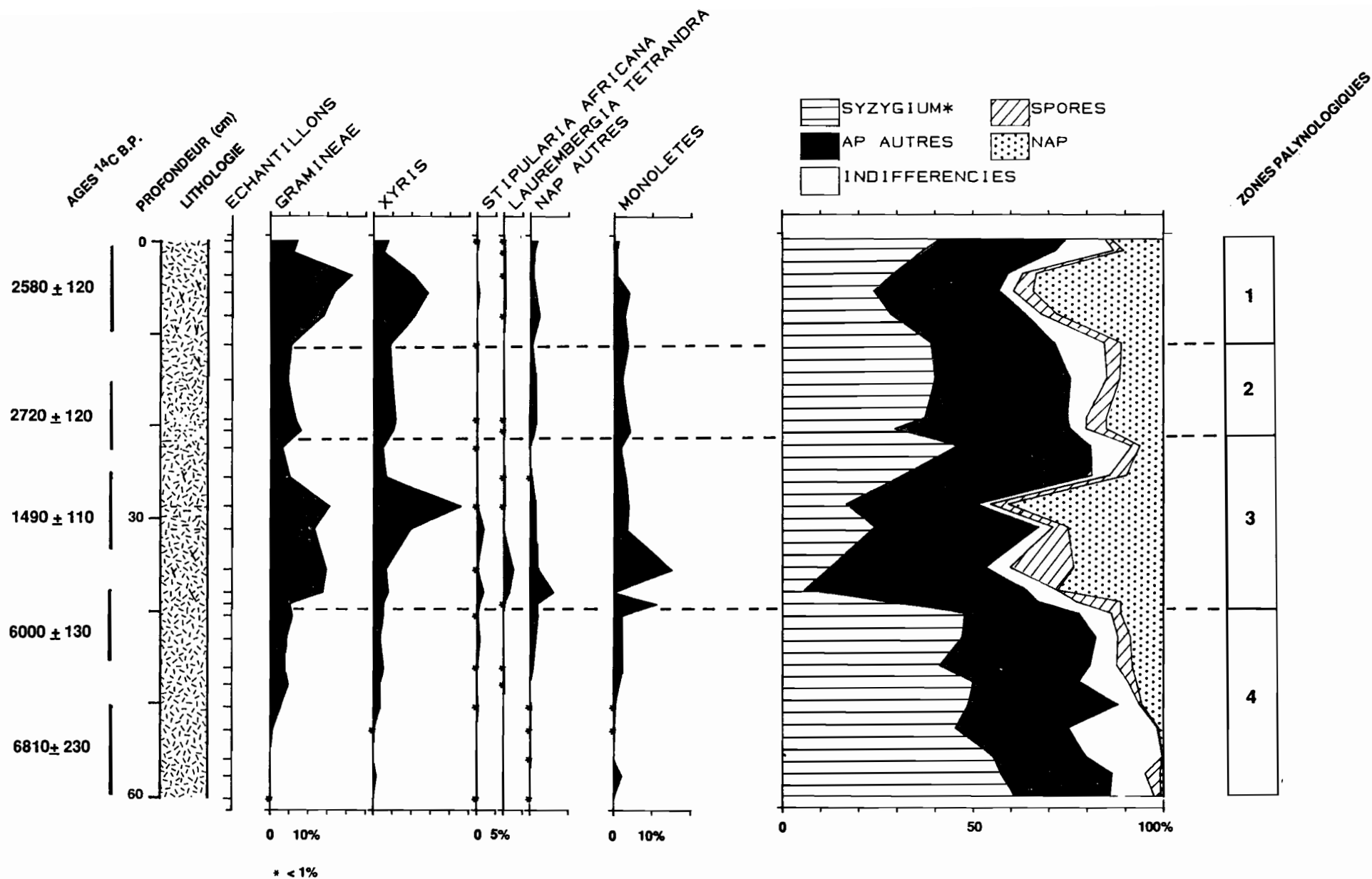


Fig. 33b : Diagrammes polliniques de la carotte LH3. Principaux taxons herbacés, diagramme synthétique.

4. Interprétation des résultats

a. Corrélations entre les diagrammes et chronologie

Les corrélations entre les différents diagrammes du Bois de Bilanko permettent de définir 4 phases d'évolution des paléovégétations sur ce site (fig. 34):

LA PHASE B IV

Elle correspond à la base de la carotte LS3 (zone palynologique 3) et est caractérisée par la présence de *Podocarpus latifolius*, *Olea capensis* et *Ilex mitis*.

LA PHASE B III

Elle est présente sur les trois diagrammes: sur LS3 (zone palynologique 2), sur LH1 (zone palynologique 3) et sur LH3 (zone palynologique 4) et est marquée par la prédominance des taxons arborescents appartenant à d'autres genres ou espèces que ceux caractérisant la PHASE B IV.

LA PHASE B II

Elle est mise en évidence sur les diagrammes LH3 (zone palynologique 3) et LS3 (zone palynologique 1) et LH1 (zone palynologique 2), et est caractérisée par l'abondance des plantes herbacées. Elle correspond également à l'apparition d'*Elaeis guineensis* sur les diagrammes LH1 et LH3.

LA PHASE B I

Représentée au sommet des diagrammes LH3 (zones palynologiques 1 et 2) et LH1 (zone palynologique 1), elle est caractérisée par une légère augmentation de taxons arborescents par rapport aux herbacées.

La zone palynologique 1 de la séquence LH3 peut être considérée comme appartenant à la PHASE B I puisqu'elle ne montre pas une différence significative avec la zone 2 qui la précède.

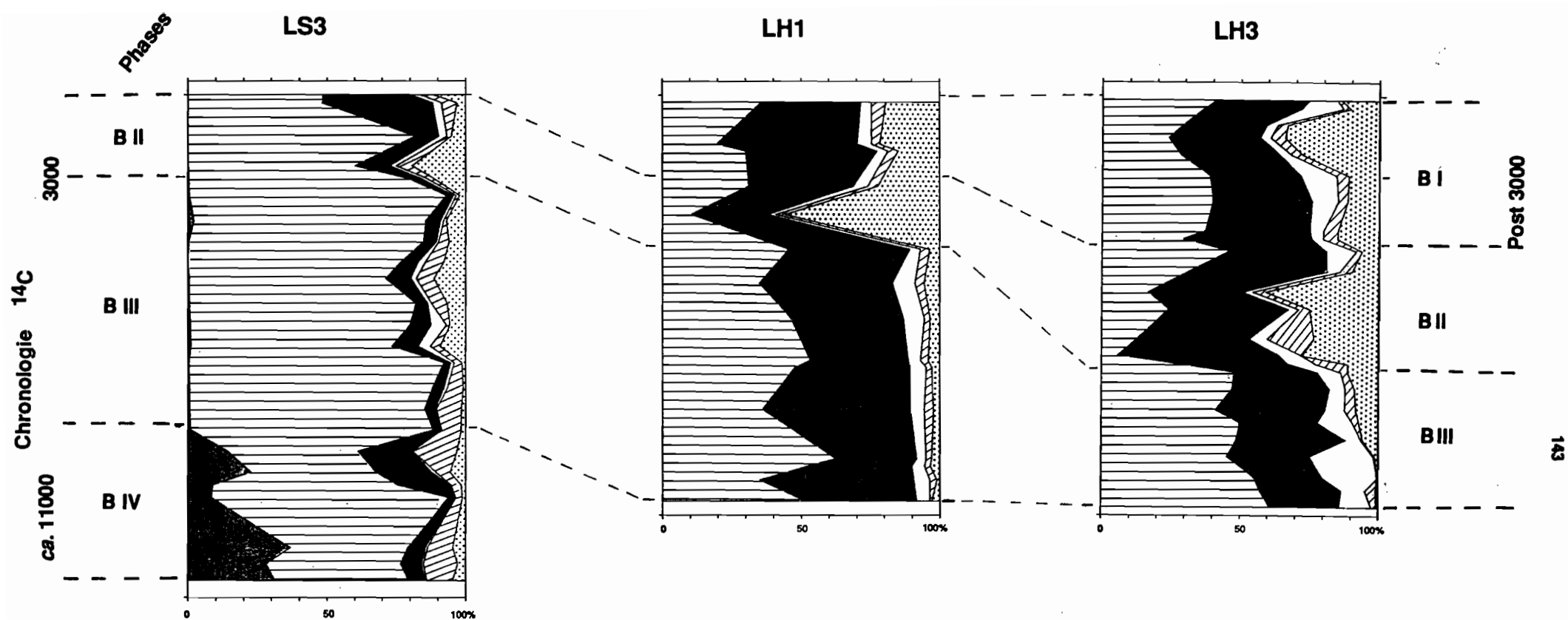


Fig. 34 : Zonation pollinique des carottes du Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m),

Plateaux Bateke (Congo). Corrélations entre les diagrammes.

Si l'on considère les âges radiocarbone obtenus sur les trois carottes comme valables (tableau 12), cette succession de phases aurait la chronologie suivante:

- PHASE B IV: ca. 11 000 ans B.P.
- PHASE B III: entre ca. 11 000 ans B.P. et ca. 3000 ans B.P.
- PHASE B II: ca. 3000 ans B.P.
- PHASE B I: post ca. 3000 ans B.P. à l'Actuel

b. Reconstitutions paléobotaniques et paléohydrologiques du site du Bois de Bilanko depuis ca. 11 000 ans B.P.

L'interprétation des données est effectuée sur les mêmes bases que celles utilisées dans le cas du site de Ngamakala.

LA PHASE B IV: ca. 11 000 ans B.P.

La prédominance des éléments arborés (plus de 90%) traduit la présence d'un milieu forestier sur le site de l'étude au cours de cette période. Du point de vue floristique, cette zone est marquée par la présence d'éléments à affinités afromontagnardes tels que *Podocarpus latifolius*, *Olea capensis* et *Ilex mitis*. Ces éléments sont actuellement absents de la flore des Plateaux Bateke. En outre, dans les échantillons de sols actuels provenant de cette région, aucun grain de pollen de ces éléments n'a été rencontré. La plus proche station par rapport au site de l'étude et sur laquelle *Podocarpus latifolius* a été recensé se trouve à plus de 300 km au nord-ouest, sur le Mont Kouyi (MALEY et al., 1990). Or, un transport par les vents des grains de pollen de cette espèce sur une telle distance ne saurait expliquer les pourcentages aussi élevés enregistrés dans nos spectres (COETZEE, 1967; HAMILTON et PERROT, 1980; VINCENS, 1982). Il apparaît donc que ca. 11 000 ans B.P., des associations végétales

renfermant *Podocarpus latifolius*, *Olea capensis* et *Ilex mitis* se seraient développées au voisinage du Bois de Bilanko. Si l'on se réfère aux conditions biogéographiques actuelles des aires dans lesquelles se rencontrent ces éléments, entre 1200m et 2000 m d'altitude, il apparaît que la migration de ces espèces dans les Plateaux Bateke serait surtout liée à une baisse des températures moyennes annuelles. A la fin de cette phase, la composition de la strate arborée se diversifie grâce à la présence d'éléments de forêts mésophiles qui traduirait une augmentation progressive des précipitations.

LA PHASE B III: ca. 11 000 ans B.P. à ca. 3000 ans B.P.

Cet épisode est dominé par l'association *Syzygium*, *Campylospermum*, *Gaertnera* et *Pausinystalia*, reconnue comme caractéristique de la forêt hygrophile (MAKANY, 1976). Le développement de la forêt mésophile amorcé à la fin de la période précédente se poursuit jusqu'à ca. 3000 B.P. Celle-ci devait occuper toute la superficie de la dépression comme en témoignent d'une part, l'absence de la prairie hygrophytique, et d'autre part la mise en évidence de cette forêt sur tous les diagrammes, y compris ceux provenant de sondages prélevés en zone actuellement occupée par les prairies. Cette épisode indiquerait donc une très nette amélioration des conditions hydrologiques et thermiques, confirmée par la disparition des plantes afromontagnardes qui ne trouvent plus les conditions biogéographiques favorables à leur maintien ni à leur développement.

LA PHASE B II: ca. 3 000 ans B.P.

Un bref épisode d'ouverture de la couverture arborée est enregistré vers 3000 ans B.P. La forêt reste la formation principale

sur le site, mais la présence de prairies à *Xyris*, Gramineae et autres herbacées tendrait à montrer que la couverture forestière n'occupe plus l'ensemble du site. De la même façon, la faible représentation d'éléments arborés en particulier de *Syzygium*, montre en comparaison du spectre actuel obtenu sur ce même site, que la forêt est nettement moins étendue qu'actuellement. La végétation devait ressembler à une mosaïque d'îlots forestiers et de prairies hygrophytiques. Sur le plan hydrologique, la mise en place de prairies traduirait un déficit hydrique marqué par une baisse du niveau de la nappe phréatique.

LA PHASE B I: post ca. 3 000 ans B.P. à l'Actuel

Après une brève recrudescence du milieu forestier postérieurement à 3000 ans B.P., sans jamais cependant faire disparaître totalement les prairies, un épisode de redéveloppement de ces dernières est enregistré ca. 2170 ans B.P. sur le diagramme de la carotte LH1 et ca. 2500 ans B.P. sur celui de la carotte LH3. La végétation sur le site garde un caractère de type mosaïque îlots forestiers-prairies hygrophytiques avec toutefois une forte dominance du faciès forestier. L'apparition d'*Elaeis guineensis* synchrone de l'âge de la métallurgie du fer dans cette région (voir p. 206), autorise à envisager une possible action anthropique sur la végétation au cours de cette phase. La présence de *Syzygium* dans des proportions comparables à celles enregistrées dans l'échantillon actuel provenant de ce site, indiquerait que la configuration actuelle de la végétation du Bois de Bilanko daterait de cette période ca. 2500-2100 ans B.P.

5. Conclusion

Tout comme sur le site de Ngamakala, l'évolution des paléovégétations dans la dépression du Bois de Bilanko montre l'influence majeure des conditions hydrologiques, auxquelles s'associe ca. 11000 B.P. l'influence de la température. Les oscillations de la nappe phréatique déterminent la répartition des différentes associations végétales sur le site. Globalement, la couverture végétale sur le site est restée forestière depuis ca. 11 000 ans B.P. Les phases de développement de prairies qui coïncident avec des épisodes de baisse du niveau de la nappe phréatique n'ont cependant pas conduit à des modifications fondamentales de la répartition des associations végétales.

Les principales phases d'évolution des paléoenvironnements végétaux sont synchrones sur les deux sites des Plateaux Bateke. Ceci montre que la dynamique hydrologique qui est à la base de ces modifications est un phénomène de grande amplitude, à l'échelle de la région d'étude.

B. LE LITTORAL

Le littoral est, par son exposition sur l'océan, soumis à des conditions climatiques particulières. Il est de ce fait pourvu d'une végétation et d'une flore spécifiques et constitue une zone favorable aux reconstitutions paléobotaniques et paléoclimatiques. En effet, des prospections antérieures basées sur l'étude de macrorestes végétaux conservés *in situ* avaient mis en évidence la présence d'une forêt dense ombrophile sur la frange littorale, particulièrement bien

développée vers 6000 ans B.P. (SCHWARTZ *et al.* , 1990b). Cette forêt aurait disparu vers 3000 ans B.P. à la suite de la dégradation des conditions climatiques. Des analyses palynologiques ont donc été effectuées sur l'un des sites ayant livré les macrorestes afin de compléter ces données.

I. Le site CORAF

1. Description du site

Le site de prélèvement est situé au nord de Pointe Noire, près de la Congolaise de Raffinage (CORAF) (fig. 35a). Il s'agit d'un niveau de tourbe, localement recouvert par des sables de plage. Ce niveau est localement et occasionnellement mis à jour par l'érosion marine qui forme un front d'ablation de 2 à 3 m (fig. 35b). La base de la tourbe repose sur un horizon aliotique à la surface duquel de nombreux morceaux de bois disposés horizontalement, laisseraient supposer que ces niveaux tourbeux se seraient déposés sur d'anciens méandres (fig. 35b).

2. Les sondages

Deux carottes, situées à moins d'un mètre l'une de l'autre, ont été prélevées selon la méthode d'enfoncement de tubes PVC par percussion. L'épaisseur du dépôt recoupé est de 60 cm, celui-ci étant vraisemblablement légèrement compacté en raison du mode de prélèvement. Les sédiments sont des tourbes à forte proportion de sables. La lithologie des carottes est présentée sur la figure 36.

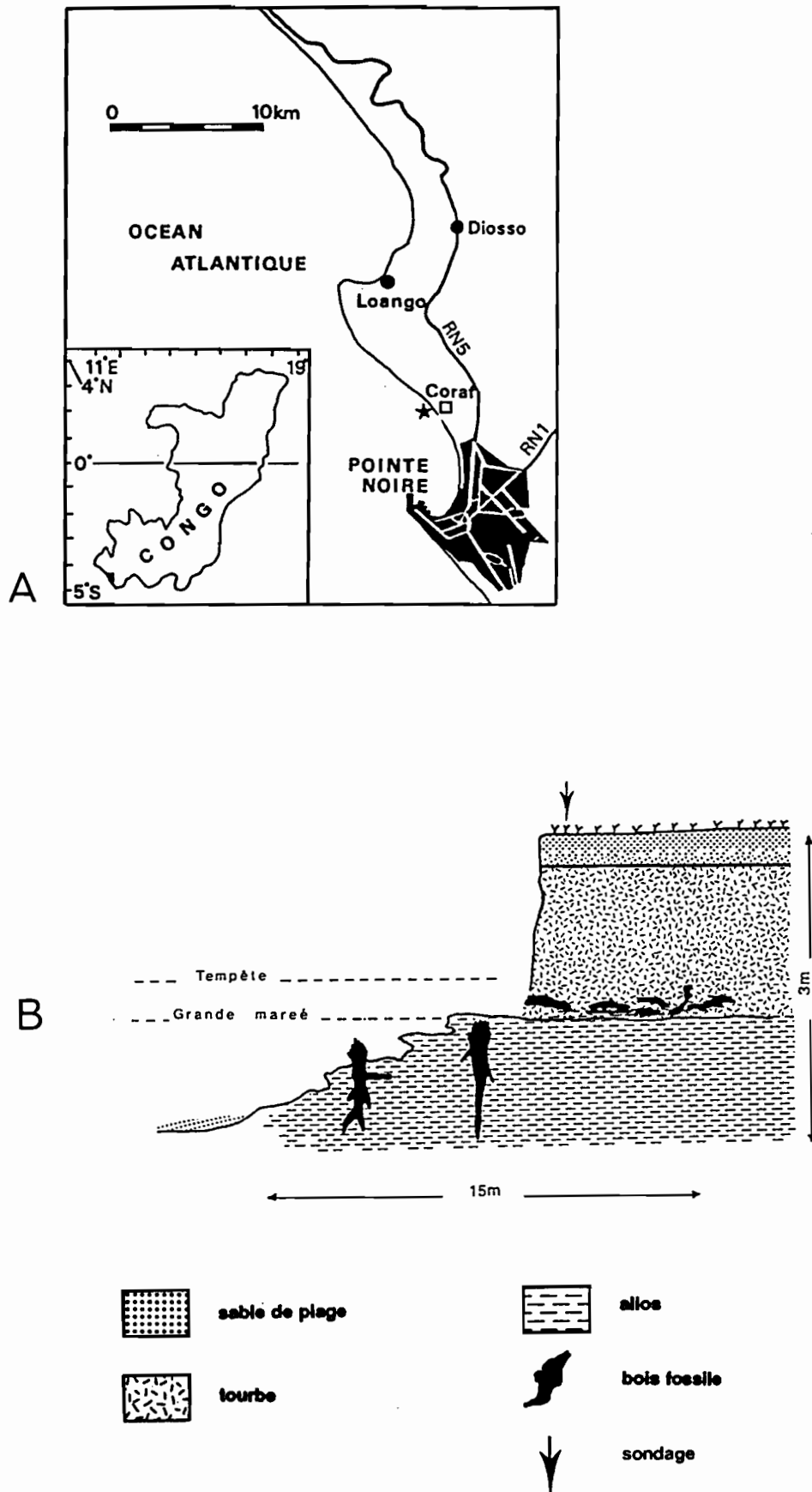


Fig. 35 : Localisation du site CORAF. Coupe schématique du site et situation des carottes.
(d'après SCHWARTZ *et al.*, 1990b).

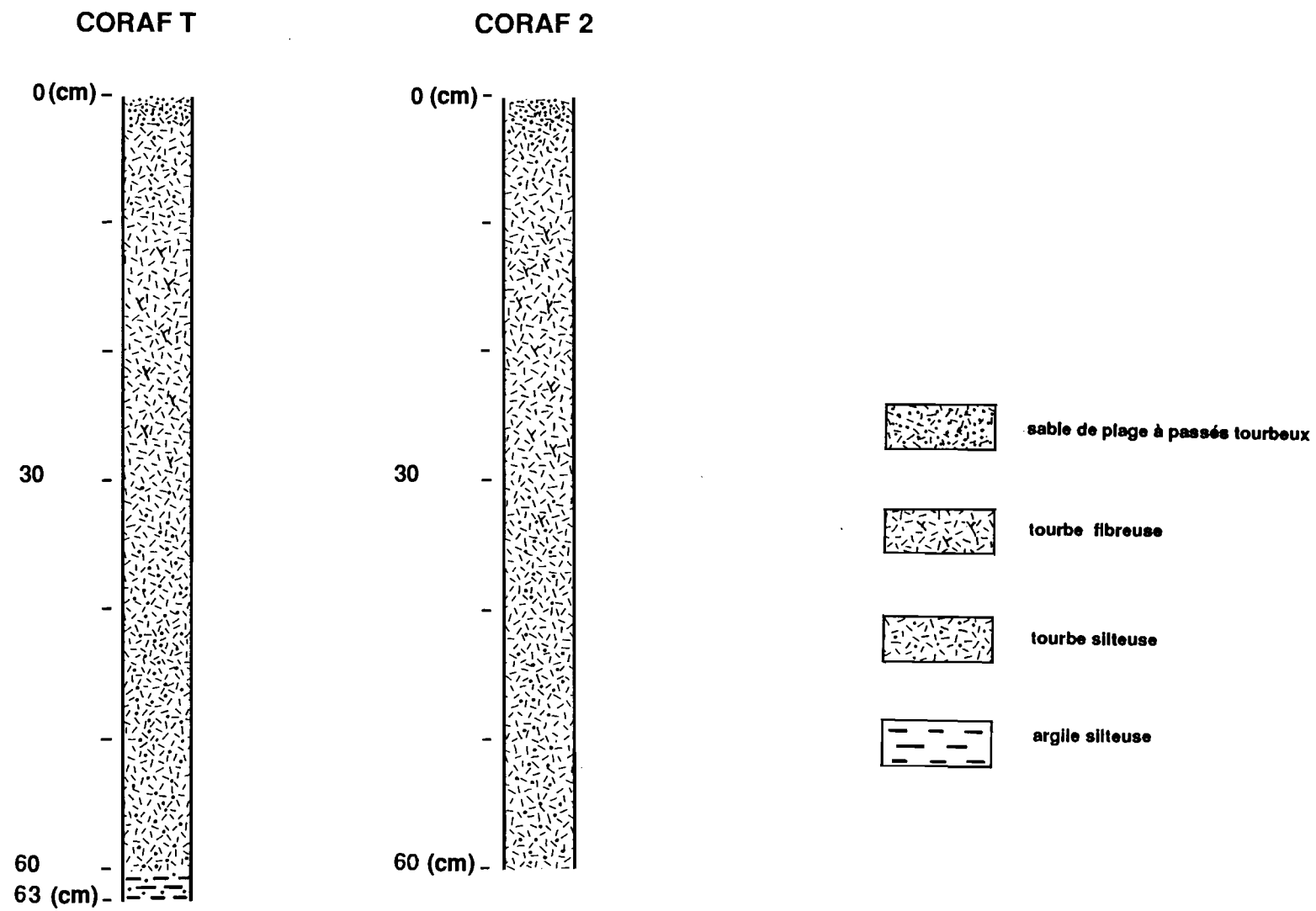


Fig. 36 : Les carottes du site CORAF : lithologie.

Six datations ^{14}C par la méthode conventionnelle ont été effectuées au Laboratoire de Géologie du Quaternaire (R. LAFONT) sur les deux sondages. Les âges obtenus montrent que les dépôts analysés recouvrent les 3 derniers milliers d'années (tabl. 14).

3. Les résultats palynologiques

Les deux carottes, CORAF T (fig. 37a et b) et CORAF 2 (fig. 38a et b) ayant livré une microflore et des diagrammes polliniques à tout point de vue comparables, une seule zonation a été effectuée afin d'éviter une double description.

Au total, pour les deux carottes, 40 niveaux ont été analysés. La liste des taxons identifiés est donnée sur le tableau 15. Quatre zones palynologiques ont été définies. Elles sont commentées de la base au sommet.

Zone palynologique 4: CORAF T: 63 à 52 cm

Les spectres polliniques sont caractérisés par la prédominance des grains de pollen d'arbres dont les principaux sont: *Syzygium* (50 %), *Combretaceae* (5%), *Rhizophora*, *Sapotaceae* et *Pandanus* (1 à 2% environ) associés à des lianes (*Tetracera* 5%) (fig. 37a). Les plantes herbacées sont surtout représentés par des *Gramineae* (10-15 %), *Cyperaceae* (5%), *Laurembergia tetrandra* et *Stipularia africana* (1 à 2%). Les spores de Ptéridophytes ont des pourcentages de l'ordre de 10% (fig. 37b).

Zone palynologique 3: CORAF T: 52 à 30cm, CORAF 2: 60 à 40cm

Elle se caractérise par la bonne représentation pollinique des plantes herbacées en particulier des *Gramineae* (50-60 %), *Laurembergia tetrandra* et *Cyperaceae* (5-15%) (fig. 37b et 38b). Parallèlement, les pourcentages polliniques de certains arbres tels

Carotte	N° Labo.	Profondeur cm	Age ^{14}C B.P.	Nature du sédiment
CORAF T	LGQ 255	0-10	Actuel	Matière organique
CORAF 2	LGQ 537	10-20	940 ± 110	Matière organique
CORAF T	LGQ 409	20-30	1590 ± 150	Matière organique
CORAF 2	LGQ 354	30-40	2670 ± 140	Matière organique
CORAF 2	LGQ 494	45-55	2830 ± 120	Matière organique
CORAF T	LGQ 254	50-60	3060 ± 170	Matière organique

Tabl 14 . Ages ^{14}C des sédiments du site CORAF

Tabl. 15: Liste des taxons polliniques identifiés dans les sédiments fossiles du site CORAF

Taxons arborescents

BURSERACEAE	<i>Dacryodes*</i>	
CAESALPINIOIDEAE	<i>Crudia*</i>	<i>gabonensis</i>
CAESALPINIOIDEAE	<i>Guibourtia</i>	<i>demeusii*</i>
CELASTRACEAE/HIPPOCR		
CHRYSOBALANACEAE		
COMBRETACEAE		
COMPOSITAE	<i>Vernonieae</i>	
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	
EUPHORBIACEAE	<i>Uapaca</i>	
HYMENOCARDIACEAE	<i>Hymenocardia</i>	
LOGANIACEAE	<i>Anthocleista</i>	
MIMOSOIDEAE	<i>Pentaclethra</i>	<i>macrophylla*</i>
MORACEAE		
MORACEAE	<i>Trilepisium*</i>	<i>madagascariensis</i>
MYRISTICACEAE	<i>Pycnanthus</i>	
MYRTACEAE	<i>Syzygium*</i>	
OCHNACEAE	<i>Campylospermum</i>	
PALMAE	<i>Elaeis</i>	<i>guineensis</i>
PALMAE	<i>Phoenix</i>	<i>reclinata</i>
PANDANACEAE	<i>Pandanus</i>	
PAPILIONOIDEAE	<i>Ormocarpum*</i>	<i>verrucosum</i>
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus</i>	
RHIZOPHORACEAE	<i>Rhizophora</i>	
RUBIACEAE	<i>Gaertnera</i>	<i>paniculata*</i>
RUBIACEAE	<i>Hallea*</i>	<i>rubrostipulata</i>
RUBIACEAE	<i>Pausinystalia*</i>	<i>macroceras</i>
RUTACEAE		
SAPINDACEAE	<i>Allophylus</i>	
SAPINDACEAE	<i>Lecaniodiscus*</i>	<i>cupanioides</i>
SAPOTACEAE		
ULMACEAE	<i>Celtis</i>	

Taxons herbacés

AMARANTHACEAE	<i>Celosia*</i>	<i>trigyna</i>
AMARANTHACEAE/CHENOP		
BALSAMINACEAE	<i>Impatiens</i>	
COMMELINACEAE	<i>Commelina*</i>	<i>benghalensis</i>
COMPOSITAE	<i>Tubuliflorae</i>	
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea*</i>	
CYPERACEAE		
ERIOCAULACEAE		
GRAMINEAE		
HALORAGACEAE	<i>Laurembergia</i>	<i>tetrandra</i>
MALVACEAE	<i>Hibiscus*</i>	<i>micranthus</i>
MIMOSOIDEAE	<i>Calpocalyx*</i>	<i>letestui</i>
MIMOSOIDEAE	<i>Mimosa*</i>	<i>pigra</i>
NYMPHAEACEAE	<i>Nymphaea</i>	<i>lotus*</i>
OCHNACEAE	<i>Sauvagesia</i>	
RUBIACEAE	<i>Stipularia</i>	<i>africana</i>
URTICACEAE		
XYRIDACEAE	<i>Xyris</i>	

Tabl. 15 (suite)

Spores de Ptéridophytes

_PTERIDOPHYTA	Monoletes	
_PTERIDOPHYTA	Polypodiaceae	
_PTERIDOPHYTA	Schizeaceae	<i>Lygodium microphyllum</i>
_PTERIDOPHYTA	Triletes	

Lianes

APOCYNACEAE	<i>Landolphia*</i>	
DILLENIACEAE	<i>Tetracera</i>	
PAPILIONOIDEAE	<i>Vigna*</i>	<i>luteola</i>
RUBIACEAE	<i>Canthium</i>	

Epiphytes

LORANTHACEAE

Taxons indifférenciés

EUPHORBIACEAE		
LEGUMINOSAE		
MONOCOTYLEDONEAE		
PAPILIONOIDEAE		
RUBIACEAE		
_INDETERMINES		
_INDETERMINES	Coraf	16
_INDETERMINES	Coraf	2

que *Syzygium* (10-20%) sont en baisse. Les Combretaceae et *Tetracera* ont des pourcentages comparables à ceux observés dans la zone précédente (1 à 5%). *Chrysobalanus*, *Pandanus*, *Rhizophora* et *Phoenix reclinata* sont présents mais en proportions faibles de l'ordre de 1 à 2% (fig. 37a et 38a).

Zone palynologique 2: CORAF T: 30 à 20 cm, CORAF 2: 40 à 20 cm

Dans cette zone, les taxons arborescents deviennent à nouveau plus abondants et atteignent des pourcentages supérieurs à 60%. Les principaux taxons présents sont: *Syzygium* (30%), Combretaceae (15%), *Chrysobalanus*, *Phoenix reclinata* et des Sapotaceae (2 à 5%). *Tetracera* représente 15%. (fig. 37a et 38a). Au même moment, les Gramineae enregistrent une baisse importante (15%). Les autres taxons herbacés tels que les Cyperaceae, *Laurembergia tetrandra* et *Stipularia africana* ont des pourcentages de 1 à 5%. Le début de cette phase est marqué par une brutale augmentation des spores de Ptéridophytes, celles-ci passant de 1% à plus de 40%. C'est dans cette zone qu'apparaît le pollen d'*Elaeis guineensis* (fig. 37a et 38a).

Zone palynologique 1: CORAF T: 20 à 0 cm, CORAF 2: 20 à 0 cm

Cette zone est caractérisée par la disparition totale du pollen de *Syzygium*, taxon arboré dominant depuis le début de la séquence (fig. 37a et 38a). Au contraire, les herbacées enregistrent une augmentation significative, en particulier les Gramineae qui passent progressivement de 15% à près de 75% de la somme pollinique totale (fig. 37b). Celles-ci sont associées, surtout au sommet de la séquence, à des Cyperaceae (5%), *Laurembergia tetrandra* (5%) et *Sauvagesia erecta* (5 à 10%). L'augmentation des taxons herbacés est précédée par celle des spores de Pteridophytes à la base de la séquence, passant de 10% dans la zone 2 à plus de 60% (fig. 37b et

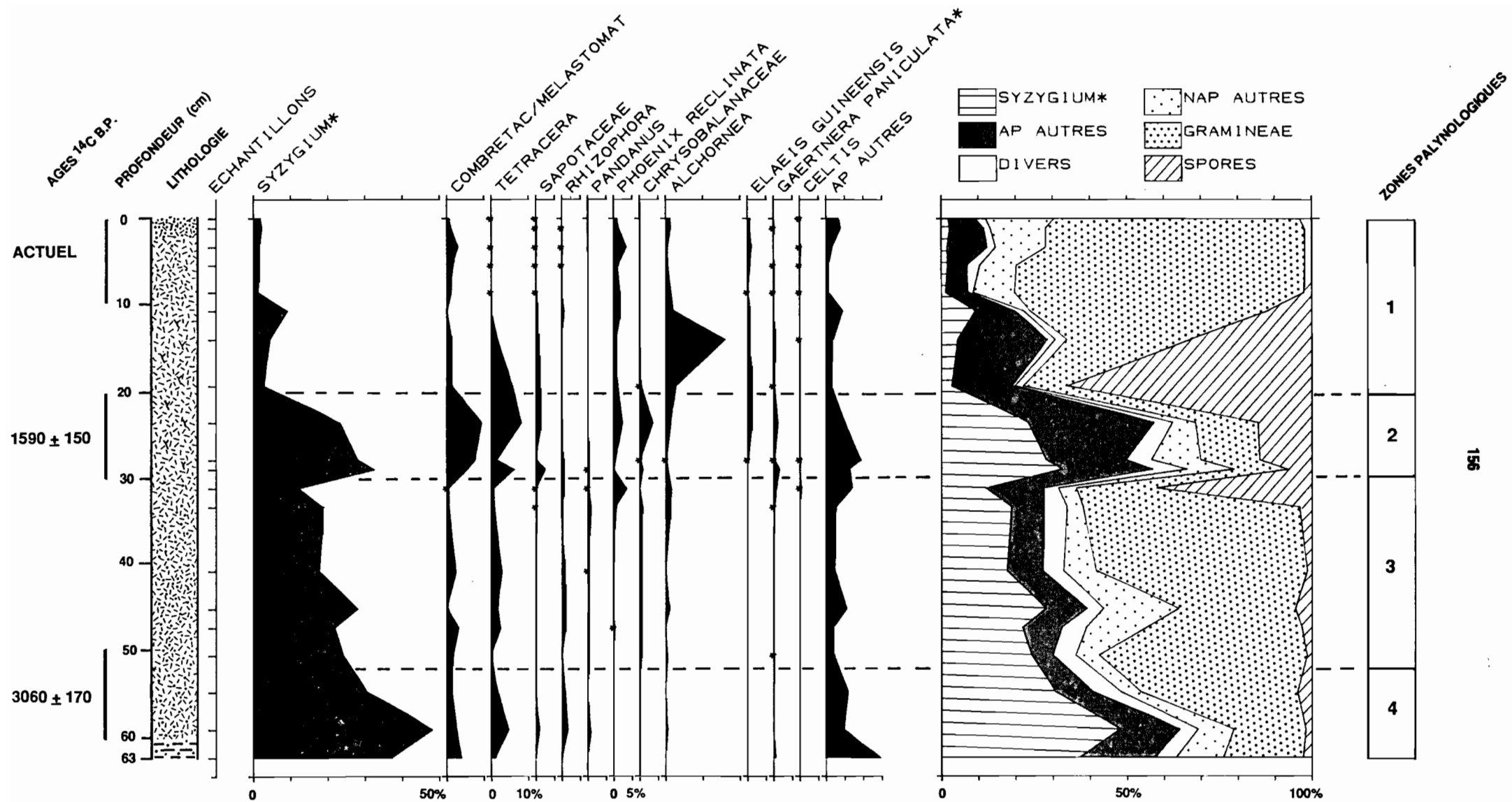


Fig. 37a : Diagrammes polliniques de la carotte CORAF T, littoral congolais (4°45' S, 11°51' E, alt. 0 m).

Principaux taxons arborescents et diagramme synthétique.

(% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

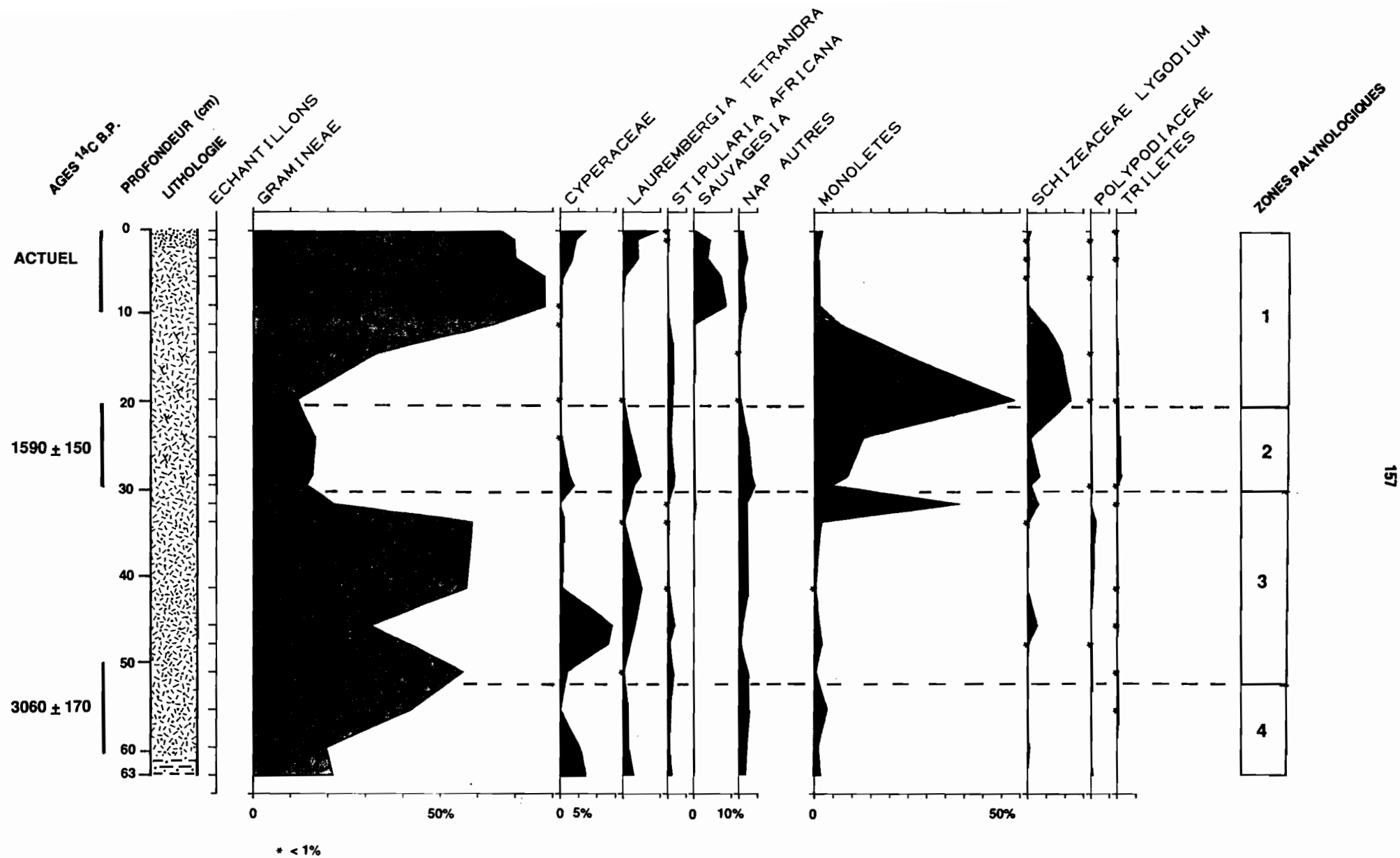


Fig. 37b : Diagramme pollinique des principaux taxons herbacés de la carotte CORAF T.

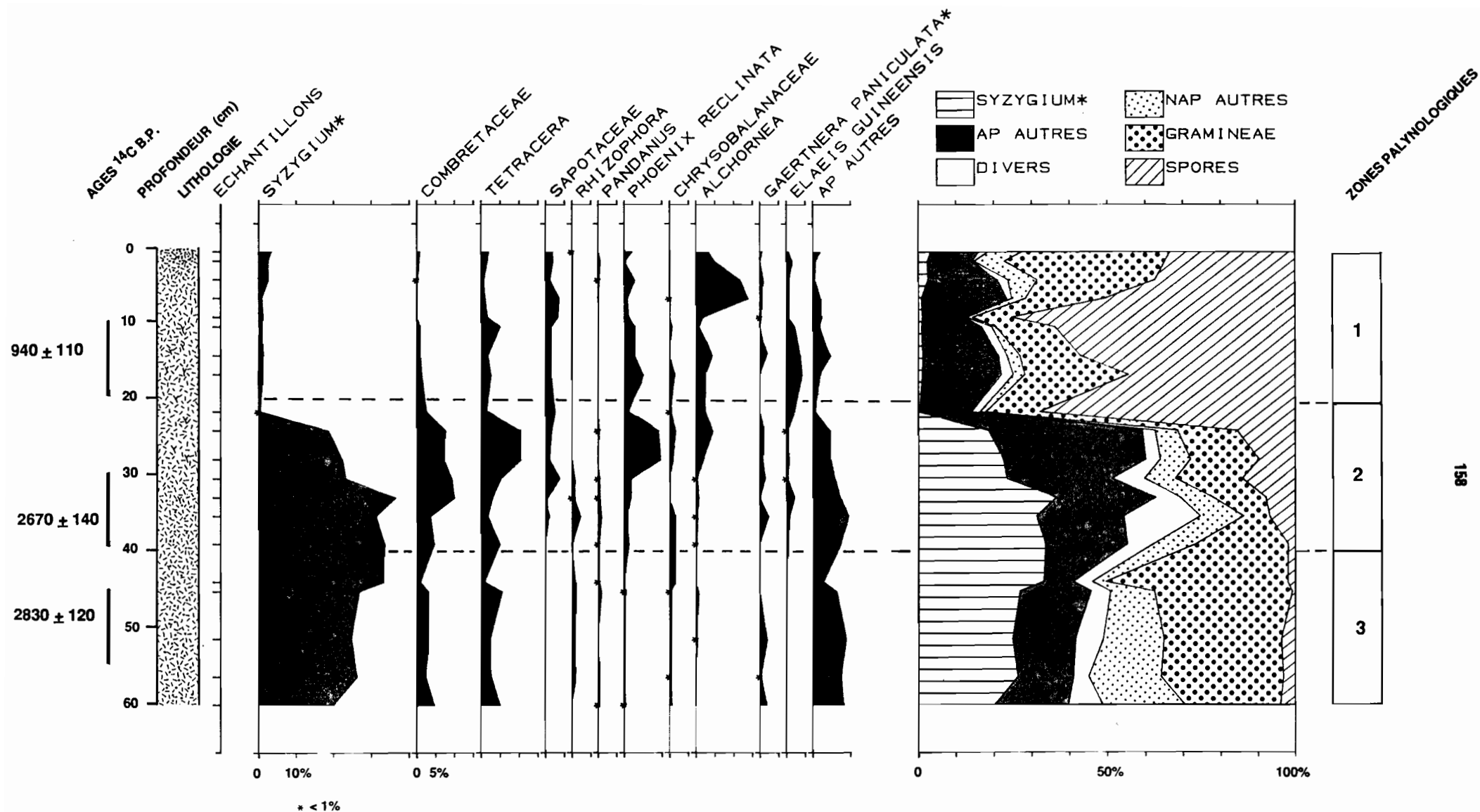


Fig. 38a : Diagrammes polliniques de la carotte CORAF 2, littoral congolais (4°45' S, 11°51' E, alt. 0 m).

Principaux taxons arborescents et diagramme synthétique.

(% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).

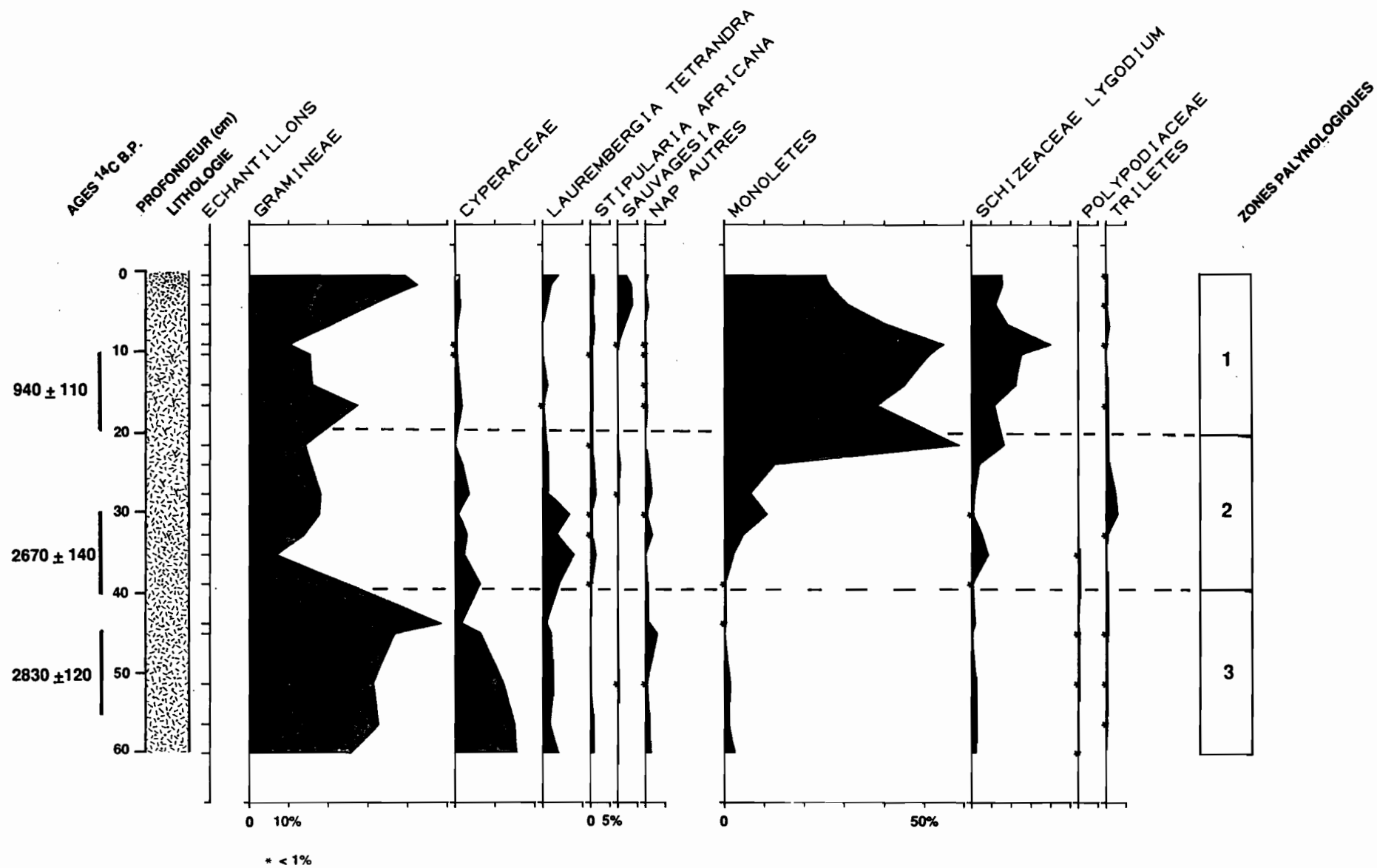


Fig. 38b : Diagramme pollinique des principaux taxons herbacés de la carotte CORAF 2.

38b). Les taxons arborescents sont moins abondants dans cette zone. Les principaux sont: *Tetracera* (5%), *Alchornea* (10-20%) et *Elaeis guineensis* qui atteint ses plus forts pourcentages (7%). Le sommet de cette zone est marqué par une baisse générale des éléments arborés (fig. 37a et 38a).

4. Interprétation des résultats

a. Chronologie

Les âges ^{14}C présentés dans le tableau 14 permettent de définir quatre phases d'évolution des végétations littorales dont la chronologie est la suivante :

- PHASE C IV: anté 3060 ans B.P.
- PHASE C III: ca. 3000 ans B.P. à c.a. 2600 ans B.P.
- PHASE C II: ca. 2600 ans B.P. à ca. 1600 ans B.P.
- PHASE C I: ca. 1600 ans B.P. à l'Actuel

b. Reconstitutions paléobotaniques et paléohydrologiques du littoral depuis 3060 ans B.P.

PHASE C IV: anté 3060 ans B.P.

Antérieurement à ca. 3060 ans B.P. (Zone palynologique 4), le site CORAF est occupé par une végétation forestière au sein de laquelle *Syzygium* constitue l'élément dominant de la strate arborée, associé à des Combretaceae et *Tetracera*. Si l'on compare les spectres de cette zone à ceux des échantillons de sols actuels provenant de cette région, il ressort qu'une telle composition floristique serait à rapprocher de celle des îlots forestiers par la prédominance des arbres mais avec des pourcentages de Gramineae variant entre 20 et

25%. La dominance de *Syzygium* et des autres éléments qui l'accompagnent traduirait la nature hydromorphe ou marécageuse du milieu.

PHASE C III: ca. 3000 ans B.P. à ca. 2600 ans B.P.

Au cours de cette phase, un changement important est observé dans la végétation. Il se traduit par une augmentation brutale des Gramineae. Cet épisode mettrait ainsi en évidence le développement d'une importante strate herbacée sur le site. La végétation devait ressembler à une savane plus ou moins arbustive. La bonne représentation des Cyperaceae et de *Laurembergia tetrandra* témoigne en faveur de la présence de sols humides propices à leur développement.

PHASE C II: c.a. 2600 ans B.P. à ca. 1600 ans B.P.

Vers c.a. 2600 ans B.P. (Zone palynologique 2), une nouvelle régression des Gramineae est enregistrée en même temps que l'ensemble des plantes herbacées. En revanche, la strate arborée se développe. Cette phase traduit un bref épisode de reprise forestière. Par rapport au milieu forestier antérieur à 3000 ans B.P., celui mis en évidence entre ca. 2600 et ca. 1600 ans B.P. est floristiquement plus riche, mais pas nécessairement plus dense. En effet, les herbacées sont toujours présentes. Sur le plan hydrologique, cette épisode pourrait correspondre à une remontée de la nappe phréatique, immersion et ainsi régression de la surface occupée par les sols marécageux sur lesquels se développait une strate herbacée lors de la phase antérieure.

PHASE C I: ca. 1600 ans B.P. à l'Actuel

Postérieurement à 1600 ans B.P. (Zone palynologique 1), les proportions des herbacées par rapport à celles des arbres, traduisent la présence d'une végétation de type savane graminéenne très faiblement arbustive. La dégradation de la couverture forestière est marquée au début de cette phase par l'abondance des spores de Ptéridophytes, tel que cela a été démontré dans les échantillons actuels de cette région. L'abondance des plantes herbacées aquatiques au sommet de cette zone traduit à nouveau une extension des surfaces occupées par les sols marécageux.

Sur le plan floristique, la végétation spécifiquement littorale, c'est-à-dire la mangrove dont le principal représentant est *Rhizophora*, paraît absente du site. En effet, dans les analyses palynologiques, la présence de mangrove se traduit toujours par des pourcentages polliniques élevés de *Rhizophora*, généralement supérieurs ou égaux à 50% (ASSEMIEN, 1971; LEZINE, 1987). Dans les carottes CORAF T et CORAF 2, les pourcentages de ce taxon sont compris entre 0 et 2% (fig. 37a et 38a). Ainsi, au moins depuis 3000 ans B.P., la mangrove est absente au voisinage immédiat du site CORAF. Ces résultats sont en accord avec les données antérieures de DELIBRIAS et al. (1983), CARATINI et GIRESSE (1979) et MALOUNGUILA-NGANGA et al. (1990) qui ont montré qu'après une phase de développement bien marquée entre 8000 et 5000 ans B.P. sur l'ensemble de la bande côtière, la mangrove a régressé depuis environ c.a. 4000 ans B.P.. Cependant, vers 3000 ans B.P., dans les sédiments marins, des pourcentages polliniques de *Rhizophora*, de l'ordre de 30%, ont été enregistrés (CARATINI et GIRESSE, 1979).

Ceci indiquerait qu'à partir de cette date, cette formation végétale n'existait plus que de façon discontinue sur le littoral congolais.

Enfin, c'est vers 2600 ans B.P. (fig. 38a) et vers 1600 B.P. (fig. 37a) qu'apparaît *Elaeis guineensis*, témoin probable de la présence humaine. Ces dates sont en accord avec celles antérieures obtenues sur d'autres sites de la côte congolaise mettant en évidence l'apparition de cette essence (CARATINI et GIRESSE, 1979; SCHWARTZ et al., 1990a) (voir p. 208).

5. Conclusion

La végétation de la frange littorale congolaise a subi d'importantes modifications au cours des trois derniers millénaires. L'analyse palynologique a mis en évidence deux phases d'extension des couvertures forestières de type forêts marécageuses, antérieurement à ca. 3060 ans B.P. et entre ca. 2600 et ca. 1600 ans B.P.. Ces deux épisodes sont entrecoupés par des phases d'extension de savanes plus ou moins arbustives. Les premiers indices de présence humaine sont enregistrés vers c.a. 2600 ans B.P. avec la présence d'*Elaeis guineensis*. Il semble que depuis c.a. 3000 ans B.P., la mangrove ne se soit plus développée au voisinage immédiat du site de l'étude.

CINQUIEME PARTIE

AUTRES ANALYSES EFFECTUEES SUR LES SONDAGES DES
PLATEAUX BATEKE ET DU LITTORAL

En complément des analyses palynologiques, un certain nombre de travaux ont été effectués sur certaines carottes du littoral: Coraf 2, et des Plateaux Bateke: Gama 1, Gama 2 (Etang de Ngamakala) et LH3 (bois de Bilanko). Ces travaux ont porté d'une part sur la composition isotopique en ^{13}C des matières organiques et d'autre part sur les charbons.

A. ETUDE DE LA COMPOSITION ISOTOPIQUE EN ^{13}C DES MATIERES ORGANIQUES

I. Intérêt de l'étude

La matière organique des sols possède un rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (exprimé en unités δ par rapport à un standard) très voisin de celui de la végétation dont elle provient (NISSENBAUM et SCHALLINGER, 1974; DEINES, 1980). Or les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ des espèces végétales dépendent essentiellement du mode de fixation du CO_2 au cours de la photosynthèse. Cette fixation se fait soit suivant le cycle de CALVIN (CALVIN et BASSHAM, 1962), elle concerne alors les plantes dites en C_3 . Ces plantes sont caractérisées par des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ comprises entre -26‰ et -33‰ . La fixation peut se faire également selon le cycle de HATCH-SLACK (HATCH et al., 1967) et concerne les plantes dites en C_4 . Ces plantes sont caractérisées par des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ de l'ordre de -10 à -20‰ (BENDER, 1971; SMITH et EPSTEIN, 1971).

L'intérêt de cette étude réside dans le fait que la composition isotopique en ^{13}C de la matière organique des sols reflète les proportions des plantes en C_4 et C_3 qui lui ont donné naissance (BARNES et al., 1983; DZUREC et al., 1985). Ainsi, lorsque deux couvertures végétales composées de plantes de cycles photosynthétiques différents se succèdent dans le temps, les modifications des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ sont enregistrées dans les sols. Ces modifications peuvent être utilisées dans certains cas dans la reconstitution de la dynamique de la végétation sur le site au cours du temps (SCHWARTZ et al., 1986; GUILLET et al., 1988).

En dehors de la succession de couvertures végétales dans le temps, d'autres facteurs tels que le fractionnement isotopique intervenant au cours de l'humification sont à la base des variations des valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ des sols (VOLKOFF et CERRI, 1987).

Nous avons étudié la composition en ^{13}C des matières organiques de 4 carottes. Au total, 75 échantillons ont été analysés par A. MARIOTTI du Laboratoire de Biogéochimie isotopique, Université de Paris VI.

II. Les résultats

Les teneurs en ^{13}C des échantillons sont déterminées selon la formule ci-dessous, en comparaison avec l'étalon standard (PDB) fourni par le NBS des USA.

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰} = 1000 \times (R_{\text{échantillon}} - R_{\text{standard}}) / R_{\text{standard}}$$

où R est le rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

Les résultats des analyses sont fournis sur les figures 39 à 42. Ils sont présentés en comparaison avec ceux des analyses palynologiques pour lesquels les relations avec la dynamique de la végétation sur les sites étudiés ont été démontrées. Des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ mesurées sur des plantes identifiées (SCHWARTZ, 1985) (tabl. 16) montrent clairement la différence entre les valeurs des plantes en C_4 et celles en C_3 . Ces données serviront de témoins pour l'interprétation de nos résultats.

III. Interprétation des résultats

1. Le site CORAF

Sur ce site, les analyses ont été effectuées sur la carotte CORAF 2 (fig. 39). La courbe montre deux zones principales:

- Entre 50 et 15 cm environ, les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ comprises entre -28 et -26‰ sont caractéristiques d'une végétation à plantes en C_3 .

La matière organique traduit donc l'empreinte d'une végétation forestière.

- Entre 15 et 0 cm, un enrichissement en ^{13}C est enregistré passant rapidement de -26 à -21‰. Une telle composition traduit un mélange dans l'origine des matières organiques entre les plantes en C_3 et les plantes en C_4 . Cette zone montre que la matière organique s'est formée sous l'influence d'une végétation intermédiaire entre la forêt et la savane avec toutefois une forte dominance forestière.

Sachant que la végétation actuelle sur le site est de type savane, ces données montrent que la matière organique étudiée dans ce travail s'est formée sous l'influence d'une végétation à forte dominance en C_3 , donc forestière.

Tableau 16 : Mesure du $\delta^{13}\text{C}$ d'horizons de sols et de fragments végétaux du Congo (d'après SCHWARTZ, 1985).

N° échantillon	Localisation	Nature échantillon	$\delta^{13}\text{C}$ en ‰
MC	Gangalingolo	Appareil végétatif de <i>Monocymbium cerasiiforme</i>	- 13,8
LS	Gangalingolo	Appareil végétatif de <i>Loudetia simplex</i>	- 15,2
BL	Gangalingolo	Appareil végétatif de <i>Bulbostylis Laniceps</i>	- 16,5
GASC R	Gangalingolo	Racines de <i>Monopetalanthus</i> sp.	- 28,85 ; - 28,75
SCH 1	Djoumouna	A ₁ de forêt - galerie	- 26,6
SCH 5	Mayombe	A ₁ de forêt primaire	-27,8
SCH 2	Région Brazzaville	A ₁ de savane à <i>Loudetia demeusii</i> et <i>Andropogon</i>	- 14,5
SCH 3	Région Brazzaville	A ₁ de savane arbustive	- 15,5
SCH 4	Région Brazzaville	A ₁ de savane à <i>Loudetia demeusii</i> et <i>Ctenium newtonii</i> , avec strate à <i>Landolphia lanceolata</i> assez dense	- 14,3
GASC 1-1	Gangalingolo	A ₁ de steppe à <i>Loudetia simplex</i> , <i>Monocymbium cerasiiforme</i> et <i>Bulbostylis laniceps</i>	- 13,35
GASC 1-2	Gangalingolo	A ₂ de podzol (z = 80 cm)	- 24,25
GASC 1-3	Gangalingolo	B _{21 h}	- 25,15
GASC 1-a	Gangalingolo	Partie supérieure alios humique	- 27,55 ; - 27,55
GASC 1-b	Gangalingolo	Partie médiane alios humique	- 27,55 ; - 27,55
GASC 1-c	Gangalingolo	Partie inférieure alios humique	- 27,45
PZO-a	Brazzaville	A ₁ forêt secondaire (35 ans)	- 20,65 ; -20,65
PZO-b	Brazzaville	B _h en bandes	- 20,65
PZO-c	Brazzaville	B _{21 h}	- 21,85
PZO-d	Brazzaville	Alios humique	- 26,45 ; - 26,45
BOUL 4	Boulankio (plateaux)	Alios humique	-24,55 ; - 24,55
SCH 6	Cuvette congolaise	Alios humique	- 27,7

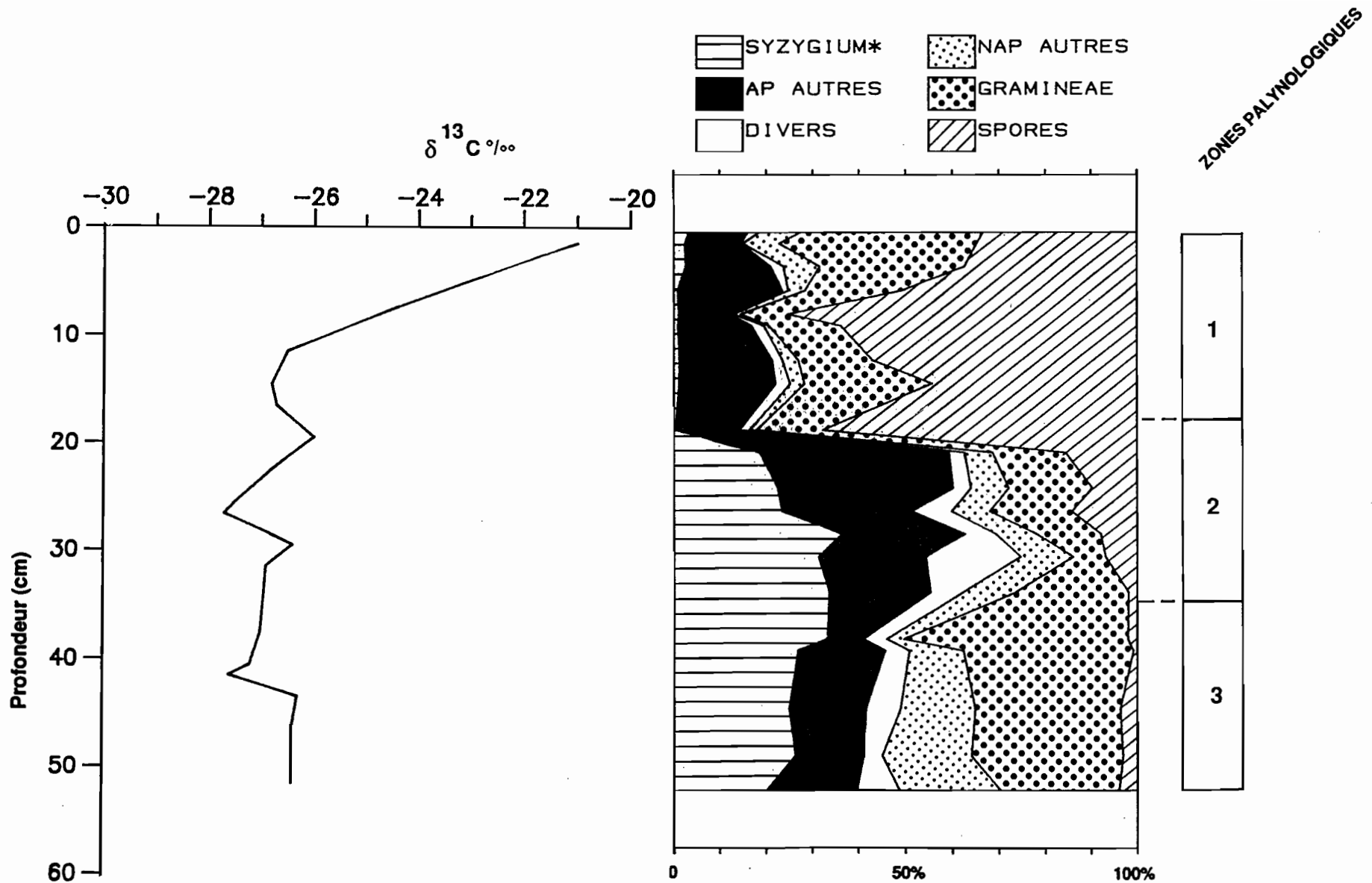


Fig. 39 : Courbe de variation de la teneur en ^{13}C de la matière organique de la carotte CORAF 2 (littoral congolais).

Comparaison avec les données polliniques.

2. Le site de Ngamakala

Les analyses ont porté sur deux carottes: Gama 1 (fig. 40) et Gama 2 (fig. 41). Les valeurs de la composition en ^{13}C de la matière organique comprises entre -31 et -27‰ montrent que celle-ci provient essentiellement des plantes en C_3 . Elle se serait donc formée sous des associations végétales forestières. Cependant, un enrichissement de 3 unités environ (de -31 à -28‰) est enregistré dans les parties supérieures des courbes. Une comparaison entre les courbes de $\delta^{13}\text{C}$ et les diagrammes polliniques correspondants montre que ces phases d'enrichissement coïncident avec le développement de prairies herbacées sur le site, c'est-à-dire de plantes riches en C_4 . Toutefois, les valeurs les plus élevées (-28‰) montrent que l'influence des plantes en C_3 est nettement plus importante que celle des plantes en C_4 dans l'élaboration de la matière organique. Il n'est cependant pas exclu que d'autres facteurs aient pu influencer la composition des matières organiques.

3. Le site du Bois de Bilanko

Les analyses ont été effectuées sur la carotte LH3 (fig. 42). Au contraire des séquences Gama 1 (fig. 40) et Gama 2 (fig. 41), la courbe de la carotte LH3 varie très peu. Mais les valeurs de la composition en $\delta^{13}\text{C}$ de la matière organique sont comparables à celles observées dans les horizons supérieurs des carottes du site précédent (-28 à -27‰), caractéristiques d'une végétation en C_3 , donc forestière.

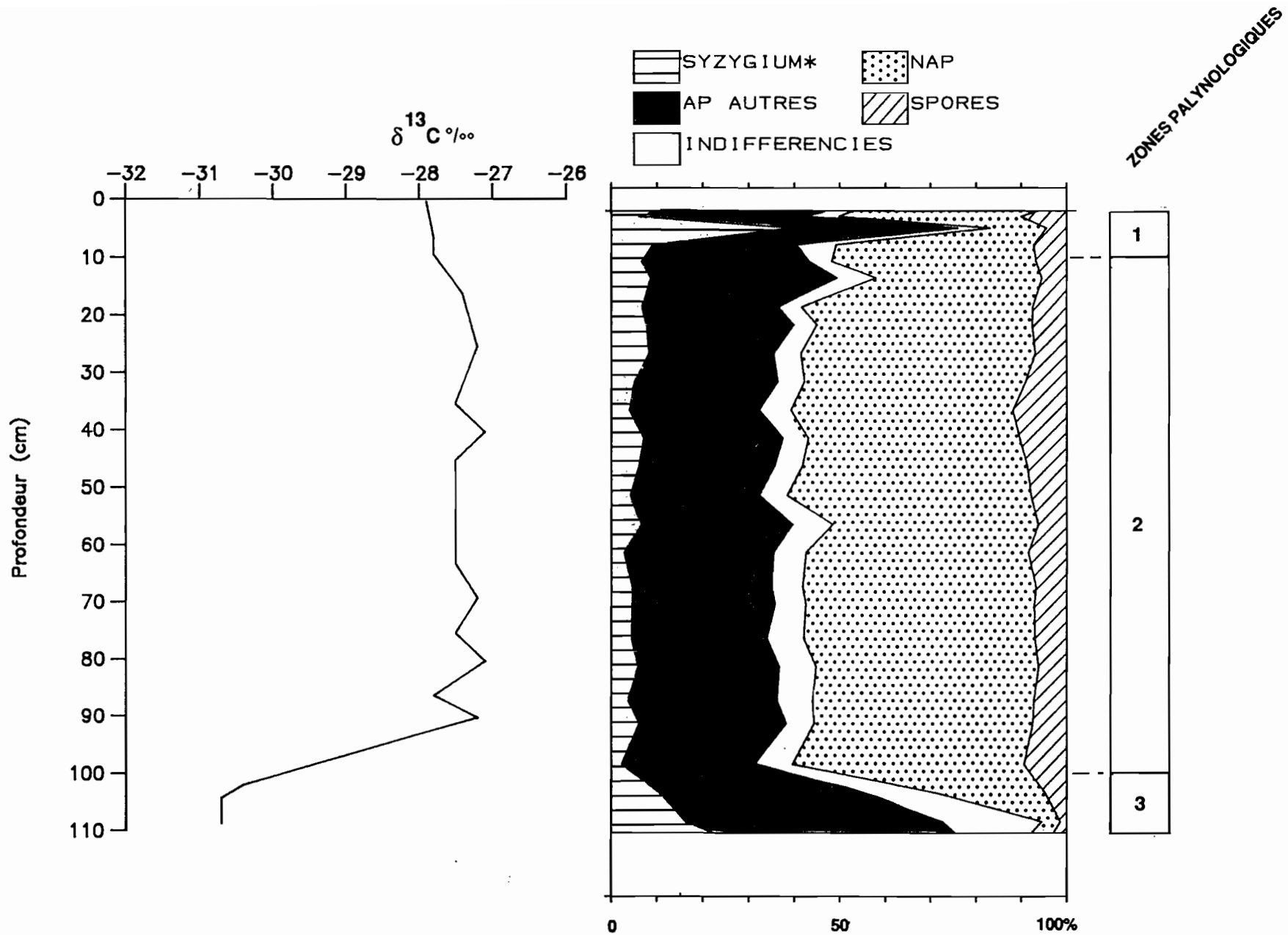


Fig. 40 : Courbe de variation de la teneur en ^{13}C de la matière organique de la carotte GAMA 1 (Plateaux Bateke).

Comparaison avec les données polliniques.

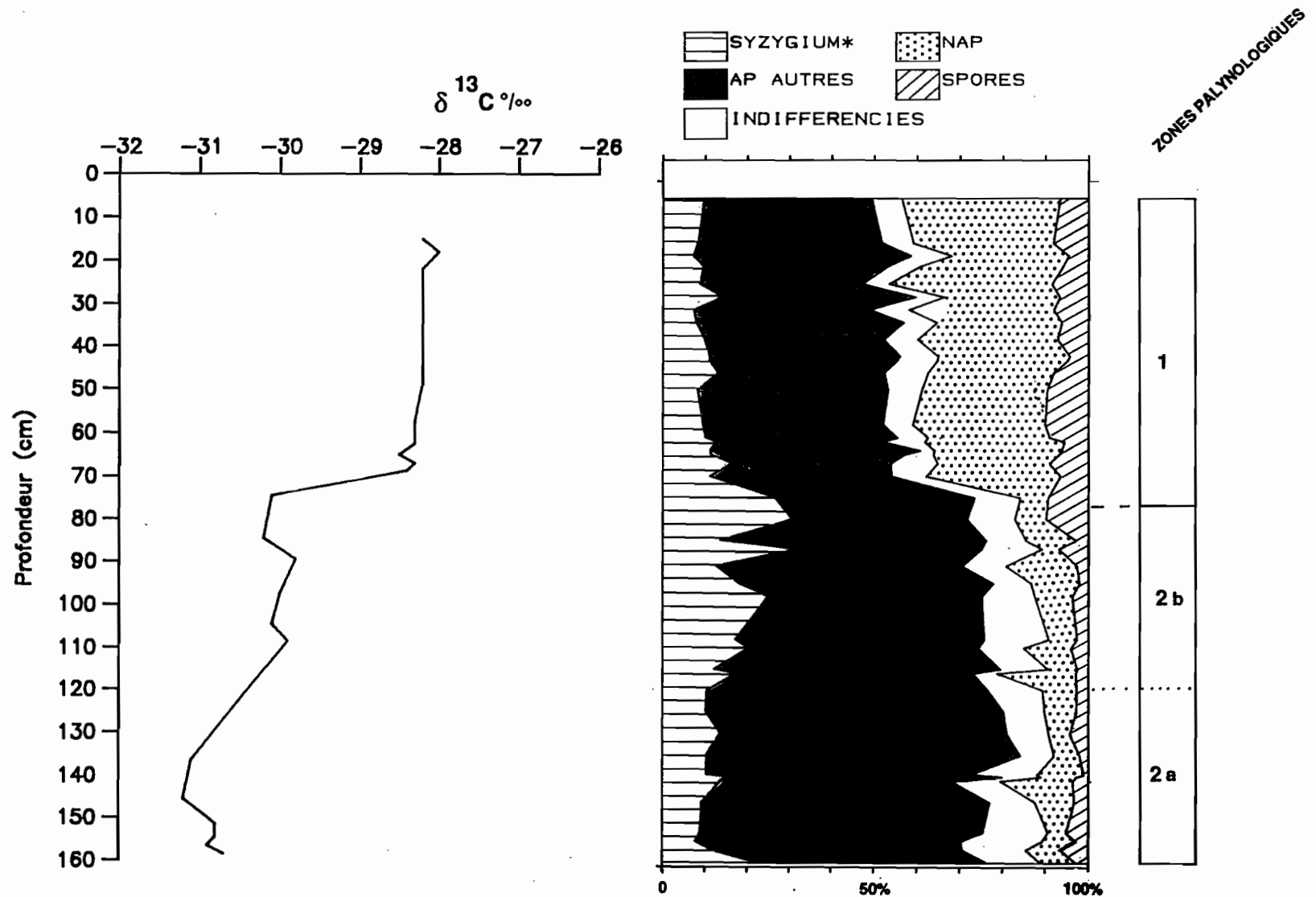
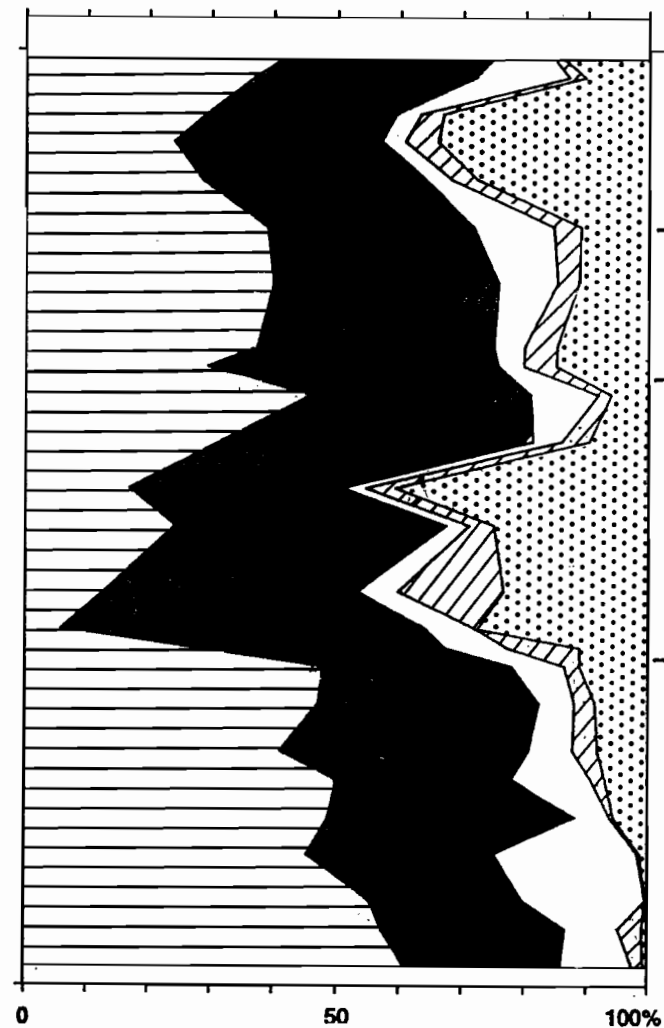
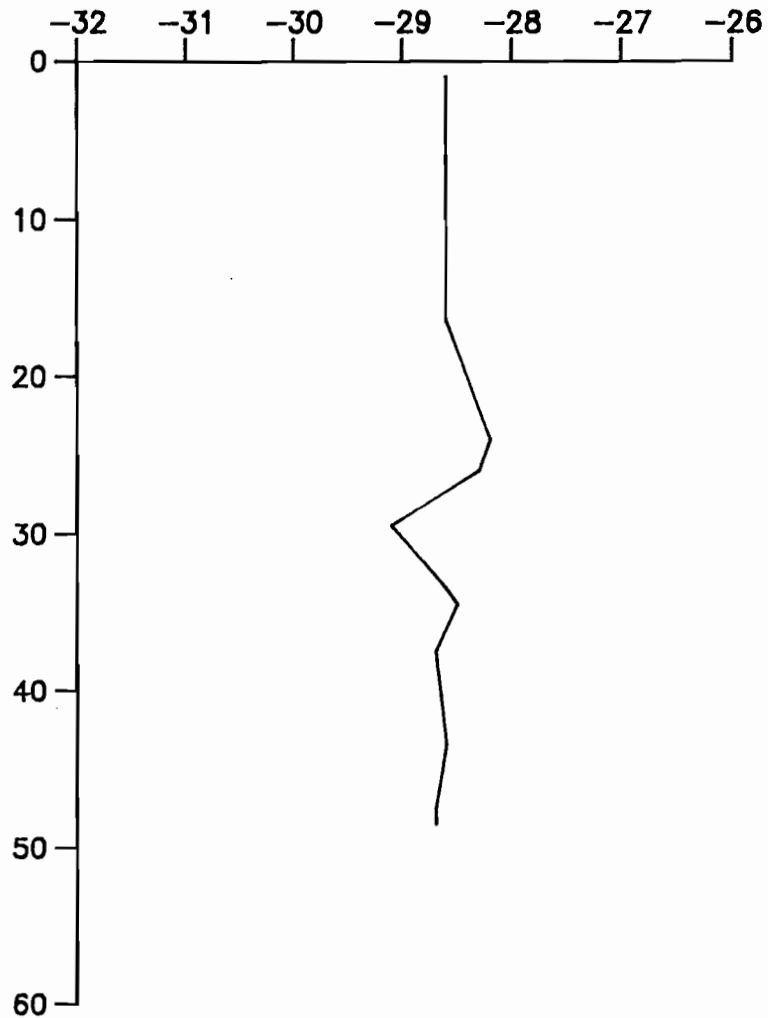


Fig. 41 : Courbe de variation de la teneur en ^{13}C de la matière organique de la carotte GAMA 2 (Plateaux Bateke).

Comparaison avec les données polliniques.

Profondeur (cm)



ZONES PALYNOLOGIQUES

1

2

3

4

Fig. 42 : Courbe de variation de la teneur en ^{13}C de la matière organique de la carotte LH3 (Plateaux Bateke).

Comparaison avec les données polliniques.

IV. Conclusion

La composition isotopique en $\delta^{13}\text{C}$ de la matière organique des sédiments ayant fait l'objet de cette étude reflète l'influence d'une végétation dominée par les plantes en C_3 , donc sous des végétations forestières. Ce résultat confirme les données palynologiques qui ont montré la permanence et surtout la prédominance de végétations forestières dans les dépressions depuis environ 24 000 ans B.P.. Cependant, les épisodes de développement de prairies herbacées, donc de plantes en C_4 , ne semblent pas avoir influencé d'une façon majeure la constitution de la matière organique. Les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ mesurées sur les deux sites des Plateaux Bateke sont donc la marque d'une végétation passée de type forestière. Ces résultats sont en accord avec ceux antérieurs de SCHWARTZ (1985) et SCWHARTZ et al. (1986) obtenus dans la même région.

Sur le littoral, le sommet de la courbe est caractérisé par des valeurs intermédiaires qui supposent un mélange possible entre les plantes en C_3 et en C_4 . Cet épisode correspondrait à la mise en place de la mosaïque forêt-savane mise en évidence par les données polliniques. L'empreinte du faciès forestier, donc de plantes en C_3 , reste toutefois plus marquée que celle des plantes en C_4 .

B. ETUDE DES CHARBONS

L'analyse des charbons de bois contenus dans les sédiments a pour but de repérer d'éventuelles phases d'incendies qui ont pu se

produire au cours de certains épisodes. De nombreuses études ont montré que dans les régions forestières, l'abondance de charbons dans les sédiments témoignait de la destruction de l'écosystème forestier par le feu lors d'épisodes climatiques secs (ABSY et al., 1991; LEDRU, 1991). D'autres études ont montré qu'ils étaient essentiellement liés à l'activité humaine (SCHWARTZ et al., 1990a; TAYLOR, 1990).

Nous avons étudié les charbons sur la séquence CORAF 2, datée entre 3000 ans B.P. et l'Actuel. Les échantillons ont été traités suivant la méthode de WINKLER (1985) dont les principales étapes sont:

- environ 2cc de sédiment sont prélevés et séchés à l'étuve (60°C) pendant une nuit environ et pesés après refroidissement; on obtient un poids P;
- les sédiments sont ensuite attaqués à l'acide nitrique concentré puis portés au bain-marie pendant une heure environ. Après centrifugation, le culot est de nouveau séché à l'étuve (60°C) pendant une nuit et pesé à froid (P1);
- enfin, les culots sont pyrolysés à 450°C pendant trois heures et pesés à froid (P2).

La différence entre les poids P2 et P1 correspond au poids du charbon contenu dans l'échantillon. Cette valeur, ramenée au poids de l'échantillon de départ, donne le pourcentage de charbon, soit:

$$\% \text{ charbon} = 100 \times P2 - P1 / P$$

Les résultats obtenus sur la carotte CORAF 2 sont présentés sur la figure 43 en comparaison avec le diagramme pollinique. Les pourcentages de charbon varient entre 0,5 et 4%. Les plus forts

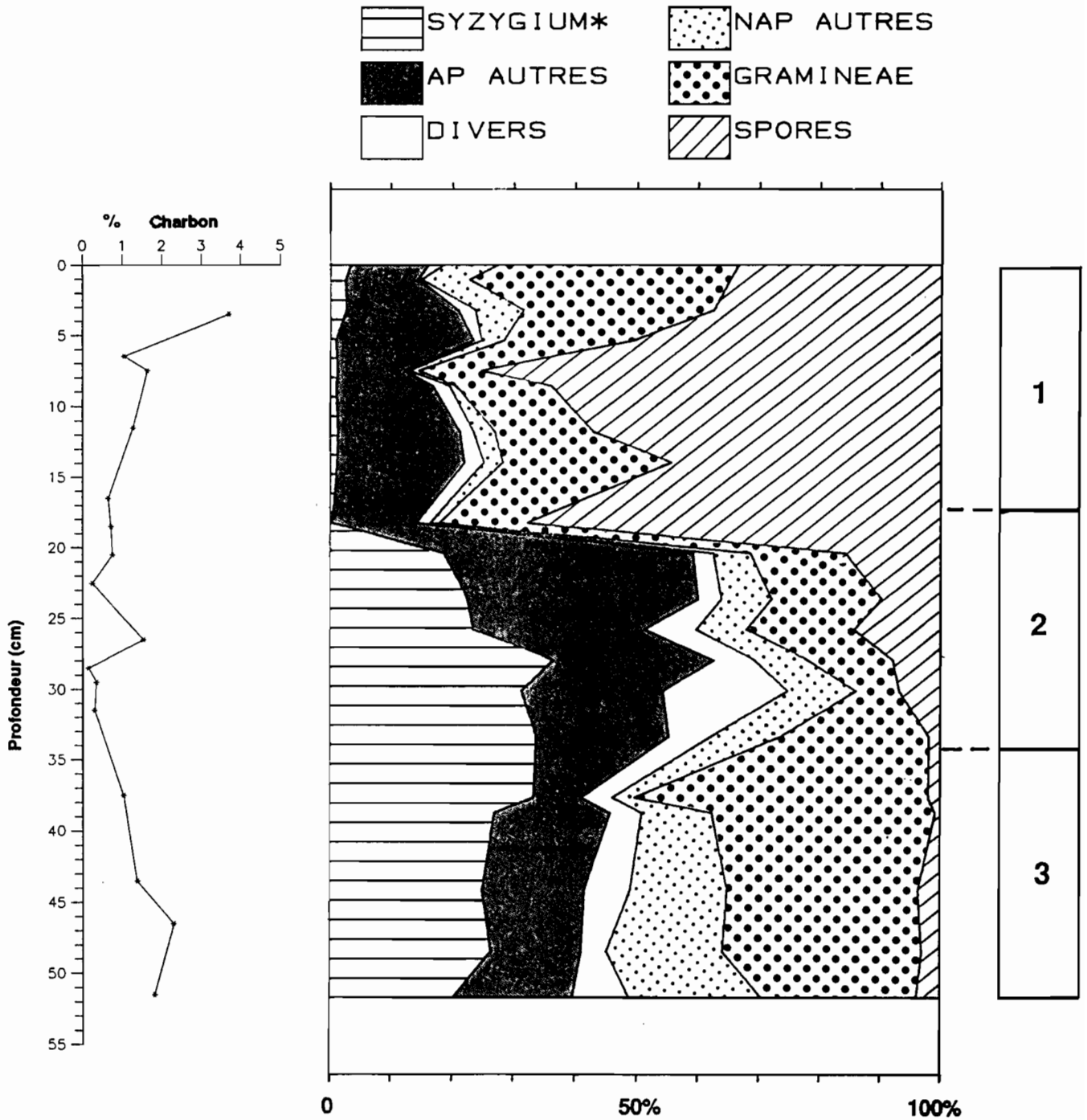


Fig. 43 : Courbe de variation de la teneur en charbon dans les sédiments de la carotte CORAF 2

(littoral congolais).

Comparaison avec les données polliniques.

pourcentages sont enregistrés à la base et au sommet de la séquence. Par rapport au diagramme pollinique, ces épisodes correspondent aux phases d'extension de savanes. Pourrait-on interpréter ce résultat comme témoignant de probables incendies qui auraient eu lieu pendant des phases relativement sèches? Nous ne pouvons, pour le moment, donner une réponse définitive à cette question. Il serait intéressant dans l'avenir d'étendre ces analyses sur plusieurs sites afin d'établir une cartographie des charbons qui, comparée avec les données palynologiques fossiles et la répartition de la végétation, pourrait permettre d'avancer des hypothèses plus cohérentes sur l'existence, la fréquence et l'ampleur des incendies au cours du temps.

SIXIEME PARTIE

DISCUSSION GENERALE

A. SYNTHÈSE SUR L'ÉVOLUTION DES PALEOENVIRONNEMENTS VÉGÉTAUX DU CONGO DEPUIS 24 000 ANS B.P.

I. Synthèse des données palynologiques

L'analyse palynologique des sédiments fossiles des Plateaux Bateke au cours des 24 derniers mille ans et du littoral depuis 3000 ans B.P., complétée par l'étude de la composition isotopique en ^{13}C des matières organiques sur certains sites, montre quatre phases majeures dans l'évolution des paléovégétations de ces régions.

1. Le Pléistocène supérieur

Vers ca. 24 000 ans B.P., une forêt à *Syzygium* dominant occupe une grande partie de l'Etang de Ngamakala. La composition floristique de cette forêt en comparaison avec les données botaniques et de la pluie pollinique actuelles a permis de conclure au caractère hydromorphe des associations végétales qui s'y développaient. Les sols devaient être maintenus dans un état d'hydromorphie permanent en relation avec la proximité de la nappe phréatique.

La faible représentation des herbacées, en particulier des Gramineae, dont la capacité à être de bons pollinisateurs a par ailleurs été mise en évidence lors de l'étude de la pluie pollinique actuelle, laisserait supposer que cette strate était quasi absente du site, du moins au voisinage immédiat des points de carottage.

Malgré sa mise en évidence sur un seul site, l'homogénéité des unités géomorphologiques et botaniques de cette région permet de supposer que de telles forêts hydromorphes occupaient la plupart des dépressions marécageuses et, vraisemblablement aussi, les berges des rivières sur l'ensemble de la région des Plateaux Bateke. L'obtention de données supplémentaires sur d'autres sites devrait permettre de vérifier cette interprétation.

2. Le Pléistocène terminal

Entre ca. 22 000 ans B.P. et ca. 11 000 ans B.P., l'ensemble des données palynologiques montre une régression des couvertures arborées au sein des dépressions, au profit de prairies hygrophytiques à *Xyris*, Gramineae et autres herbacées aquatiques, particulièrement bien développées juste avant ca. 14 000 ans B.P.. La végétation sur les sites devait ressembler à une mosaïque de prairies et d'îlots forestiers très localisés.

Sur le plan floristique, cette période est caractérisée par la présence, ca. 11 000 ans B.P., d'éléments forestiers afromontagnards tels que *Podocarpus latifolius*, *Olea capensis* et *Ilex mitis* à proximité ou sur le site du Bois de Bilanko. La présence de ces éléments à 700 m d'altitude, alors que leur aire de répartition actuelle se situe entre 1200 et 2000m d'altitude (WHITE, 1981), met en évidence une migration, à basse et moyenne altitudes, de flores afromontagnardes au cours de cette période. Par contre, leur absence sur le site de l'Etang de Ngamakala, situé à moins de 40km du Bois de Bilanko, en particulier celle de *Podocarpus latifolius*, est assez surprenante en raison des bonnes capacités de ses pollens à être transportés (COETZEE 1967; HAMILTON et PERROTT 1980, HAMILTON 1982; VINCENS 1982). En attendant d'obtenir des

résultats sur d'autres sites et de pouvoir reconstituer la paléodistribution de ces éléments, il semble, au vue de ces seules données, que ceux-ci n'auraient pas coloniser tous les écosystèmes de basse et moyenne altitudes, mais se seraient développés localement, dans des sites où la compétition avec les éléments de basse altitude n'a pas été importante. Des exemples actuels de "stations reliques" de *Podocarpus latifolius* à basse altitude telle que le Mont Kouyi (600m d'altitude), dans la Massif du Chaillu (MALEY et al., 1990), seraient en accord avec cette hypothèse.

3. L'Holocène inférieur et moyen

Postérieurement à ca. 11 000 ans B.P., tant sur le site de Ngamakala que sur celui de Bilanko, les données polliniques indiquent une recolonisation des sites par une forêt hydromorphe comparable à celle décrite vers ca. 24 000 ans B.P.. Malgré les discontinuités probables de nos séries sédimentaires, il semblerait que l'environnement forestier qui se développe ca. 11 000 ans B.P. se soit maintenu jusqu'à ca. 3000 ans B.P. environ. On peut ainsi noter que sur le site du Bois de Bilanko, la composition des spectres polliniques entre 7000 ans B.P. et 3000 ans B.P., comparée avec celle de l'échantillon actuel de ce site, montre que la couverture forestière était nettement plus dense à cette époque qu'actuellement. L'étude de nouvelles séquences devrait permettre de préciser davantage la dynamique de la végétation au cours de cette phase.

4. L'Holocène supérieur

Vers ca. 3000 ans B.P., sur les Plateaux Bateke, une nouvelle régression de la couverture arborée est enregistrée dans les dépressions

marécageuses. La composition des spectres polliniques indique une bonne représentation des prairies qui apparaissent plus développées qu'entre 22 000 et 11 000 ans B.P.. Postérieurement à ca. 3000 ans B.P. et jusqu'à l'Actuel, on n'observe pas de changements majeurs dans la répartition des associations végétales. La physionomie de la végétation ne semble plus connaître de modifications aussi importantes que celles mises en évidence antérieurement. On peut donc supposer que la configuration actuelle de la végétation sur les différents sites des Plateaux Bateke daterait de cette époque.

Sur le littoral, les spectres polliniques mettent également en évidence l'installation de végétations plus ouvertes à Gramineae, à la même époque que sur les plateaux Bateke. au dépend d'une végétation arborée dense. Cependant, vers ca. 2600-1600 ans B.P., une recrudescence d'éléments forestiers indiquerait, localement, une brève reprise forestière. Cet événement n'a pas d'équivalent sur le continent, dans les séquences étudiées au cours de ce travail.

5. Conclusion

Tous les diagrammes polliniques des Plateaux Bateke (sites du Bois de Bilanko et de l'Etang de Ngamakala), par l'abondance des taxons arborés et par la faible représentation des taxons de la strate herbacée, montrent que ces dépressions ont toujours été occupées par des associations végétales forestières depuis environ 24 000 ans B.P.. Au cours de certaines périodes, en relation avec les conditions hydrologiques, baisse de la nappe phréatique, des prairies ont pu se développer mais le faciès forestier est toujours resté la formation végétale principale.

La composition isotopique en ^{13}C de la matière organique des sols, caractérisée par des valeurs comprises entre -31 et -27‰, montre que

celle-ci s'est formée sous l'influence d'une végétation dominée par les plantes en C₃. Ces résultats confirment les interprétations paléobotaniques proposées par la méthode palynologique, et renforce donc l'hypothèse de la permanence d'une végétation forestière dans les dépressions marécageuses, depuis environ 24 000 ans B.P., sur les plateaux Bateke.

Du point de vue floristique, les végétations des Plateaux Bateke ont connu d'importants changements, en particulier au Pléistocène supérieur, avec la présence, ca. 11 000 ans B.P., d'éléments afromontagnards à proximité du site du Bois de Bilanko. La configuration actuelle des associations végétales sur les sites étudiés, daterait de ca. 3000 ans dans les Plateaux Bateke et, vraisemblablement, postérieurement à 1600 ans B.P. sur le littoral.

II. Comparaison avec les données paléobotaniques antérieures

Au Congo, les données palynologiques continentales sont, à ce jour, inexistantes. La reconstitution des paléoenvironnements végétaux a donc été effectuée jusqu'à maintenant à partir de l'analyse de macrorestes végétaux (DELIBRIAS et al., 1983; SCHWARTZ, 1985; DECHAMPS et al., 1988; SCHWARTZ et al., 1990b) (tabl.17). Malgré le caractère discontinu des données, cette approche a fourni, pour certaines périodes, des indices botaniques qui sont en accord avec les reconstitutions des paléovégétations telles qu'elles sont révélées par nos analyses palynologiques. Ainsi par exemple, la présence de *Detarium senegalense*, arbre de forêt tropophile ou de galerie forestière (LEONARD, 1952) vers ca. 18 100 \pm 140 ans B.P. (GIF 5699) et de *Pterocarpus* cf. *angolense*, arbre de savane et de forêt claire (HAUMAN, 1952) ca. 21 600 \pm 580 ans B.P.

N° échantillon	Espèces	Coordonnées	Datation
GAL 1301	<i>Monotes</i> sp.	1°36'S/15°57'E	7 200 ± 140 (GIF 4964)
GAL 7321	<i>Detarium senegalense</i>	1°00'S/15°31'E	18 100 ± 400 (GIF 5699)
	<i>Diospyros</i> sp.		
	<i>Landolphia</i> aff. <i>eminiana</i>		
GAL 2548	<i>Pterocarpus</i> cf. <i>angolensis</i>	1°16'S/15°54'E	21 600 ± 580 (GIF 4967)
GAL 8431	<i>Nauclea latifolia</i>	1°08'S/15°51'E	31 000 ± 2200 (GIF 5701)
OWL 461	<i>Nauclea latifolia</i>	0°28'S/15°50'E	> 33 000 (GIF 5219)
GS 215	<i>Brachystegia</i> sp.	0°28'S/15°50'E	> 33 000 (GIF 5219)
GS 214/216	<i>Connarus griffonianus</i>	0°28'S/15°50'E	> 33 000 (GIF 5219)
OWL 488	<i>Brachystegia</i> sp.	0°30'S/15°55'E	33 800 ± 800 (GIF 5218)
GAL 2312	<i>Detarium senegalense</i>	1°25'S/15°55'E	> 35 000 (GIF 4966)
GAL 2246	<i>Brachystegia</i> sp.	1°36'S/15°57'E	> 35 000 (GIF 4965)

Tabl. 17 : Datations sur macrofossiles végétaux des Plateaux Bateke et de la bordure de la Cuvette Congolaise

(d'après DECHAMPS et al., 1988 b).

(GIF 4967), témoigne en faveur de l'existence d'une couverture arborée, localisée dans certains endroits sur les Plateaux Bateke.

Dans le domaine marin, quelques analyses palynologiques ont été effectuées (CARATINI et GIRESE, 1979, fig. 44; BENGU et MALEY, 1991, fig. 45). Bien que représentant la sédimentation pollinique d'un aussi vaste bassin versant que celui du fleuve Congo et malgré une maille de résolution très large (1 échantillon tous les 10 000 ans ou plus), les faits paléobotaniques majeurs mis en évidence dans les sédiments marins se rapprochent de ceux enregistrés dans les sédiments continentaux étudiés dans ce travail. Ainsi, la phase de développement de prairies hydrophytiques sur les Plateaux Bateke entre ca. 22 000 et ca. 11 000 ans B.P., correspond dans les sédiments marins, à une augmentation des éléments herbacés, en particulier des Gramineae et des Cyperaceae, témoignant de l'extension de végétations de type savane ou forêt claire sur le continent sur le continent. De même, le second épisode de régression de la couverture forestière ca. 3000 ans B.P., enregistré dans certaines dépressions marécageuses sur les Plateaux Bateke et sur le littoral, apparaît également dans les sédiments marins. La phase d'extension forestière à l'Holocène est également synchrone entre les domaines marins et continentaux. Enfin, l'absence de mangrove dans la région de Pointe Noire depuis ca. 3000 ans est en accord avec les données marines qui montrent qu'après une phase d'extension vers ca. 5000 ans B.P., ces végétations aurait nettement régressé sur la côte congolaise depuis 4000 ans B.P. environ.

Sur le plan floristique, la présence d'éléments forestiers afromontagnards, en particulier *Podocarpus latifolius*, sur le continent au Pléistocène supérieur est également mise en évidence dans les données marines pour la même période du Pléistocène supérieur.

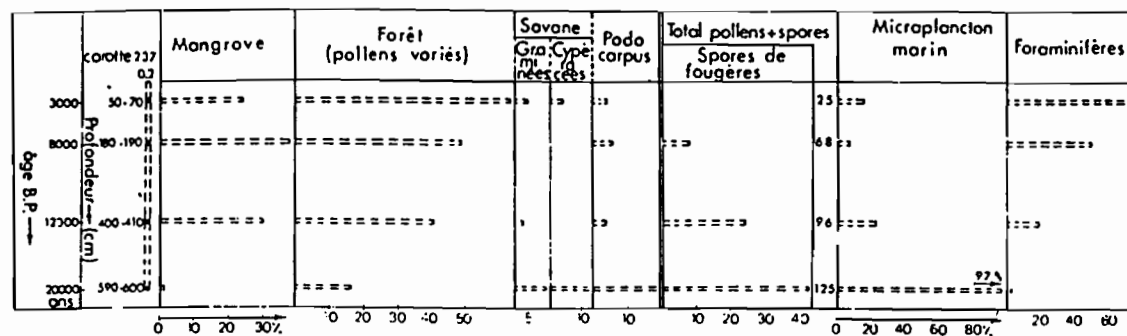


Fig. 44 : Cortèges polliniques et microplanctoniques des sédiments de la carotte C237 (-1000 m)

(d'après CARATINI et GIRESSE, 1979).

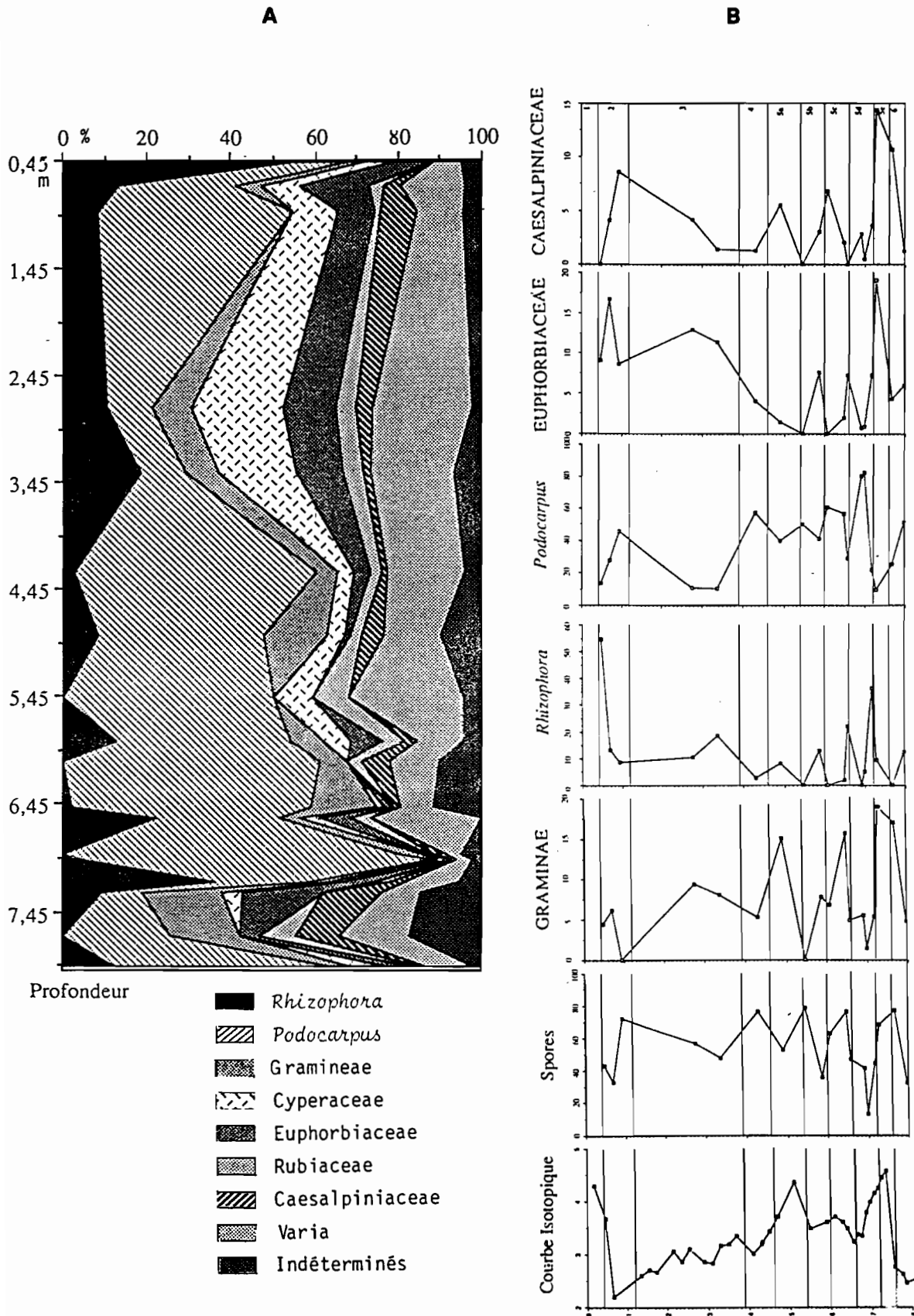


Fig. 45 : Diagrammes polliniques synthétiques de la carotte KW3 (3°46'5" S, 9°17'5" E, -2330 m).

a - Principaux taxons et groupes de taxons

b - Correspondance avec les étapes isotopiques (d'après BENGU et MALEY, 1991).

B. COMPARAISON DES DONNEES PALEOBOTANIQUES DU CONGO AVEC CELLES OBTENUES DANS D'AUTRES REGIONS D'AFRIQUE

Une comparaison entre nos résultats et ceux antérieurement obtenus dans d'autres régions d'Afrique intertropicale a pour but de distinguer les événements de grande amplitude traduisant un phénomène à caractère général, donc affectant les végétations à une échelle régionale ou d'un continent, de ceux relevant de la dynamique locale propre à chaque site.

I. Régions de forêts denses humides

Dans la région des forêts denses humides ou centre d'endémisme guinéo-congolais (WHITE, 1983), la séquence palynologique du lac Bosumtwi au Ghana (MALEY et LIVINGSTONE, 1983; MALEY, 1991) (fig. 46) et celle du lac Barombi Mbo au Cameroun (MALEY, 1987; BRENAC, 1988, 1989; MALEY, 1991) (fig. 47) constituent les seules contributions à l'histoire de ces végétations. La comparaison entre ces différentes séquences avec celles obtenues dans ce travail fait ressortir les faits suivants:

- Dans certaines dépressions sur les Plateaux Bateke au Congo ainsi qu'autour du lac Barombi au Cameroun, les données polliniques mettent en évidence la permanence d'un milieu forestier depuis ca. 24 000 ans BP. jusqu'à une époque sub-actuelle. Par contre, pendant la même époque, la couverture forestière est présente mais plus réduite au voisinage du lac Bosumtwi.

- Entre ca. 20 000 et ca. 13 000 ans B.P. autour du lac Barombi Mbo au Cameroun et entre ca. 22 000 et ca. 11 000 ans B.P. dans les dépressions des Plateaux Bateke au Congo, une régression de la couverture forestière est enregistrée, mais la forêt reste la formation végétale

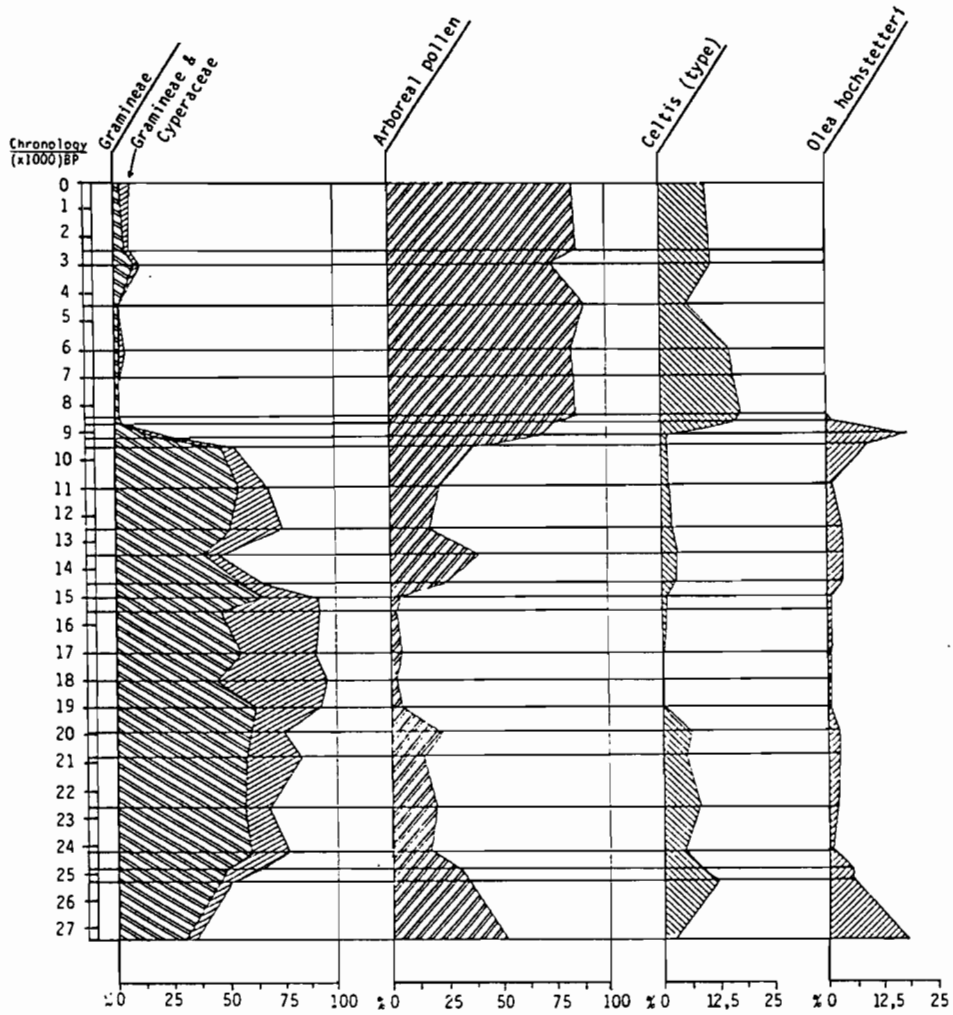


Fig. 46 : Diagramme pollinique du lac Bosumtwi, Ghana (d'après MALEY, 1991).

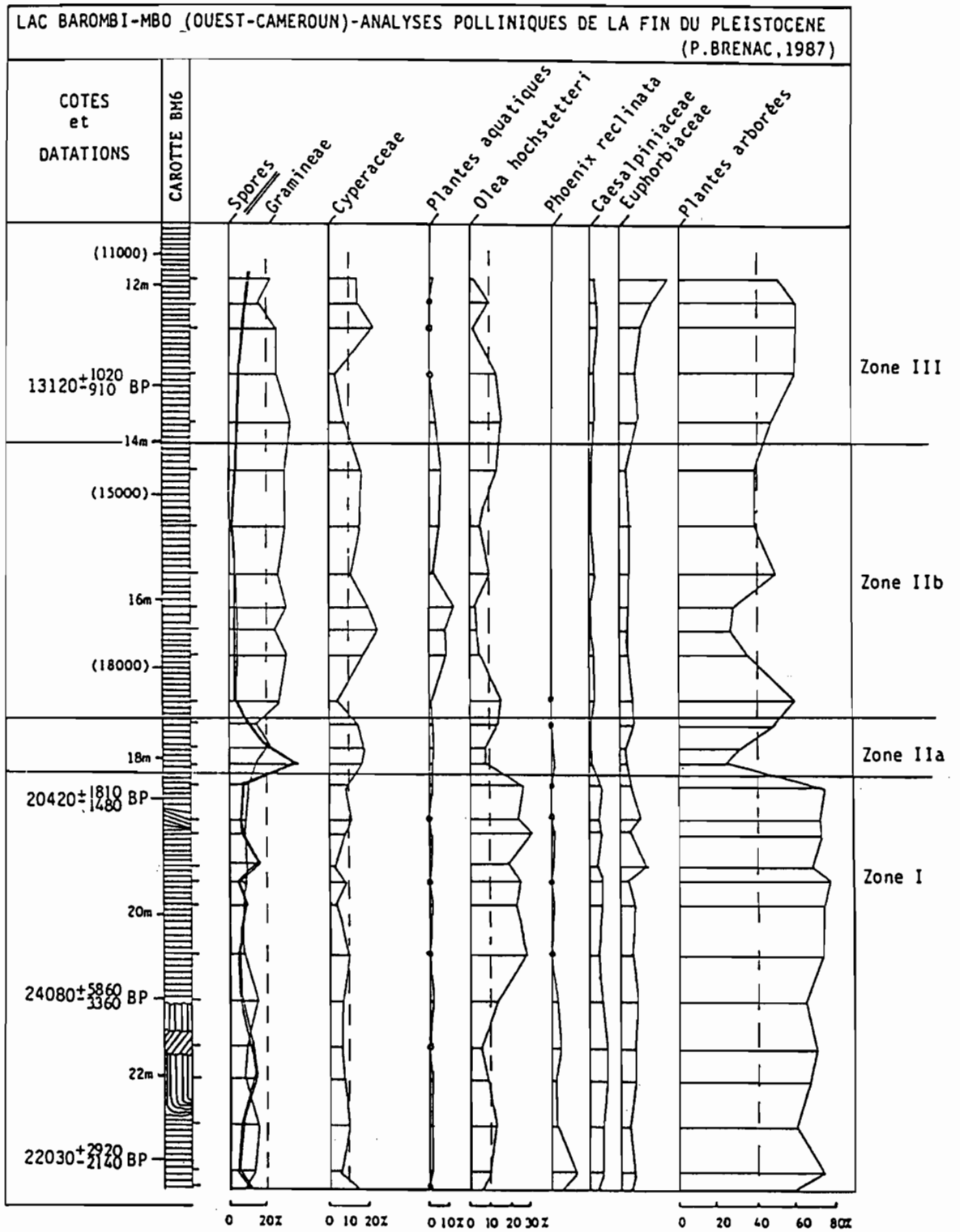


Fig. 47 : Diagramme pollinique du lac Barombi MBO, Cameroun (d'après BRENAC, 1989 et MALEY, 1991).

principale. Au contraire, sur le site de Bosumtwi, la couverture arborée disparaît presque totalement.

- La reprise forestière autour du lac Barombi Mbo au Cameroun est enregistrée vers 13 000 ans B.P. pour atteindre son maximum de développement à partir de 9 000 ans B.P.; dans la région du lac Bosumtwi, après une reprise de courte durée vers 14 000 ans B.P., la forêt ne se développe véritablement que vers 9 000 ans B.P.. Dans les Plateaux Bateke, la recolonisation des prairies par une végétation forestière se situerait postérieurement à ca. 11 000 ans B.P.

- Enfin, la régression locale de la couverture arborée enregistrée dans les dépressions sur les Plateaux Bateke et sur le littoral ca. 3000 ans B.P. est synchrone de la régression forestière mise en évidence autour du lac Barombi Mbo au Cameroun (MALEY et BRENAC, 1987; BRENAC, 1989). En revanche, autour du lac Bosumtwi, ces végétations forestières se maintiennent jusqu'à l'actuel.

Sur la plan floristique, tant dans la région du lac Bosumtwi (600-700m d'altitude), dans celle du lac Barombi Mbo (300m d'altitude) que dans les Plateaux Bateke (700m d'altitude), le fait majeur est la présence d'éléments forestiers afromontagnards au voisinage de ces sites au Pléistocène supérieur et leur disparition dès 9 000 ans B.P.. Ces trois sites étant situés à des altitudes inférieures aux aires actuelles de ces éléments (1200 à 2000 m d'altitude) (WHITE, 1981), leur présence montre que la migration d'éléments afromontagnards à basse et moyenne altitudes au cours de cette période a été un phénomène de grande amplitude géographique.

II. Régions d'Afrique tropicale orientale

Ces régions d'Afrique sont celles où le plus grand nombre de données et de synthèses palynologiques ont été réalisées (LIVINGSTONE, 1975; FLENLEY, 1979; MORRISON, 1968; HAMILTON, 1982; VAN ZINDEREN BAKKER et COETZEE, 1988 ...). Plus récemment, on peut citer les travaux de VINCENS (1986, 1989a, 1989b, 1989c, 1991), BONNEFILLE et RIOLLET (1988), ROCHE et al., (1988) TAYLOR (1990), BONNEFILLE et al. (1991), MWORIA, (1991) NAKIMERA-SSEMMANDA (1991) et JOLLY et BONNEFILLE (sous presse).

Cependant, la plupart des données polliniques de ces régions ayant été acquises dans des sites de moyenne et haute altitudes (entre 1500 et 4000 m), donc supportant des végétations totalement différentes de celles des régions de l'Afrique équatoriale occidentale, la comparaison ne concernera que la dynamique de la végétation (phases d'extension ou de régression des forêts par exemple) et non la composition floristique.

La comparaison de l'évolution des paléoenvironnements végétaux depuis 24 000 ans B.P. entre l'Afrique équatoriale atlantique, domaine des forêts denses humides, et l'Afrique tropicale orientale, domaine des forêts claires, savanes et végétations montagnardes, fait ressortir les faits suivants:

- De ca. 24 000 ans B.P. à ca. 14 000 ans B.P. environ, l'ensemble des données palynologiques montre que de façon générale, les végétations en Afrique orientale étaient surtout dominées par des formations ouvertes à strate herbacée bien développée. Le domaine forestier montagnard était remplacé par des prairies afroalpines à Graminées dominantes. A moyenne altitude, les forêts et les forêts claires, bien que toujours présentes, étaient clairsemées et peu diversifiées, et par endroit, remplacées par des savanes herbeuses. En Afrique équatoriale occidentale, les données

disponibles montrent que l'extension des savanes et des prairies herbacées au dépend des végétations forestières n'est perceptible qu'entre 22 000 ans B.P. et 12 000 ans B.P. environ et que, en outre, une couverture forestière arborée, plus ou moins importante, aurait persisté au moins localement dans des dépressions fermées comme dans les Plateaux Bateke au Congo et, autour d'étendues d'eau tels que le lac Barombi Mbo au Cameroun. Les données actuellement disponibles ne permettent malheureusement pas encore d'estimer l'étendue réelle des zones occupées par ces végétations forestières. On peut cependant supposer qu'elles colonisaient la plupart des zones marécageuses (berges des cours d'eau et des lacs, dépressions à fonds marécageux etc..) sur une grande partie de l'Afrique équatoriale occidentale.

En ce qui concerne l'épisode forestier ca. 24 000 ans B.P. mis en évidence dans certains sites d'Afrique équatoriale occidentale, de nombreuses données d'Afrique orientale font apparaître un événement comparable. Sur le site de Kashiru au Burundi, vers ca. 21 000 ans B.P. (BONNEFIILE et RIOLLET, 1988), dans la région sud du lac Tanganyika vers 21 000 ans B.P. (VINCENS, 1991) et dans le bassin de Bogoria, vraisemblablement entre 25 000 et 20 000 ans B.P. (VINCENS, 1986), de courtes phases de recrudescence forestière (forêts montagnardes ou forêts claires) ont été enregistrées dans un contexte général caractérisé par une régression des couvertures forestières.

En ce qui concerne la présence d'éléments montagnards à moyenne altitude, en Afrique orientale, seul le diagramme de Tanganyika montre une telle migration entre 21 000 et 15 000 ans B.P. (VINCENS, 1991).

- La reprise forestière en Afrique orientale se situerait entre 14 000 et 12 000 ans B.P., et en Afrique équatoriale atlantique entre 13 000 et 11 000 ans B.P.. Dans les deux régions, le maximum de développement des forêts serait atteint entre 11 000 et 9 000 ans B.P..

- La régression forestière à l'Holocène supérieur daterait de ca. 4000-3000 ans B.P. en Afrique orientale, et vers ca. 3000 ans B.P. en Afrique équatoriale atlantique.

Cette comparaison montre que les grandes phases d'évolution des paléovégétations au cours du Quaternaire récent, se retrouvent aussi bien en Afrique orientale qu'occidentale. Cependant, les âges des changements majeurs n'apparaissent pas exactement synchrones entre ces deux régions. Ce phénomène pourrait, en fait, être seulement lié à des problèmes de chronologie ^{14}C pas assez détaillée, les âges proposés étant souvent estimés. L'obtention de séquences supplémentaires parfaitement calibrées permettra certainement, dans le futur, de régler cette question.

C. COMPARAISON AVEC LES DONNEES D'AMERIQUE DU SUD

Une comparaison à une échelle plus grande peut être tentée entre les régions tropicales d'Afrique et d'Amérique du sud. Dans cette dernière région, les principales données paléobotaniques proviennent des travaux de WIJMSTRA et VAN DER HAMMEN (1966), VAN DER HAMMEN (1974), SALGADO-LABOURIAU et SCHUBERT (1976), SALGADO-LABOURIAU et al. (1977), ABSY (1985), MARKGRAF (1989), BUSH et COLLINVAUX (1990); BUSH et al. (1990); ABSY et al. (1991) et LEDRU (1991). Par rapport au schéma décrit dans les paragraphes précédents pour l'Afrique tropicale, la comparaison de l'évolution des paléoenvironnements végétaux entre les régions tropicales des deux continents fait ressortir les points suivants:

- Entre ca. 20 000 et ca. 14 000 ans B.P., les données polliniques indiquent une régression de la couverture forestière au profit des savanes. Tout comme en Afrique équatoriale atlantique, en Amérique du sud, les végétations arborées restent localement les formations botaniques principales.

- Postérieurement à ca. 14 000 ans B.P., et jusqu'à 12 000 ans B.P., la couverture forestière se réinstalle plus ou moins rapidement selon les régions, aussi bien en Amérique du sud qu'en Afrique. Le maximum de développement des forêts denses humides apparaît dans la plupart des sites entre 10 000 et 8000 ans environ. En Afrique tropicale, la reprise forestière est située dans une échelle de temps comprise entre 13 000 ans et 10 000 ans B.P. et le maximum de développement des forêts à partir de 9000 ans B.P.

- Après 8000 ans B.P., l'évolution de la couverture végétale se révèle différente sur les deux continents. Alors que dans la presque quasi totalité des sites de l'Afrique, la forêt se maintient jusqu'à ca. 4000 - 3000 ans B.P. environ, en Amérique du sud, une régression de la couverture arborée est enregistrée ca. 5000 ou c.a. 6000 ans B.P.. Inversement, vers 4000 ans B.P., une reprise forestière est enregistrée dans les sites d'Amérique du sud au moment où s'observe partout en Afrique tropicale subéquatoriale une fragmentation de la couverture arborée au profit des savanes. Il faut cependant nuancer ce schéma global en raison de l'inégalité des données et aussi de la maille de résolution très différentes suivant les sites. En effet, des études récentes réalisées dans les plateaux Burundais sembleraient indiquer l'existence de courtes oscillations sèches à l'intérieur de l'épisode humide de l'Holocène inférieur et moyen (JOLLY, thèse en cours).

Conclusion

Les données paléobotaniques montrent la diversité des écosystèmes des régions tropicales. Malgré l'inégalité des données actuellement disponibles entre les différentes régions, la comparaison fait ressortir des similitudes dans la dynamique des paléoenvironnements végétaux entre

l'Afrique orientale et l'Afrique occidentale d'une part, et d'autre part entre l'Afrique tropicale et l'Amérique du sud centrale. La permanence d'associations végétales forestières dans des dépressions marécageuses sur les Plateaux Bateke, même pendant la période de régression forestière observée dans toutes les régions tropicales entre 24 000 et 14 000 ans B.P., montrerait que ces sites ont pu constituer des zones refuges pour les forêts.

D. INTERPRETATION DES RESULTATS EN TERMECLIMATIQUE, ANTHROPIQUE ET HYDROLOGIQUE

Sur la base des données phytogéographiques et phytosociologiques actuelles, trois principaux facteurs peuvent être retenus comme étant responsables de la répartition des associations végétales: le climat, l'homme et les conditions édaphiques. Nous examinerons dans ce paragraphe dans quelle mesure chacun de ces paramètres a pu participer aux modifications paléobotaniques mises en évidence dans les séquences polliniques.

I. Le facteur climatique

Rappelons que le Congo, situé de part et d'autre de l'équateur, est soumis à un climat de type équatorial défini par le montant des précipitations annuelles et par la longueur de la saison sèche. L'humidité atmosphérique est très élevée, avec des valeurs moyennes annuelles comprises entre 70 et 90%. Les températures moyennes annuelles varient entre 25 et 28 °C. Ces différents paramètres climatiques jouent, dans les

conditions actuelles, un grand rôle dans la répartition des associations végétales.

L'évolution des paléoenvironnements végétaux des Plateaux Bateke et du littoral décrite dans les paragraphes précédents amène à proposer l'interprétation paléoclimatique suivante:

1. La période ca. 24 000 ans B.P.

La phase de développement de la forêt hydromorphe mise en évidence à Ngamakala sur les Plateaux Bateke ca. 24 000 ans, traduit l'existence d'un épisode hydrologique positif, caractérisé par un affleurement permanent de la nappe phréatique. Ces conditions ne peuvent s'expliquer que par des précipitations bien réparties sur toute l'année, favorisant le développement de tels groupements forestiers.

Cependant, l'existence d'un tel épisode hydrologique positif vers 24 000 ans B.P. dans les Plateaux Bateke est en opposition avec le schéma général de la stratigraphie du Quaternaire récent de l'Afrique centrale atlantique. A l'exception d'une phase de podzolisation datée ca. $24\,860 \pm 290$ ans B.P. (HV 12947), témoignant de conditions hydrologiques positives sur le versant oriental de la Cuvette Congolaise (PREUSS, 1990), tous les travaux réalisés dans cette région s'accordent pour décrire la période dite "Léopoldvillien" (30 000-12 000 ans B.P.) comme étant globalement sèche, voire aride (tabl. 18).

Par contre, dans d'autres régions de l'Afrique tropicale, de nombreuses données paléobotaniques et paléohydrologiques indiquent une courte oscillation humide entre 25 000 ans B.P. et 21 000 ans B.P.. Ainsi, au Burundi, une mise en eau de la tourbière de Kashiru ca. 21 000 ans B.P. s'est traduite par une brève phase de reprise forestière (BONNEFILLE et RIOLLET, 1988). Dans de nombreux lacs, des épisodes hydrologiques positifs

Chronologie (B.P.)	Principaux événements sur le continent	Principaux événements sur le littoral	Industrie lithique	Tendance climatique humide <--- ---> sèche
SUBACTUEL 500?	<ul style="list-style-type: none"> - influences anthropiques - au Sud: avancée des savanes - au Nord: avancée des forêts 		Age du fer	
Assèchement relatif. ----- 3000 KIBANGIEN 12000	Influences anthropiques, terrasses immergées dans le Stanley-Pool <ul style="list-style-type: none"> - Reprise forestière - Podzolisation - Entaillement de la terrasse de 7m. 	<ul style="list-style-type: none"> - Développement de la mangrove - Transgression (Nouakchotien) 	2000 Tsitholien	HUMIDE
LEOPOLDVILLIEN a b c 30000	<ul style="list-style-type: none"> - Savanisation, steppisation - Dépôt de la terrasse de 7m. - Reliques forestières le long des rivières 	<ul style="list-style-type: none"> - Régression marine (Ogolien) - Présence de cordons dunaires 	Lupembien	ARIDE 18000 Maximum d'aridité
NJILIEN 40000	<ul style="list-style-type: none"> - Podzolisation - Reprise forestière à partir des galeries. - Entaillement de la terrasse de 20m. 	<ul style="list-style-type: none"> - Développement de la mangrove - Transgression (Inchirien) 		HUMIDE
MALUEKIEN	<ul style="list-style-type: none"> - Savanisation; - Galeries forestières - Dépôt de la terrasse de 20m. 	<ul style="list-style-type: none"> - Régression marine (Pré - Inchirien) 	<ul style="list-style-type: none"> - Stanley - Pool I - Stanley - Pool II = Sangoen 	(SEMI) ARIDE

Tabl. 18: Chronologie de la fin du quaternaire du congo et des régions voisines

(d'après sources diverses, voir texte)

sont enregistrés: au lac Turkana ca. 25 000 ans B.P. (BUTZER et al., 1989); au lac Tanganyika entre 25 000 ans B.P. et 21 000 ans B.P. (TIERCELIN et al., 1988; GASSE et al., 1989) et, enfin, au lac Tchad, entre 25 000 ans B.P. et 20 000 ans B.P. (SERVANT et SERVANT-VILDARY, 1980). Dans le cas du lac Tchad, dont le bassin est alimenté en grande partie par les eaux issues des précipitations sur le Cameroun, ce haut niveau témoignerait de la régularité des précipitations dans la région.

En domaine océanique, l'enregistrement sédimentaire provenant du delta du Niger (golfe de Guinée, PASTOURET et al., 1978) montre ca. 23 000 ans B.P., des valeurs de $\delta^{18}\text{O}$, mesurées sur *Globigerinoides ruber*, foraminifère planctonique, relativement faibles témoignant d'apports d'eaux douces issues des précipitations sur le continent.

Ces données paléohydrologiques, provenant de régions aussi éloignées, sont concordantes et confirment l'existence d'une pulsation humide vers 25 000-21 000 ans B.P. dans les régions tropicales. En l'absence de données quantifiées, aucune estimation ne peut être avancée sur le montant des précipitations. Ce point pourrait être éclairé par des travaux futurs.

En ce qui concerne les températures dans les Plateaux Bateke au cours de cette phase, aucune information précise n'est apportée par les données polliniques. Celles-ci pourraient cependant être rapprochées de celles définies dans la région du lac Barombi Mbo au Cameroun (MALEY, 1991), en raison de la similitude de l'évolution des paléovégétations entre les deux régions. La présence de l'élément forestier montagnard *Olea capensis*, associé à des arbres caractéristiques de forêt sempervirente entre environ 24 000 et 20 000 ans B.P. dans la séquence pollinique obtenue sur ce site, a conduit à l'hypothèse de la présence d'un climat froid et humide au cours de cette période (BRENAC, 1988; MALEY, 1991). Sur la base de la migration de cet élément montagnard à basse altitude, ces auteurs ont estimé que les températures se seraient abaissées de 3 à 4°C au minimum par rapport à

l'Actuel. On pourrait supposer qu'un tel climat ait pu s'étendre dans d'autres régions d'Afrique centrale atlantique, dont une partie du Bassin du Congo. Les données paléobotaniques des Plateaux Bateke traduisent donc un climat humide mais vraisemblablement plus frais que l'Actuel. Ainsi, dans un contexte d'assèchement global depuis ca. 30 000 ans B.P., le Léopoldvillien (30 000-12 000 B.P.) (tabl. 18), a été interrompu vers 24 000 ans B.P. par une brève pulsation humide. Cet événement, mis en évidence dans les Plateaux Bateke, est synchrone avec des événements comparables décrits dans d'autres sites en Afrique tropicale.

2. La période ca. 22 000 à ca. 11 000 ans B.P.

La phase de colonisation de certaines dépressions des Plateaux Bateke par des prairies dans les dépressions marécageuses entre ca. 22 000 et ca. 11 000 ans B.P. traduit un déficit hydrologique qui se caractérise par la baisse du niveau de la nappe phréatique. Cette épisode correspondrait donc à une baisse des précipitations.

Dans la Cuvette Congolaise, et plus largement dans le Bassin du Congo, une baisse générale des précipitations a été mise en évidence grâce à de nombreux indices géologiques et géomorphologiques tels que des terrasses alluviales déposées lors de bas niveaux du fleuve Congo (DE PLOEY, 1963; GIRESSE et al., 1981) (tabl. 18).

Dans le domaine marin, l'enregistrement sédimentaire obtenu au large des côtes congolaises (GIRESSE et al., 1982), montre une augmentation des valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ pendant cette période, traduisant une forte diminution des apports d'eaux continentales. JANSSEN et al. (1984) ont enregistré une augmentation de la concentration en illite et en feldspath dans les sédiments marins au large du fleuve Zaïre-Congo. La préservation de ces

minéraux, normalement altérés en climat humide, suggère l'existence de conditions climatiques plus arides sur le continent.

Ces données sont concordantes avec celles d'autres régions d'Afrique tropicale, en particulier celles obtenues dans la région des lacs est africains. Dans cette région, il apparaît que de façon globale, l'ensemble des lacs avait atteint leur niveau le plus bas par rapport au niveau actuel (STREET et GROVE, 1979) en relation avec une baisse notable des précipitations.

Des données quantifiées, récemment obtenues au Burundi, indiquent que la baisse des précipitations au cours de cette phase a été d'environ 30% en Afrique tropicale orientale (ROELAND, 1990; BONNEFILLE et al., 1990). Pour l'Afrique équatoriale occidentale, de telles données n'existent pas pour le moment.

En ce qui concerne les températures au cours de cette phase, la présence d'éléments afromontagnards au voisinage du Bois de Bilanko vers la fin de cette épisode (ca. 11 000 ans B.P.) apporte des informations importantes. L'aire normale de ces éléments étant située entre 1200 et 2000m d'altitude (WHITE, 1981), leur migration à 700m d'altitude, implique une descente de plus de 1000m. Sachant qu'avec l'altitude, la température diminue de 0,6°C tous les 100m (BLASCO, 1971), la présence de ces éléments sur les Plateaux Bateke suggérerait une baisse des températures de l'ordre de 4 à 5°C dans cette région par rapport à l'Actuel. Des valeurs du même ordre de grandeur ont été avancées également dans les régions des lacs Bosumtwi au Ghana et Barombi Mbo au Cameroun (MALEY, 1991) en relation avec ce même phénomène. Ainsi, la baisse des températures amorcée dans la phase précédente se serait poursuivie sur l'ensemble du domaine forestier équatorial. Ces valeurs sont cohérentes avec les estimations quantitatives proposées sur les plateaux Burundais et qui indiqueraient une baisse des températures de l'ordre de 4 ± 2 °C (BONNEFILLE et al., 1990). La période

22 000-11 000 ans B.P. serait donc caractérisée par un climat froid et sec par rapport à l'Actuel.

3. Le climat à l'Holocène inférieur et moyen

Au début de l'Holocène, l'immersion des sols entraîne la disparition des prairies hydrophytiques dans les dépressions des Plateaux Bateke. Cette phase peut être interprétée comme témoignant de précipitations plus abondantes qu'antérieurement.

Dans la Cuvette Congolaise, les données géomorphologiques indiquent l'entaillement des terrasses alluviales déposées lors de l'épisode sec du Léopoldvillien (tabl. 18) traduisant une reprise des précipitations (GIRESSE et al., 1981).

Sur le littoral, une remontée rapide du niveau marin est enregistrée entre 12 000 et 11 600 ans B.P. environ (GIRESSE, 1978; GIRESSE et LE RIBAUT, 1981; MALOUNGUILA-NGANGA, 1983; GIRESSE et LANFRANCHI, 1984; GIRESSE et al., 1984). Dans l'Océan, l'arrivée d'eaux chaudes issues des précipitations sur le bassin du Congo est traduite par la baisse des valeurs du $\delta^{18}O$ (GIRESSE et al., 1982).

Dans d'autres régions d'Afrique tropicale, les témoins d'une augmentation des précipitations sont également nombreux, parmi lesquels, la remontée du niveau de plusieurs lacs pluviomètres tels que le lac Bosumtwi au Ghana (TALBOT et al. 1984), de celui du lac Tchad (SERVANT et SERVANT-VILDARY, 1980) et de la plupart des lacs est africains (STREET et GROVE, 1979).

La disparition des éléments afromontagnards de la végétation au voisinage du Bois de Bilanko témoignerait d'un réchauffement du climat, en particulier une élévation des températures moyennes annuelles par rapport à la phase précédente.

Les données polliniques, traduisent donc au cours de l'Holocène moyen et inférieur (10 000-4000 ans B.P.), l'existence d'un climat chaud et humide. La comparaison avec les autres paléodonnées, en particulier les données paléohydrologiques disponibles en Afrique tropicale, montre une concordance des résultats et témoigne en faveur du caractère général de cet événement.

4. Période post 4 000 ans B.P. à l'Actuel

Postérieurement à 4000 ans B.P., mais surtout vers ca. 3000 ans B.P., la régression de la couverture forestière et l'installation de prairies herbacées observées sur tous les sites, traduirait une nouvelle baisse de la nappe phréatique en relation avec une diminution des précipitations. Le synchronisme de cet événement sur les sites des Plateaux Bateke et sur le littoral témoigne de son ampleur géographique. Les données antérieures avaient permis de conclure à un tel changement climatique vers des conditions plus sèches ca. 3000 ans B.P. (SCHWARTZ et al., 1990a et b; FORESTA, 1990). Sur le versant oriental de la Cuvette Congolaise, l'extension de végétations ouvertes de type savanes boisées au dépend de forêts denses ca. 4-3000 ans B.P., en relation avec un assèchement relatif du climat, a également été mise en évidence (M'BENZA et ROCHE, 1980; M'BENZA et al., 1984). Plus largement en Afrique tropicale, cette période est caractérisée par une baisse importante du niveau de certains lacs (HECKY et DEGENS, 1973; STREET et GROVE, 1979; SERVANT et SERVANT-VILDARY, 1980; TALBOT et al., 1984).

Sur le littoral congolais, cette phase est interrompue entre 2600 et 1600 ans B.P. par un bref épisode de recrudescence forestière. Cet épisode a été interprété comme témoignant d'une pulsation humide (ELENGA et al., 1992). Cet événement n'a pas été repéré dans les séquences des Plateaux

Bateke et aurait peut être un caractère local. Il pourrait être synchrone d'une faible remontée du niveau marin (+0,5m) enregistrée vers 2000 - 1500 ans B.P., ayant pu entraîner la pénétration d'eaux saumâtres dans les lacs de l'arrière pays (GIRESSE et KOUYOUMONTZAKIS, 1990).

Dans d'autres régions d'Afrique tropicale, postérieurement à 3000 ans B.P., quelques données paléohydrologiques indiquent l'existence de courtes oscillations hydrologiques positives. Ainsi, MALEY (1981) a signalé la présence de petits lacs interdunaires entre 2400 et 1750 ans B.P. dans le bassin du lac Tchad. TALBOT et al. (1984) ont mis en évidence des lignes de transgression (+25m) vers 2400 ans B.P. au lac Bosumtwi. Toutes ces données semblent donc en faveur de l'existence d'une pulsation humide entre 2000 et 1600 ans B.P.. Toutefois, il apparaît, en ce qui concerne le littoral congolais, que la proximité du niveau marin ait influencé la nappe phréatique, donnant à cette phase une amplitude vraisemblablement supérieure à sa valeur réelle. Mais il n'est pas exclu que d'autres facteurs soient à l'origine de cet événement.

Conclusion

Les principales phases de l'évolution et des modifications des paléoenvironnements végétaux mises en évidence dans les diagrammes polliniques des Plateaux Bateke et du littoral congolais s'inscrivent dans le cadre général des changements climatiques à l'échelle des régions tropicales africaines. La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus par d'autres approches aboutit à des corrélations positives dans l'identification des principales phases climatiques qui se sont succédées depuis 24 000 ans B.P.. Le climat apparaît ainsi comme un facteur important dont l'influence sur la répartition de la flore et de la végétation a pu être démontrée. Le montant des précipitations, et vraisemblablement aussi

leur répartition dans l'année, sont des facteurs importants dans le maintien et le développement des associations végétales. Ces résultats ont montré également que la température jouait un rôle fondamental dans la migration des espèces. La baisse des températures au Pléistocène supérieur serait ainsi à la base de la migration de plantes afromontagnardes dans les Plateaux Bateke et dans d'autres régions de basse et de moyenne altitudes en Afrique tropicale.

II. Le facteur humain

L'homme exerce sur la végétation une influence certaine à travers son mode de vie, par différentes activités telles que l'agriculture, l'élevage, les feux et la métallurgie du fer.

Pour les périodes anciennes, les indices archéologiques récoltés au Congo montrent que jusqu'à ca. 4-3000 ans B.P., l'ensemble des industries lithiques appartient à une population de cueilleurs-chasseurs (VAN NEER et LANFRANCHI, 1990). Pour ces auteurs, de telles populations, dont les Pygmées de la forêt équatoriale seraient l'équivalent actuel, n'auraient eu que très peu d'influence sur l'environnement végétal, comme c'est le cas actuellement. Ce serait surtout avec l'apparition de la métallurgie du fer et la sédentarisation des populations au cours des deux derniers millénaires, qu'une influence possible de l'homme sur le milieu est envisageable (DE MARET, 1985; PINCON, 1990). Les données encore peu nombreuses montrent que dans la plupart des régions d'Afrique centrale, les métallurgistes se seraient installés dans des savanes plus ou moins boisées préexistantes (VAN GRUNDERBEECK et al., 1983, 1984; PINCON, 1990; PINCON et DECHAMPS, 1991). Pour ce dernier auteur, qui a étudié d'anciennes fonderies dans les Plateaux Bateke, même en considérant l'hypothèse maximaliste d'utilisation de bois, l'action des fondeurs sur la végétation de cette région a été négligeable.

Pour ce qui est de l'activité agricole, rappelons que dans les régions forestières, les techniques agricoles consistent en un abattage de la forêt, suivi de brûlis et de mise en culture des terrains ainsi dégagés. Dans les régions de savanes, la végétation est directement brûlée et mise en culture. Dans les deux cas, les terrains cultivés sont mis en jachère après les récoltes. D'après les études récentes menées dans la région de la forêt dense du Mayombe (FORESTA, 1990), il semblerait que la jachère tend toujours vers la reconstitution de la forêt, ce qui indiquerait que l'homme actuel, dont la pression sur le milieu n'a jamais été aussi forte, ne crée pas de savane en forêt. Il en résulte que l'homme préhistorique, dont les moyens matériels étaient nettement moins destructeurs, n'aurait eu donc que très peu d'influence sur le milieu (FORESTA, 1990). Cet auteur ajoute, cependant, que dans le cas de régions à couvert végétal peu dense, il est possible que des temps de jachère trop rapprochés conduisent vers des associations végétales plus ouvertes de type savane.

Enfin, en ce qui concerne l'action des feux, il n'est pas question dans le cadre de ce travail, d'étudier les différents aspects que soulève cette question et pour lesquels il existe une abondante littérature sur l'Afrique (ROBYNS, 1938; LEBRUN, 1947; AUBREVILLE, 1949; SILLANS, 1952; KOECHLIN, 1961). Nous nous limiterons à rapporter quelques observations de terrain afin de rechercher le lien entre les feux et la répartition des formations végétales. KOECHLIN (1961) qui a étudié la végétation des savanes du sud du Congo, a montré que dans les conditions climatiques actuelles, les incendies en forêt dense humide se limitent à la lisière et ne pénètrent la forêt que sur quelques dizaines de mètres. Par contre, en savane, les feux peuvent parcourir de grandes distances et leur utilisation répétée freinerait toute reprise forestière (MAKANY, 1976). Mais il reste néanmoins difficile, en l'absence de données quantifiées,

d'estimer de façon rigoureuse l'ampleur exacte des feux sur la végétation. Un des moyens d'accéder à ce genre de données serait, dans l'avenir, de procéder à une cartographie des charbons fossiles.

Des analyses préliminaires de charbons ont ainsi été effectuées sur la carotte CORAF 2 provenant du littoral (fig. 43). Nous avons suggérer pour cela la poursuite de telles analyses sur plusieurs autres sites afin d'en établir leur répartition spatiale, ce qui permettrait d'estimer leur origine, et s'il s'agit véritablement d'incendies, leur étendue approximative.

Dans ce travail de palynologie, la mise en évidence de l'influence de l'homme sur la végétation n'est pas toujours aisée pour plusieurs raisons, parmi lesquelles la difficulté matérielle d'identifier de façon certaine les grains de pollen de plantes cultivées. D'une part, la plupart des céréales cultivées possède un pollen semblable à celui des céréales sauvages. D'autre part, même si l'identification de céréales cultivées était possible, leur présence ne constituerait en rien une donnée quantitative pouvant permettre d'estimer l'action de l'homme sur la végétation. En effet, la seule présence de l'homme ne suffit pas à estimer l'ampleur de son action destructive sur la végétation.

Dans le cadre de ce travail, *Elaeis guineensis* (Palmier à huile), constitue le seul vrai indicateur de la présence humaine. Dans les analyses polliniques, cet élément apparaît postérieurement à ca. 2800 ans B.P. dans les Plateaux Bateke et ca. 2600 ans B.P. sur le littoral. Dans un niveau organique prélevé sur le site urbain de Brazzaville et daté ca. 1320 ans B.P., il a été rencontré avec des pourcentages polliniques de 5 à 10% (ELENGA, non publié). Dans d'autres régions du Congo, il est signalé vers 2850 ans B.P. à 70 km au nord du littoral (CARATINI et GIRESSE, 1979), vers 2100 ans B.P. à Les Saras, dans le Mayombe (SCHWARTZ et al., 1990a), et vers 1800-1700 ans B.P. à Madingou-Kayes, à 35 km au nord de

Pointe Noire (DENBOW et al., 1988). Dans ces trois derniers sites, il s'agit de macrorestes (noix de palmes). Leur intérêt est qu'ils sont associés à des vestiges archéologiques (poteries), ce qui permet de leur attribuer avec certitude une origine anthropique. Ceci expliquerait ainsi pourquoi, la répartition actuelle de cet arbre est en étroite relation avec la présence de l'homme (anciens villages, bivouacs etc...). Il faut cependant rappeler que la multiplication de cet arbre peut se faire de façon subspontanée.

Dans tous les spectres fossiles, les pourcentages polliniques d'*Elaeis guineensis* sont inférieurs à ceux rencontrés dans les échantillons de surface prélevés au voisinage des sites où cet arbre était bien représenté. Ceci pourrait indiquer soit qu'il était moins abondant dans la végétation, soit qu'il n'était pas présent sur le site même.

Quel a donc pu être l'impact de l'homme sur la végétation au cours du Quaternaire récent? Les indices de présence de l'homme rendent-ils compte de cet impact? Sur le plan de l'analyse palynologique, les données actuellement disponibles ne nous permettent pas d'avancer des hypothèses satisfaisantes sur ce problème. De même, la brève analyse des indices obtenus par d'autres approches montre que dans la région Congolaise, l'action destructive de l'homme sur la végétation n'est pas connue avec une précision certaine. Il apparaîtrait toutefois que celle-ci ait été de faible ampleur, jusqu'à une époque plus ou moins récente. Actuellement encore, malgré l'introduction d'engins à haute capacité destructrice tels que les bulldozers, l'empreinte de l'homme sur la végétation reste très localisée. L'équilibre forêt-savane semble maintenu en dépit des feux répétés, avec même un bilan légèrement positif en faveur de la forêt (MAKANY, 1976; FORESTA, 1990).

III. Les facteurs édaphiques

Les sols et la topographie sont des facteurs importants qui régissent la répartition des associations végétales à l'échelle locale. A l'échelle d'un versant, plusieurs associations végétales peuvent être décrites en relation avec le type de sols et la topographie (KOECHLIN, 1961). Cependant, une observation à plus grande échelle montre que ce sont les facteurs climatiques qui influencent la nature des sols. L'influence des conditions édaphiques régnant sur un site, apparaîtra surtout dans la vitesse et l'ampleur des changements de la végétation lorsque les conditions climatiques varieront. Ainsi, au cours d'une phase de sécheresse, les modifications au sein d'associations végétales sur sols hydromorphes seront plus atténuées que celles d'associations végétales développées sur sols sableux, ceci en raison de la persistance d'humidité d'origine édaphique. Ceci pourrait expliquer l'ampleur relativement faible des modifications subies par les formations végétales des dépressions marécageuses des Plateaux Bateke par rapport à d'autres régions d'Afrique tropicale, lors de la phase sèche située entre 20 000 et 12 000 ans B.P..

Malgré une influence certaine sur la répartition des groupements végétaux à l'échelle d'un site, les facteurs édaphiques apparaissent eux-mêmes liés aux changements d'autres paramètres, en particulier le climat régional. L'homme peut également, à travers les activités agricoles, influencer la topographie et donc le type de sols.

Conclusion

En conclusion, le climat apparaît donc comme le facteur prépondérant à l'origine des modifications paléobotaniques observées dans les diagrammes

polliniques, l'ampleur et la durée de chaque événement pouvant varier en fonction des conditions édaphiques originelles. L'influence probable de l'homme sur le milieu, au cours de phases récentes, reste cependant à identifier de façon rigoureuse.

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

Comme il a été exposé dans l'introduction, le but de cette étude était de reconstituer, par la méthode palynologique, les différentes formations végétales qui se sont succédées dans les dépressions des Plateaux Bateke et sur le littoral congolais depuis le Pléistocène supérieur jusqu'à l'Actuel, puis de rechercher les principaux facteurs à l'origine des modifications enregistrées.

En raison du caractère nouveau de l'utilisation de cette méthode au Congo, un travail visant à la connaissance des grains de pollen des plantes actuelles de ces régions a été nécessaire. Cette connaissance ne pouvait se faire que grâce à la constitution d'une collection de référence.

Nous avons fait référence à cet aspect technique de notre travail tout au début de ce mémoire (deuxième partie). Celui-ci reste cependant préliminaire et il s'avère donc nécessaire, dans le futur, d'augmenter le nombre de specimens de cette collection de référence du Congo, région pour laquelle il n'existe, de plus, aucune monographie de morphologie pollinique. Actuellement, nous disposons de plus de 1500 spécimens prélevés dans les herbiers nationaux de Brazzaville et de Pointe Noire, mais il est certain que ce nombre reste insuffisant au vu de la richesse floristique de cette région, en particulier des écosystèmes forestiers. Nous ne pouvions prétendre combler cette lacune au cours de cette étude.

La seconde étape dans l'analyse des sédiments quaternaires, a été,, comme cela a été montré dans la troisième partie de ce travail, l'étude de la pluie pollinique des différentes associations végétales actuelles du Congo. Cette étude, rapellons-le, a pour but d'établir une relation pollen

- végétation et ainsi de faciliter l'interprétation des spectres fossiles en terme de paléovégétations par comparaison avec les spectres actuels. Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié la pluie pollinique de trois principaux types de formations végétales: les forêts ombrophiles sempervirentes à Caesalipiniodeae (WHITE, 1983) avec leur variante (le type inondé et le type sur terre ferme), les savanes guinéennes à strate arborée bien développée et les îlots forestiers localisés au sein des savanes. Les principaux résultats sont les suivants:

- La pluie pollinique est essentiellement locale. Les grains de pollen et les spores déterminés dans les assemblages polliniques sont issus des associations végétales au sein desquelles les échantillons sont prélevés. Ce fait pourrait être attribué soit au caractère entomogame ou zoogame de la plupart des espèces, soit à la densité de la couverture végétale qui limiterait le transport pollinique sur de longues distances, soit aux deux facteurs cumulés.

- La composition des assemblages polliniques donne une bonne image de la physionomie des végétations échantillonnées. Ainsi, 80 à 90% de taxons arborescents dans un spectre, sont caractéristiques d'un milieu forestier; 80 à 90% d'herbacées (surtout représentées par des Gramineae) sont représentatifs de milieux ouverts de type savane. Ces résultats sont tout à fait concordants avec ceux précédemment obtenus dans d'autres régions d'Afrique.

- Les différentes formations végétales échantillonnées peuvent être définies par des taxons ou des associations de taxons marqueurs. Ce sont:

- * pour les forêts denses ombrophiles du Nord Congo: *Lophira* et *Guibourtia*,
- * pour les forêts ombrophiles du Mayombe: *Irvingia* et *Plagiostyles* ,
- * les savanes sont surtout caractérisées par l'abondance des Graminées auxquelles s'associent des éléments de la strate arborée tels que *Hymenocardia* et *Annona*,

* les milieux édaphiques humides sont caractérisés par les herbacées dont les plus significatives sont les Cyperacées auxquelles on peut associer les spores de Ptéridophytes.

* enfin, le pollen d'*Elaeis guineensis* (Palmier à huile) est un marqueur de la présence humaine.

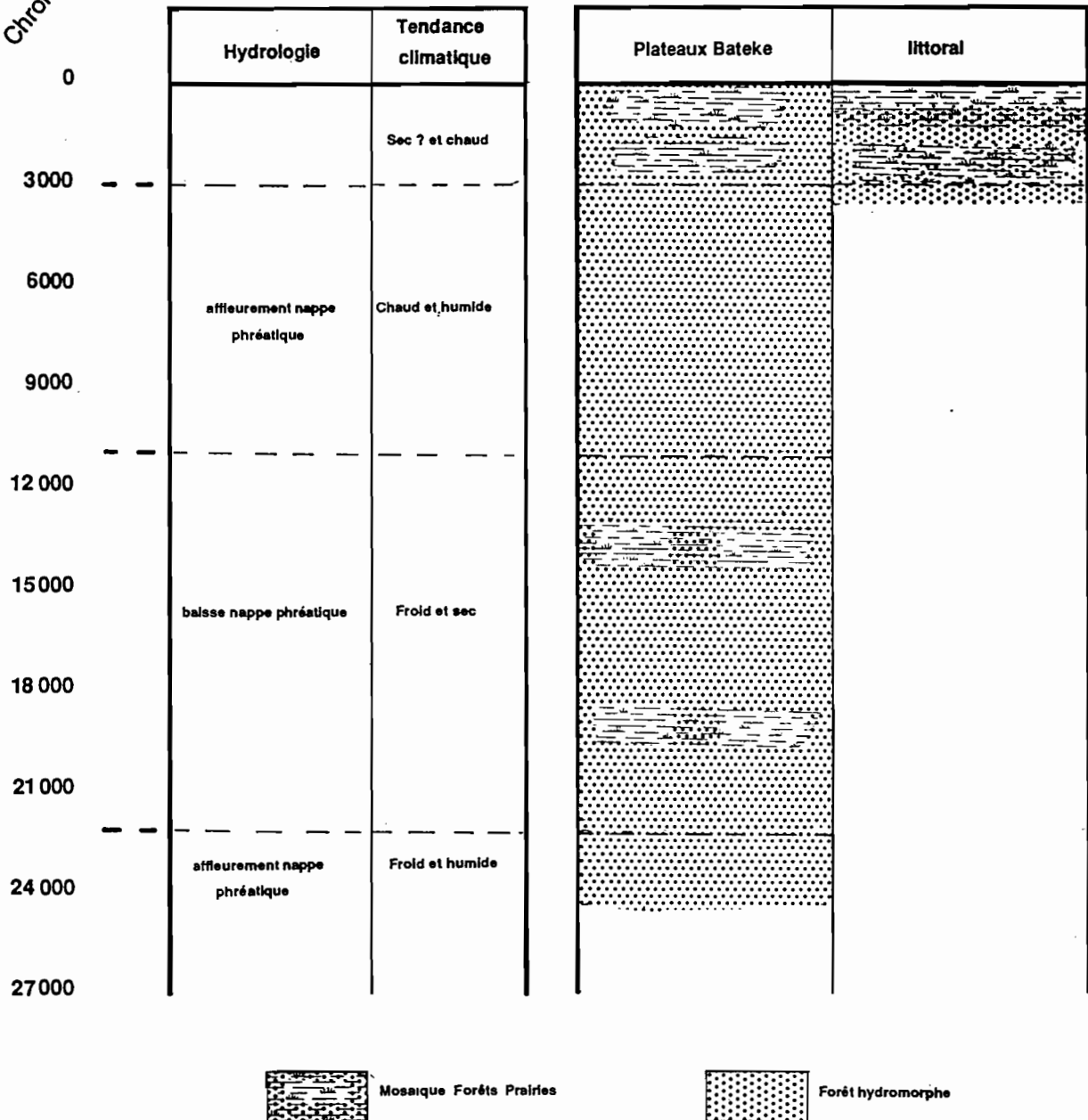
L'analyse statistique des données par la méthode de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) a montré une répartition des spectres polliniques en fonction du degré d'ouverture des végétations échantillonnées, confirmant nos interprétations empiriques. Cependant, un plus grand nombre de prélèvements s'avère nécessaire pour obtenir des résultats plus significatifs et qui vraisemblablement, permettraient l'interprétation d'un plus grand nombre possible d'axes. L'obtention d'une base de données plus complète sur la pluie pollinique actuelle des forêts denses et des savanes péri et intraforestières constitue donc la seconde priorité dans la perspective d'une poursuite des travaux sur l'évolution des paléoenvironnements botaniques et climatiques du Congo.

Ayant établi les liens entre pluie pollinique actuelle et végétation, nous avons, en nous appuyant sur ces données, tenté une reconstitution des paléoenvironnements végétaux des Plateaux Bateke et du littoral congolais depuis environ 24 000 ans B.P. L'interprétation des résultats a montré que le climat était le facteur principal de répartition des flores et groupements végétaux. Au cours de périodes récentes, l'homme a pu exercer, localement, une pression sur la végétation.

Les faits majeurs mis en évidence par l'analyse palynologique des sédiments fossiles sont présentés dans le tableau 19. Vers 24 000 ans B.P., des conditions climatiques humides favorisent le développement de groupements forestiers hydromorphes dans des dépressions marécageuses sur les Plateaux Bateke. Cette phase correspondrait à une brève pulsation

Chronologie 14C

Dynamique de la végétation



Tabl. 19 : Synthèse : Evolution des paléoenvironnements végétaux et paléohydrologiques des Plateaux Bateke et du littoral depuis 24000 ans B.P. d'après les données palynologiques.

humide au sein d'une période aride dite "Léopoldvillien" (30 000-12 000 ans B.P.). Le maximum d'aridité semble être atteint entre 20 000 ans B.P. et 12 000 ans B.P. caractérisé par le développement de prairies dans les dépressions au dépend de la couverture arborée. Cependant, la persistante de formations forestières montre que le stress climatique n'aurait pas été suffisamment important pour entraîner leur disparition totale de ces sites. Ceci pourrait s'expliquer par le caractère hydromorphe de ces dépressions qui auraient ainsi permis de conserver localement, des conditions édaphiques favorables à un milieu forestier, compensant un déficit pluviométrique plus global. La présence d'éléments forestiers montagnards au Pléistocène supérieur sur certains sites témoigne d'une baisse importante de la température moyenne annuelle au cours de cette période, vraisemblablement de l'ordre de 4 à 5 °C par rapport à l'Actuel. L'étendue occupée par ces flores montagnardes n'est pas précisément connue, mais il apparaît que celles-ci n'auraient pas colonisé tout l'écosystème de basse altitude, mais se seraient installées préférenciellement sur certains sites comme par exemple au voisinage du Bois de Bilanko.

Au début de l'Holocène, une amélioration climatique caractérisée par une augmentation de la température et de la pluviosité se traduit par une recolonisation rapide des dépressions par des formations forestières, au demeurant très peu modifiées floristiquement lors de la phase sèche antérieure. Seuls les éléments afromontagnards disparaissent de l'écosystème qui ne leur offre plus des conditions favorables à leur développement et où vraisemblablement la compétition avec les éléments locaux devient trop grande. Les groupements forestiers à caractère hydromorphe se maintiennent dans les dépressions jusqu'à ca. 3000 ans B.P., période à partir de laquelle un nouvel assèchement climatique est enregistré. Une nouvelle phase de développement de prairies au sein des dépressions est enregistrée. Jusqu'à la période récente, aucune

modification importante dans la composition et la répartition des différentes formations végétales n'est plus observée. De faibles épisodes d'installation puis de régression des prairies sans jamais changer la physionomie de la végétation semblent relever soit de la dynamique locale de chaque site, soit de l'action de l'homme dont la présence est attestée dès 2800 ans B.P. environ.

Les modifications de la végétation, et par conséquent des conditions climatiques, des Plateaux Bateke et du littoral congolais, mises en évidence par l'analyse palynologique de huit séquences continentales, permettent de préciser les données antérieures fournies par les études géomorphologiques, pédologiques et archéologiques dans le Stanley-Pool et qui avaient été à la base de la définition de la stratigraphie du Quaternaire dans cette région (DE PLOEY, 1963, 1965, 1969; DE PLOEY et VAN MORSEL, 1963; LANFRANCHI, 1979; GIRESE et al., 1981; SCHWARTZ, 1985 etc... tabl. 18).

Ces résultats, bien qu'encourageants, restent cependant ponctuels et donc encore insuffisants. Une reconstitution détaillée de la dynamique de la végétation de la Cuvette congolaise, et plus largement du Bassin du Congo nécessite l'élaboration de nombreux projets regroupant des équipes multidisciplinaires travaillant avec une maille de résolution comparable de manière à faciliter les corrélations entre données. En attendant, ce travail constitue, pour les régions forestières d'Afrique équatoriale, une base de données qui pourra servir de référence pour étayer la chronologie de l'évolution des paléoenvironnements végétaux et de la dynamique paléoclimatique de ces régions au cours du Quaternaire récent.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AARIO L. (1940) - Waldgrenze und subbreiten pollenspektren in Petsamo, Lappland. *Ann. Acad. Sci. Fennicae*, A, 54, 1-120

ABSY M.L. (1985) - Palynology of Amazonia: the history of the forests as revealed by the palynological record. In: PRANCE G.T.. et LOVEJOY T.E. *Amazonia key environments*. Oxford, Pergamon Press, 72-82

ABSY M.L., CLEEF A., FOURNIER M., MARTIN M., SERVANT M., SIFFEDINE A., SILVA M.F.F., SOUBIES F., SUGUIO K., TURCQ B. et VAN DER HAMMEN T. (1991) - Changements de la végétation et du climat durant les 60 000 dernières années dans le Sud-Est de l'Amazonie (Brésil). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 312, 2, 673-678

AOUTIN J. (1967) - *Les pollens et Les spores des sédiments du delta de l'Ogoué (République du Gabon)*. Mém. E.P.H.E., Paris, 190 p.

A.P.L.F. (1974) - *Pollens et spores d'Afrique tropicale*. C.E.G.E.T., Talence, Trav. et Doc. Géogr. tropic., 16, 238 p.

A.S.E.C.N.A. (1964) - *Aperçu sur le climat du Congo Brazzaville*. Service Météorologie, 23 p.

A.S.E.C.N.A. (1973) - *La structure de l'équateur météorologique sur l'Afrique intertropicale*. PDEM, n° 29, Dakar

ASSEMIEN P. (1971) - *Etude comparative de flores actuelles et quaternaires récentes de quelques paysages végétaux d'Afrique de l'Ouest*. Thèse Doct. Et. Sci., Univ. Abidjan, 257 p.

ATLAS DU CONGO (1969) - ORSTOM, Paris.

AUBREVILLE A. (1949) - *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. Paris. Soc. Edit. Géogr. maritime et coloniale. 351 p.

BABET V. (1933) - *Exploration de la partie méridionale des plateaux Batéké*. Bull. Serv. Mines A.E.F., 3, 21-56.

- BARBER K.E. (1982) - Peat-bog Stratigraphy as a proxy climatic record. In *"Climatic Changes in Later Prehistory"* HARDING A.F. (ed). Edinburg Univ. Press, 103-113
- BARNES P.W., TIESZEN L.L. et ODE D.J. (1983) - Distribution, production and diversity of C3 and C4 dominated communities in a mixed prairie. *Canadian Journ. Bot.* , 61, 741-751
- BELOKUPYTOV I.E. et BERESNEVICH V.V. (1955) - Giktorf's peat bores. *Torf. Prom.*, 8, 9-10
- BENDER M.M. (1971) - Variations in the 13C/12C ratios of plants in relation of the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation. *Phytochemistry*, 10, 1239-1244
- BENGO M.D. et MALEY J. (1991) - Analyses des flux polliniques sur la marge sud du Golfe de Guinée depuis 135 000 ans. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 10, Sér. 2, 843-849
- BENZECRI J.P. et BENZECRI F. (1980) - *Pratique de l'analyse des données. Analyses des correspondances, exposé élémentaire.* DUNOD, Paris, 424 p.
- BIRKS H.J.B. et BIRKS H.H. (1980) - *Quaternary Palaeoecology.* ARNOLD E. (ed.), London, 289 p.
- BLASCO F. (1971) - *Montagnes du sud de l'Inde. Forêts, savanes, écologie.* Inst. Fr. Pondichery. Trav. Sect. Sc. et Techn., 9, 1, 436 p.
- BOCQUIER G. et BOISSEZON P. de (1959) - *Note relative à quelques observations pédologiques effectuées sur le plateau Batéké (Région du Pool, Rép. du Congo).* ORSTOM, Brazzaville, Ronéo, 19 p.
- BOCQUIER G. et GUILLEMIN R. (1959) - *Aperçu sur les principales formations pédologiques de la Rép. du Congo.* ORSTOM, Brazzaville, Ronéo, 139 p.
- BOISSEZON P. de (1963) - *Les sols des plateaux de Djambala et Koukouya et de la zone avoisinante de hautes collines.* ORSTOM, Brazzaville, 93 p.
- BONNEFILLE, R. (1971a) - Atlas des pollens d'Ethiopie: pollens actuels de la basse vallée de l'Omo (Ethiopie). Récoltes botaniques 1968 *Adansonia*, 2, 11/3, 463-518

- BONNEFILLE, R. (1971b) - Atlas des pollens d'Ethiopie: principales espèces des forêts de montagne. *Pollen et Spores*, 13/1, 15-72
- BONNEFILLE, R. (1972) - Associations polliniques actuelles et Quaternaires en Ethiopie (Vallées de l'Awash et de l'Omo) . Thèse Doct. Et. Sc., Univ. Paris VI., 2 vol., 513 p.
- BONNEFILLE R. (1980) - Vegetation history of savanna in East Africa during the Plio-Pleistocene. 4^o intern. palyn. conf., Lucknow (India), 1976-1977, 3, 75-89
- BONNEFILLE R. et RIOLLET G. (1980) - Pollens des savanes d'Afrique Orientale. C.N.R.S., Paris, 140 p.
- BONNEFILLE R. et RIOLLET G. (1988) - The Kashiru pollen sequence (Burundi). Palaeoclimatic implications for the last 40,000 yr B.P. in tropical Africa *Quatern. Res.*, 30, 19-35
- BONNEFILLE R., RIOLLET G. et BUCHET G. (1991) - Nouvelle séquence pollinique d'une tourbière de la crête Zaire-Nil (Burundi). *Rev. Palaeobot. Palyn.* 67, 315-330
- BONNEFILLE R., ROELAND J.C. et GUIOT J. (1990) - Temperature and rainfall estimates for the past 40,000 years B.P. in tropical Africa. *Nature*, 346, 347-349
- BONNEFILLE R. et VINCENS A. (1977) - Représentation pollinique d'environnements arides à l'Est du lac Turkana. *Bull. Ass. Fr. Et. Quatern.*, num. sp., 50/1, 235-247
- BONNEFILLE R., VINCENS A. et BUCHET G. (1987) - Palynology, stratigraphy and palaeoenvironment of a Pliocene humid site (2,9-3,3 M.Y.) at Hadar, Ethiopia. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 60, 249-281
- BRENAC P. (1988) - Evolution de la végétation et du climat dans l'Ouest-Cameroun entre 25 000 et 11 000 ans B.P. Actes 10^o Symposium APLF, Bordeaux, Inst. Fr. Pondichery, Trav. Sec. Sci. Techn., 25, 91-103
- BRENAC P. (1989) - Analyse palynologique du lac Barombi-Mbo: histoire de la forêt tropicale humide et du climat dans les 30 000 dernières années. IX^o Symp. A.P.L.F., "Palynologie et matière organique", Orléans, rés. 1 p.

- BUCHET G. (1982) - *Transport des pollens dans les fleuves Omo et Awash (Ethiopie): étude des vases actuelles*. Mém. Inst. E.P.H.E., Montpellier, 171 p.
- BUCHET N., SMADJA R. et BONNEFILLE R. (1991) - Saisie et exploitation de données palynologiques sur micro-ordinateurs IBM ou compatibles. *Palynosciences*, 1, 159-166
- BUSH M.B. et COLLINVAUX P.A. (1990) - A long record of climatic and vegetation change in lowland Panama. *Journ., of Veget. Sci.*, 1, 105-118
- BUSH M.B., COLLINVAUX P.A., WIEMANN M.C., PIPERNO D.R. et LIU B. (1990) - Late Pleistocene temperature depression and vegetation change in Ecuadorian Amazonia. *Quatern. Res.*, 34, 1-15
- BUTZER K.W., ISAAC G.L., RICHARDSON J.L. et WASHBOURN-KAMAU C.K. (1972) - Radiocarbon dating of East African lake levels. *Science*, 175, 1069-1076
- CAHEN D. et LEPERSONNE J. (1948) - Notes sur la géomorphologie du Congo Occidental. *Ann. Musée du Congo Belge, Sci. Géol.*, 1, Tervuren, Belgique, 95 p.
- CALVIN M. et BASSHAM J.A. (1962) - *The photosynthesis of Carbon Compounds*. BENJAMIN (ed.), New York, 196 p.
- CARATINI C. et COUR P. (1987) - Aéropalynologie en atlantique oriental au large de la Mauritanie, du Sénégal et de la Gambie. *Pollen et Spores*, 22, 2, 245-256
- CARATINI C. et GIRESSE P. (1979) - Contribution palynologique à la connaissance des environnements continentaux et marins du Congo à la fin du Quaternaire. *C. R. Acad. Sci, Paris*, 288, sér. D, 379-382
- CHEVALIER A. (1938) - *Flore vivante de l'Afrique occidentale Française*. I. Paris, 360 p.
- CHEVALLIER D., GIRESSE P., MASSENGO A. et BOTOKOU G. (1972) - Le site géologique de Brazzaville ou contribution à une notice explicative de la carte géologique. *Ann. Univ. Brazzaville*, 8, 17-42
- COETZEE J.A. (1967) - Pollen analytical studies in East and Southern Africa. *Palaeoecology of Africa*, Balkema A.A., Cap Town, 3, 1-146

COSSON J. (1955) - *Notice explicative sur les feuilles de Pointe Noire et Brazzaville. Carte géologique de reconnaissance au 1/500 000 Gouv. Gén. A.E.F., Direction des Mines A.E.F.*

COUR P. (1974) - Nouvelles techniques de détection des flux et retombées polliniques: étude de la sédimentation pollinique des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores*, 16, 1, 103-142.

COUR P. et DUZER D. (1980) - Action actuelle des courants atmosphériques sur la dissémination des pollens au Sahara et dans les régions climatiques avoisinantes le long d'un transect Oran-Abidjan. *Mém. Mus. Natl. Hist. Nat.*, (B), 27, 66-79

COUR P. GUINET Ph. COHEN J. DUZER D. (1973) - Reconnaissance des flux polliniques et de la sédimentation actuelle au Sahara nord-occidental. III^e Conf. Intern. Palyn., Novosibirsk.

CUSSET G. (1987) - *La flore et la végétation du Mayombe Congolais. Etat des connaissances. Rapport UNESCO, Ronéo, 46 p.*

DADET P. (1969) - *Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo Brazzaville au 1/500 000. Zone comprise entre les parallèles 2° et 5° S . Mémoires B.R.G.M. n° 70*

DECHAMPS R., GUILLET B. LE COCQ A. et SCHWARTZ D. (1988a) - Découverte d'une flore forestière mi-Holocène (5800-3100 B.P.) conservée in situ sur le littoral ponténégrin (R.P. du Congo). *C. R. Acad. Sci., Paris*, 306, sér. 2, 615-618

DECHAMPS R., LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (1988b) - Reconstitution d'environnements quaternaires par l'étude de macrorestes végétaux. (Pays Bateke, R.P. du Congo). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 66, 33-44

DEINES P. (1980) - The isotopic composition of reduced organic carbon. In: *"Handbook of environmental isotope geochemistry"*. FRITZ P. et FONTES J.C., (eds). Elsevier, Amsterdam, 1, 329-406

DELCOURT P.A., DELCOURT H.R. et DAVIDSON J.L. (1983) - Mapping and calibration of modern pollen-vegetation relationships in the southeast United States. *Rev. Palaeobot. Palyn.*, 39, 1-45.

- DELIBRIAS G., GIRESSE P., LANFRANCHI R. et LE COCQ A. (1983) - Datations des dépôts holorganiques quaternaires sur la bordure occidentale de la Cuvette congolaise (R.P. du Congo); corrélations avec les sédiments marins voisins. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 296, sér. 2, 463-466
- DE MARET P. (1985) - Recent archaeological research and dates from central Africa. *J. of African History*, 26, 129-148
- DENBOW J., MANIMA-MOUHOUNA A. et SANVITI N., (1988) - Archaeological excavations along the Loango coast, Congo. *Nsi*, 3, 37-42
- DENIS B. (1974) - Notice explicative n°52. Carte pédologique au 1/200 000, Brazzaville-Kinkala, R.P. du Congo. ORSTOM Paris, 101 p.
- DE PLOEY J. (1963) - Quelques indices sur l'évolution morphologique et paléoclimatique des environs du Stanley-Pool (Congo). *Studia Universitatis "Lovanium"*, Université Kinshasa, 17, 16 p.
- DE PLOEY J. (1965) - Position géomorphologique, genèse et chronologie de certains dépôts superficiels du Congo Occidental. *Quaternaria*, 7, 131-154
- DE PLOEY J. (1969) - Report on the Quaternary of the Western Congo. *Palaeoecology of Africa*, A.A. BALKEMA, Cap Town, 4, 65-68
- DE PLOEY J. et VAN MORSEL H. (1963) - Contribution à la connaissance chronologique et paléogéographique des gisements préhistoriques des environs de Léopoldville (Congo). *Studia Universitatis "Lovanium"*, Musée de Préhistoire, 19, 19 p.
- DESCOINGS B. (1960) - Les steppes loussékes de la zone de Gabouka (Plateau Batéké, Rép. Congo-Brazzaville). ORSTOM Brazzaville, 34 p.
- DESCOINGS B. (1969) - Phytogéographie. Esquisse phytogéographique du Congo. In "ATLAS DU CONGO", ORSTOM, Paris, 2 p.
- DESCOINGS B. (1975) - Les grandes régions naturelles du Congo. *Candollea* 30, 91-120
- DUVIGNEAUD P. (1949) - Les savanes du Bas-Congo. *Essai de phytosociologie topographique*. Lejeunia, Mém. n°10, 192 p.

- DZUREC R.S., BOUTTON T.W., CALDWELL M.M. et SMITH B.N. (1985) - Carbon isotopic ratios of soil organic matter and their use in assessing community composition change in Curlew Valley, Utah. *Oecologia*, 66, 17-24
- EDORH T.M. (1986) - *Végétation et pluie pollinique actuelles au Togo*. Thèse Univ. Aix-Marseille II, 146 p.
- ELENGA H. (1987) - *Les Plateaux Batéké (Congo) - Paléoenvironnements quaternaires d'après l'étude du sondage du bois de Bilanko*. D. E. A., Univ. Aix-Marseille I,II, III, Nice et Perpignan, 41 p.
- ELENGA H. et VINCENS A. (1990) - Paléoenvironnements quaternaires récents des Plateaux Bateke (Congo): Etude palynologique des dépôts de la dépression du Bois de Bilanko In: "*Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM, Paris, 271-282
- ELENGA H., SCHWARTZ D. et VINCENS A. (1992) - Changements climatiques et action anthropique sur le littoral congolais au cours de l'Holocène *Bull. Soc.Géol. France*, t, 163, 1 (à paraître)
- ELENGA H., VINCENS A. SCHWATRZ D. (sous presse). Présence d'éléments forestiers montagnards sur les plateaux Batéké (Congo) au Pléistocène supérieur. Nouvelles données palynologiques. *Palaeoecology of Africa*, 21
- FAEGRI K. et IVERSEN J. (1975) - *Textbook of pollen analysis*. 3° ed., Blackwell, Oxford, 295 p.
- FENELON J.P. (1981) - *Qu'est-ce que l'Analyse des données?* Lefonen, Paris, 309 p.
- FLENLEY J. (1979) - *The Equatorial Rain Forest: a geological history*, Butterworths, London, 162 p.
- FORESTA H. de (1990) - Origine et évolution des savanes intramayombiennes (R.P. du Congo). II. Apports de la botanique forestière. In: "*Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*" LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.) ORSTOM, Paris, 236-355
- GASSE F., LEDEE V., MASSAULT M. et FONTES J.C. (1989) - Lake Tanganyika in phase with the ocean during the Last Glaciation and Deglaciation. *Nature*, 342, 57-59

GIRESSE P. (1978) - Le contrôle climatique de la sédimentation marine et continentale en Afrique Centrale Atlantique à la fin du Quaternaire - problèmes de corrélation. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 23, 57-77

GIRESSE P., BONGO-PASSI G., DELIBRIAS G. et DUPLESSY J.C. (1982) - La lithostratigraphie des sédiments hémipélagiques du delta profond du fleuve Congo et ses indications sur les paléoclimats de la fin du Quaternaire. *Bull. Soc. Géol., France*, 24, (4), 803-815

GIRESSE P. et KOUYOUMANTZAKIS G. (1990) - Témoins quaternaires du littoral du Congo et du sud du Gabon. In: "*Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM, Paris, 106-109

GIRESSE P., LANFRANCHI R. et PEYROT B. (1981) - Les terrasses alluviales en République Populaire du Congo. *Bull. ASSEQUA*, 43-66

GIRESSE P. et LANFRANCHI R. (1984) - Les climats et les océans de la région congolaise pendant l'Holocène. Bilan selon les échelles et les méthodes de l'observation. *Palaeocology of Africa*, A.A. Balkema, Rotterdam, 16, 77-88

GIRESSE P. et LE RIBAUT L. (1981) - Contribution de l'étude exoscopique des quartz à la reconstitution paléogéographique des derniers épisodes du Quaternaire littoral du Congo. *Quatern. Res.*, 15, 86-100

GIRESSE P., MALOUNGUILA-NGANGA D. et DELIBRIAS G. (1984) - Rythmes de la transgression et de la sédimentation holocènes sur les plates-formes sous-marines du sud du Gabon et du Congo. *C. R. Acad. Sci., Paris*, 299, sér. 2, 7, 327-330

GRAS F. (1965) - *Les sols tourbeux de la ceinture maraîchère de Pointe Noire*. ORSTOM, Brazzaville, Ronéo., 26 p.

GRIFFITHS J.F. (1972) - *Climates of Africa*. World Survey of Climatology, 10, Amsterdam, 604 p.

GUILLET B., FAIVRE P., MARIOTTI A. et KHOBZI J. (1988) - The ^{14}C dates and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of soil organic matter as a mean of studying the past vegetation in intertropical regions: examples from Colombia (South America). *Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol.*, 65, 51-58.

- GUILLOT B. et PEYROT B. (1979) - Etude du fonctionnement des vallées sèches du Plateau de Mbé (Congo). Problèmes hydrologiques et morphologiques. *Cahiers ORSTOM, série Sciences Humaines*, 16, 3, 205-231
- HAMILTON A.C. (1982) - *Environmental history of East Africa. A study of the Quaternary*. Academic Press, London, 328 p.
- HAMILTON A.C. et PERROTT R.A. (1980) - Modern pollen deposition on tropical African mountain. *Pollen et Spores*, 22, 3/4, 437-468
- HATCH M.D., SLACK R.C. et JOHNSON H.S. (1967) - Further studies on a new pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation in sugarcane and its occurrence in other plant species. *Bioch. Journ.*, 10, 417-422
- HAUMAN L. (1952) - *Dalbergiae*. In: "Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi". I.N.E.A.C., Bruxelles, 2, 4-52
- HECKY R.E. et DEGENS E.T. (1973) - *Late Pleistocene-Holocene chemical stratigraphy and paleolimnology of the Rift Valley Lakes of central Africa*. Unpub. Technical Report, Woods Hole Oceanographic Institution, 73-28, 93 p.
- HEDBERG O. (1954) - A pollen-analytical reconnaissance in Tropical East Africa. *Oikos*, 5, 137-166
- HOUCQ V. et LEGOUX P. (1958) - Le sédimentaire côtier. In: "Not., Explicat., Carte Géol., A.E.F.". GERARD G. Publ. Dir. Mines Géol., A.E.F., 7-20
- HUNTLEY B. et BIRKS H.J.B. (1983) - *An atlas of past and present pollen maps of Europe: 0-13 000 years ago*. Cambridge Univ. Press., 667 p.
- HUTCHINSON J. et DALZIEL J.M. , (1954-1958-1963-1972) - *Flora of Tropical West Africa*. 3 vol., WHITEFRIARS, London
- JAMET R. (1966) - *Etude pédologique d'une zone témoin dans la région de Holle*. ORSTOM, Brazzaville, 138, Ronéo., 96 p.
- JAMET R. et RIEFFEL J.M. (1976) - *Notice explicative n°65 de la carte pédologique du Congo. Feuille Pointe Noire, feuille Loubomo au 1/200 000*. ORSTOM, Paris, 167 p.

- JANSEN J.H.F. , VAN WEERING T.C.E., GIELES R. et VAN IPEREN J. (1984) - Middle and Late Quaternary oceanography and climatology of the Zaire-Congo fan and adjacent eastern Angola Basin. *Neth. J. Sea Res.*, 17, 2-4, 201-249
- JOLLY D. (1987) - *Représentation pollinique des forêts sempervirentes du Nord-Est du Gabon*. D.E.A., Univ. Montpellier, 84 p.
- JOLLY D. et BONNEFILLE R. (sous presse) - Diagramme pollinique d'un sondage holocène de la Kuruyange (Burundi, Afrique Centrale). *Palaeoecology of Africa*, A.A. Balkema, Rotterdam
- KINGA-MOUZEO (1986) - *Transport particulaire actuel du fleuve Congo et de quelques affluents; enregistrement quaternaire dans l'éventail détritique profond (sédimentologie, minéralogie et géochimie)*. Thèse Doct., Univ. Perpignan, 251 p.
- KOECHLIN J. (1961) - *La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo*. ORSTOM, Paris, 310 p.
- LANFRANCHI R. (1979) - *Recherches Préhistoriques dans la moyenne vallée du Niari (R.P.C)*. Thèse 3° cycle, Univ. Paris I. 2 vol. 675 p.
- LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (1990)- *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*. Eds. ORSTOM Paris, 531p.
- LEBART L., MORINEAU A. et FENELON J.P. (1982) - *Traitement des données statistiques. Méthodes et Programmes*. Bordas, Paris, 510 p.
- LEBRUN J. (1947) - *La végétation de la plaine alluviale au Sud du Lac Edouard*. *Inst. des Parcs Nat. Congo Belge* Ministère des colonies, Bruxelles, 2 vol., 800 p.
- LEDRU M.P. (1991) - *Etude de la pluie pollinique du Brésil central: climat, végétation, application à l'étude de l'évolution paléoclimatique des 30 000 dernières années*. Thèse Doct. Mus. Natl. Hist. Nat., Paris, 198 p.
- LE MARECHAL A. (1966) - *Contribution à l'étude des plateaux batéké. Géologie, Géomorphologie, Hydrologie*. ORSTOM, Brazzaville, 42 p.
- LEONARD J. (1952) - *Caesalpinaceae: Cynometrae et Amherstiae*. In: *Flore du Congo Belge et du Ruanda-Urundi*. INEAC, Bruxelles, vol.V, 279-495

- LETOUZEY R. (1968) - *Etude phytogéographique du Cameroun*. LECHEVALLIER P., Paris, 511 p.
- LETOUZEY R. (1972) - *Manuel de botanique forestière. Afrique tropicale*, tome 2 B. C.T.F.T., Nogent-sur-Marne, 461 p.
- LETOUZEY R. (1982-1983) - *Manuel de botanique forestière, Afrique tropicale* tome 2: Familles. C.T.F.T., Nogent-sur-Marne, 2 fasc., 461 p.
- LEZINE A.M. (1981) - *Le lac Abiyata (Ethiopie). Palynologie et climatologie du Quaternaire récent*. Thèse 3^o cyc., Univ. Bordeaux I, 2 vol., 125 p.
- LEZINE A.M. (1987) - *Paléoenvironnements végétaux d'Afrique nord tropicale depuis 12000 ans B.P. Analyse pollinique de séries sédimentaires continentales (Sénégal-Mauritanie)*. Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille II, 180 p.
- LEZINE A.M. et EDORH T.M. (1991) - Modern pollen deposition in West African Sudanian environments. *Rev. Palaeob. Palyn.*, 67, 41-58
- LIVINGSTONE D.A. (1967) - Postglacial vegetation of the Ruwenzori Mountains in Equatorial Africa. *Ecol. Monogr.*, 37, 25-52.
- LIVINGSTONE D.A. (1975) - Late Quaternary Climatic Change in Africa. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 6, 249-280
- LOEMBE D. (1978) - *Les modalités de l'érosion sur le site urbain de Brazzaville en R. P. du Congo*. D.E.A. Géogr., Univ. Marien NGOUABI, Fac. Lettr. et Sci. Hum. Brazzaville, 121 p.
- MAKANY L. (1963) - *Contribution à l'étude de la végétation côtière du Congo-Brazzaville*. Thèse, 3^o cycle, Paris XI, 94 p.
- MAKANY L. (1964) - La côte atlantique du Congo: cadres géographiques et géologiques, leur influence sur la répartition de la végétation et sur les possibilités agricoles du territoire. *Symp. Sci.*, Pekin, p. 891-907
- MAKANY L. (1976) - *Végétation des plateaux Téké*. Trav. Univ. Brazzaville, 1, 301 p.
- MALEY J. (1970) - Contribution à l'étude du Bassin tchadien: Atlas de pollens du Tchad. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 40, 28-48

MALEY J. (1972) - La sédimentation pollinique actuelle dans la zone du lac Tchad (Afrique centrale). *Pollen et Spores*, 14/3, 263-307

MALEY J. (1981) - *Etudes palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle*. Trav. et Doc. ORSTOM, Paris, 129 p.

MALEY J. (1987) - Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension de biotopes montagnards au Quaternaire récent: nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeocology of Africa*. A.A. Balkema, Rotterdam, 18, 307-334

MALEY J. (1990) - L'histoire récente de la forêt dense humide africaine: essai sur le dynamisme de quelques formations forestières. In "Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM, Paris, 367-382

MALEY J. (1991) - The African rainforest vegetation and paleoenvironments during Late Quaternary. *Climatic Changes*, 19, 79-98

MALEY J. et BRENAC P. (1987) - Analyses polliniques préliminaires du quaternaire récent de l'Ouest Cameroun: mise en évidence de refuges forestiers et discussion des problèmes paléoclimatiques. *Mém. Trav. E.P.H.E.*, Inst. Montpellier, 17, 129-142

MALEY J., CABALLE G. et SITA P. (1990) - Etude d'un peuplement résiduel à basse altitude de *Podocarpus latifolius* sur le flanc congolais du massif du Chaillu. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. Etude de la pluie pollinique actuelle. In: "Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM, Paris, 336-352

MALEY J. et LIVINGSTONE D.A. (1983) - Extension d'un élément montagnard dans le Sud du Ghana (Afrique de l'Ouest) au Pléistocène supérieur et à l'Holocène inférieur: premières données polliniques. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 2, 296, 1287-1292

MALOUNGUILA-NGANGA D. (1983) - *Les environnements sédimentaires des plateformes du Nord-Congo et du Sud-Gabon au Quaternaire supérieur d'après les données de vibro-carottages*. Thèse 3^o Cycle, Univ. Toulouse, 169 p.

- MALOUNGUILA-NGANGA D., NGUIE J. et GIRESSE P. (1990) - Les paléoenvironnements quaternaires du colmatage de l'estuaire du Kouilou (Congo). In: " *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM, Paris, 89-97
- MARKGRAF V. (1989) - Paleoclimates in Central and South America since 18,000 B.P. based on pollen and lake levels records. *Quatern. Sci. Rev.*, 8, 1-24
- M'BENZA-MUAKA et ROCHE E. (1980) - Exemple d'évolution paléoclimatique au Pléistocène terminal et à l'Holocène au Shaba (Zaire). *Mém. Mus. Natl. Hist. Nat., Sér. Bot.*, 27, 137-148
- M'BENZA-MUAKA., ROCHE E. et DOUTRELEPONT H. (1984) - Note sur les apports de la palynologie et de l'étude des bois fossiles aux recherches géomorphologiques sur la vallée de la Lupembashi. *Rev. Paléobiol.*, vol. spéc., 149-154
- MOGUEDET G. (1980) - Le milieu de mangrove au Congo In: "Les rivages tropicaux. Mangroves d'Afrique et d'Asie". *Trav. et Doc. de Géogr. tropic. C.E.G.E.T.-C.N.R.S.*, Bordeaux, 39, 3-19
- MOLINIER M., THEBE B. et THIEBAUX J.P. (1981) - *Données hydrologiques en R.P. du Congo*. ORSTOM Brazzaville, 114 p.
- MOORE P.D. (1986) - Hydrological changes in mire. In: "*Handbook of Holocene Palaeocology and Palaeohydrology*", BERGLUND D.E. (ed.), Wiley and Sons, New York, 91-107
- MORRISON M.E.S. (1968) - Vegetation and climate in the uplands of south-western Uganda during the later Pleistocene period: Muchoya Swamp, Kigezi district. *J. of Ecology*, 56, 363-384
- MPOUNZA M. et SAMBA-KIMBATA M.J. (1990) - Aperçu sur le climat de l'Afrique centrale atlantique. In: "*Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM Paris, 31-41
- MWORIA M. (1991) - Vegetation response to climatic change in Central rift Valley, Kenya. *Quatern. Res.*, 35, 234-245
- MWORIA M., DALLMEIJER A. et JACOBS B. (1988) - Vegetation and modern pollen rain at Olorgesaille, Kenya. *Utafiti*, 1, 1, 1-22

NAKIMERA-SSEMAMANDA I. (1991) - *Histoire des végétations et du climat dans le rift occidental ougandais depuis 13 000 ans B.P. - Etude palynologique de séquences sédimentaires des lacs Albert et Edouard*. Mém. E.P.H.E., Talence, 125 p.

NISSSENBAUM A. et SCHALLINGER K.M. (1974) - The distribution of the stable carbon isotopes ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) in fractions of soil organic matter. *Geoderma*, 11, 137-145

OSMASTON H. A. (1958) - *Pollen analysis in the study of the past vegetation and climate of Ruwenzori and its neighbourhood*. Ph. D Thesis, Worcester College, Oxford Univ., 44 p.

PASTOURET L., CHAMLEY H., DELIBRIAS G., DUPLESSY J.C. et THIEDE J. (1978) - Late quaternary changes in western tropical Africa deduced from deep-sea sedimentation off the Niger delta. *Oceanologica Acta*, 1, 217-232

PINCON B. (1990) - La métallurgie du fer sur les plateaux tékés (Congo). Quelle influence sur l'évolution des paysages au cours des deux derniers millénaires? In: "*Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM, Paris, 479-492

PINCON B. et DECHAMPS R. (1991) - Identification et interprétation de charbons de bois archéologiques. Les sites sidérurgiques du pays Teke (République Populaire du Congo). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t, sér. 2, 1393-1399

PREUSS J. (1990) - L'évolution des paysages du bassin intérieur du Zaïre pendant les quarante derniers millénaires. In: "*Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM, Paris, 260-270

RIOLLET G. et BONNEFILLE R. (1976) - Pollen des Amaranthacées du bassin du lac Rodolphe (Afrique orientale). *Pollen et Spores*, 18/1, 67-92

ROBYNS W. (1938) - Considérations sur les aspects biologiques du problème des feux de brousse au Congo Belge et au Ruanda-Urundi. *Bull. Inst. Roy. Col. Belge*, 9, 383-420

ROCHE E., BIKWEMU G. et NTANGADA C. (1988) - Evolution du paléoenvironnement quaternaire au Rwanda et au Burundi. Analyse des

phénomènes morphotéchniques et des données sédimentologiques et palynologiques. *Institut Français de Pondichery. Trav. Sec. Sci. Tech.*, 25, 105-123.

ROELAND J.C. (1990) - *Pollen et reconstitution paléoclimatique quantitative en Afrique Centre-Orientale*. Thèse Doct. Univ. Paris VI, 214 p.

SALARD-CHEBOLDIAEFF M. (1980) - Palynologie camerounaise I. Pollens de la mangrove et des fourrés arbustifs côtiers. *105° Congr. nat. Soc. Sav.*, Caen, Sci., 1, 233-247

SALARD-CHEBOLDIAEFF M. (1981) - Palynologie camerounaise II. Grains de pollen de la forêt littorale de basse altitude. *106° Congr. nat. Soc. Sav.*, Perpignan, Sci., 1, 125-136

SALARD-CHEBOLDIAEFF M. (1982) - Palynologie camerounaise III. Grains de pollen de la forêt dense humide de basse et moyenne altitude. *107° Congr. nat. Soc. Sav.*, Brest, Sci., 1, 127-141

SALARD-CHEBOLDIAEFF M. (1983) - Palynologie camerounaise IV. Grains de pollen de la forêt dense humide de moyenne altitude. *108° Congr. nat. Soc. Sav.*, Grenoble, Sci., 1, 117-129

SALGADO-LABOURIAU M.L. et SCHUBERT C. (1976) - Palynology of Holocene peatbogs from the central venezuelan Andes. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, 19, 147-156

SALGADO-LABOURIAU M.L., SCHUBERT C. et VALASTRO S. (1977) - Paleoecologic analysis of late quaternary terrace from Mucubaji, Venezuelan Andes. *Journ. of Biog.*, 4, 313-325

SAMBA-KIMBATA M.J. (1978) - *Le climat du Bas-Congo*. Thèse 3° Cycle, Univ. Dijon, 123 p.

SAUTTER G. (1970) - *Essai sur les formes d'érosion en "cirques" dans la région de Brazzaville*. Mém. Doc. CNRS, Paris, 9, 170 p.

SCHNELL R. (1976) - *Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. La flore et la végétation de l'Afrique tropicale*, 3. GAUTHIER-VILLARS, Paris, 454 p.

SCHULZ E. (1980) - *Zur vegetation des östlichen zentralen Sahara und ihrer Entwicklung im Holozän* Thèse Univ. Würzburg. 194 p.

SCHULZ E. (1984) - The recent pollen rain in the eastern central Sahara. A transect between northern Libya to southern Niger. *Palaeoecology of Africa*. A.A. Balkema, Rotterdam, 16, 245-253

SCHWARTZ D. (1985) - *Histoire d'un paysage: Le lousséké. Paléoenvironnements quaternaires et podzolisation sur sables Batéké (Quarante derniers millénaires, région de Brazzaville, R.P. du Congo)*. Thèse Doct. Univ. Nancy I, 211 p.

SCHWARTZ D. (1988) - Some podzols on Bateke sands and their origins, People's republic of Congo. *Geoderma*, 43, 229-247

SCHWARTZ D. et LANFRANCHI R. (1990) - Les remaniements de sols sur sables Bateke dans la région de Brazzaville (Congo). Une mise au point. In: "*Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM, Paris, 167-182

SCHWARTZ D., FORESTA de H., DECHAMPS R. et LANFRANCHI R. (1990a) - Découverte d'un premier site de l'âge du fer ancien (2110 B.P.) dans le Mayombe congolais. Implications paléobotaniques et pédologiques. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 310, sér. 2, 1293-1298

SCHWARTZ D., GUILLET B. et DECHAMPS R. (1990b) - Etude de deux flores forestières mi-holocène (6000-3000 B.P.) et subactuelle (500 B.P.) conservées in situ sur le littoral pontenegrin (Congo). In: "*Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*", LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. (eds.). ORSTOM, Paris, 283-297

SCHWARTZ D., MARIOTTI A. et GUILLET B. (1986) - $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of soil organic matter as indicators of vegetation changes in the Congo. *Geoderma*, 39, 97-103

SCHWARTZ D. et RAMBAUD D. (1983) - *Contribution des analyses de sables à une étude morphopédologique: lousséké de Gangalingolo (Pool, R.P. Congo). Tentative de reconstitution paléogéographique et généralisation*. ORSTOM Brazzaville, 38 p.

- SERVANT M. et SERVANT-VILDARY S. (1980) - L'environnement quaternaire du bassin du Tchad. In: *"The Sahara and the Nile"*, WILLIAMS M.A.J. et FAURE H. (éds). A.A. Balkema, Rotterdam, 133-162
- SILLANS R. (1952) - Contribution à l'étude phytogéographique des savanes du Haut-Oubangui (de l'importance du facteur biotique). *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.*, Paris, 24, 478-484
- SITA P. (1970) - *Etude de la végétation de l'Ile M'Bamou (Stanley-Pool)*. ORSTOM Brazzaville, Ronéo, 94 p.
- SMITH B. et EPSTEIN S. (1971) - Two catégories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants. *Plant Physiology* 47, 380-384
- SOWUNMI M.A. (1973) - Pollen grains of Nigerian plants. *Grana*, 13, 145-186
- SOWUNMI M.A. (1981) - The late Quaternary environmental changes in Nigeria *Pollen et Spores*, 23/1, 125-148
- STREET F.A. et GROVE A.T. (1979) - Global maps of lake-level fluctuations since 30 000 yr B.P. *Quatern. Res.*, 12, 83-118
- TALBOT M. R., LIVINGSTONE D.A., PALMER P.G., MALEY J., MELACK J.M., DELIBRIAS G. et GULLIKSEN S. (1984) - Preliminary results from sediment core from lake Bosumtwi, Ghana. *Palaeocology of Africa*, A.A. Balkema, Rotterdam, 16, 173-192
- TAYLOR D.M. (1990) - Late Quaternary pollen records from two Ugandan mires: evidence for environmental change in the Rukiga Highlands of Southwest Uganda. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 80, 283-300
- TIERCELIN J.J., MONDEGUER A., GASSE F., HILLAIRES-MARCEL C. HOFFERT M., LARQUE P., LEDEE V., MARESTANG P., RAVENNE C., RAYNAUD J.F., THOUVENY N., VINCENS A. et WILLIAMSON D. (1988) - 25 000 ans d'histoire hydrologique et sédimentaire du lac Tanganyika, Rift Est-Africain. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 307, 2, 1375-1382
- TROUPIN G. (1966) - *Etude phytosociologique du parc national de l'Akagera et du Ruanda oriental. Recherche d'une méthode d'analyse appropriée à la végétation d'Afrique intertropicale*. Inst. Nat. Rech. Sci. Butare, Rép. Rwandaise, 2, 293 p.

- VAN CAMPO M. (1975) - Pollen analysis in the Sahara. In: "*Problems in prehistory: North African and the Levant*", WINDORF F. et MARKS E. (eds). Southern Methodist Univ. Press, Dallas, 45-64
- VAN DER HAMMEN T. (1974) - The pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *J. of Biogeography*, 1, 3-26
- VAN GRUNDERBEEK M.C., DOUTRELEPONT H. et ROCHE E. (1984) - Influence humaine sur le milieu au Rwanda et au Burundi à l'âge du fer ancien (220-665 A.D.). Apports de la palynologie et de l'étude des charbons de bois. *Rev. Paléobiol.*, vol. spéc., 221-229
- VAN GRUNDERBEEK MC., ROCHE E. et DUTRELEPONT H. (1983) - *Le premier âge du fer au Rwanda et au Burundi, archéologie et environnement*. Inst. Nat. Rech. Sci., Butare, Publ., 23
- VAN NEER W. et LANFRANCHI R. (1986) - Une association de faunes et d'outillage tshitoli (Age récent de la pierre, 7000 B.P.) dans l'abri de Ntadi Yomba (Région du Niari) en R.P. du Congo. *Eléments nouveaux pour un essai de reconstitution du paysage congolais à cette époque*. C.R. Acad. Sci., Paris, II, 3, 831-834
- VAN ZINDEREN BAKKER E.M. (1964) - A pollen diagram from equatorial Africa, Cherangani, Kenya. *Geol. Mijnb.*, 43, 123-128
- VAN ZINDEREN BAKKER E.M. et COETZEE J.A. (1988) - A review of late quaternary pollen studies in East, Central and Southern Africa. *Rev. Palaeob. Palyn.*, 55, 155-174
- VENNETIER P. (1968) - *Pointe Noire et la façade maritime du Congo-Brazzaville*. ORSTOM, Paris, 458 p.
- VINCENS A. (1982) - *Palynologie, environnements actuels et plio-pléistocènes à l'Est du lac Turkana (Kenya)*. Thèse Doc. Et. Sc., Univ. Aix-Marseille II, 244 p.
- VINCENS A. (1984) - Environnement végétal et sédimentation pollinique lacustre actuelle dans le bassin du lac Turkana (Kenya). Genève, *Rev. Palaeob.*, vol spec, 235-242

VINCENS A. (1986) - Diagramme pollinique d'un sondage pléistocène supérieur-holocène du lac Bogoria (Kenya). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 47, 169-192.

VINCENS A. (1987a) - Recent pollen sedimentation in lake Natron, Tanzania: a model for interpretation of fossil spectra in arid region. *Sci. Géol.*, Strasbourg, 40 (1-2), 155-165

VINCENS A. (1987b) - 3. La sédimentation actuelle. 3.5.1.2.d., Pollens. In "Le demi-graben de Bogoria, Rift Gregory, Kenya. 30 000 ans d'histoire hydrologique et sédimentaire". Bull. Centr. Rech. Expl. Elf Aquitaine, TIERCELIN J.J. et VINCENS A. (coords). Pau, 11, 339-341

VINCENS A. (1989a) - Paléoenvironnements du bassin Nord-Tanganyika (Zaire, Burundi, Tanzanie) au cours des 13 derniers mille ans: apport de la palynologie. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 61, 69-88

VINCENS A. (1989b) - Les forêts claires zambéziennes du bassin Sud-Tanganyika. Evolution entre 25 000 et 6000 ans B.P.. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 308, sér. 2, 809-814

VINCENS A. (1989c) - Early Holocene pollen data from an arid East African region, Lake Turkana (Kenya): botanical and climatic implications. *Palaeocology of Africa*, A.A. Balkema, Rotterdam, 20, 207-226

VINCENS A. (1991) - Late Quaternary vegetation history of the South-Tanganyika basin. Climatic implications in South Central Africa. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeocol.*, 86, 207-226

WALTER H. et LIETH H. (1966) - *Klimadiagramm-weltatlas*. VEB Gustav ed., Leipzig

VOLKOFF B. et CERRI C.C. (1987) - Carbon isotopic fractionation in subtropical Brazilian grassland soils. Comparison with tropical forest soil. *Plant and soil*, 102, 27-31

WEBB T. III, McANDREWS J.H. (1976) - Corresponding patterns of contemporary pollen and vegetation in central North America. *Geol. Soc. Am.*, 145, 267-299.

WHITE F. (1981) - The history of the Afromontane archipelago and the scientific need for its conservation. *Afr. J. Ecol.*, Vol. 19, 33-54

WHITE F. (1983) - *The vegetation map of Africa*. UNESCO, Paris, 356 p.

WIJMSTRA T.A. et van der HAMMEN T. (1966) - Palynological data on the history of tropical savannas in northern south America. *Leidse Geol. Med.*, Vol., 38, 71-90

WINKLER M.J. (1985) - Charcoal analysis for paleoenvironmental interpretation: A chemical assay. *Quatern. Res.*, 23, 313-326

WRIGHT Jr H.E. (1967) - The use of surface samples in Quaternary pollen analysis. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 2, 321-330

YBERT J.P. (1979) - *Atlas des pollens de Côte d'Ivoire*. ORSTOM, Paris 40 p.

YBERT J.P. (1980) - Le contenu pollinique de l'atmosphère en Côte d'Ivoire et au Tchad. *Grana*, 19, 31-46

TABLE DES MATIERES

	page
INTRODUCTION	1
<u>PREMIERE PARTIE: LE CONTEXTE ACTUEL</u>	
LE CONGO	
A. CADRES MORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE	7
B. CLIMAT	8
I. Les conditions climatiques générales en Afrique centrale atlantique	8
II. Le climat du Congo	11
C. CADRE PHYTOGEOGRAPHIQUE	14
LES REGIONS ETUDIEES	
A. LE PAYS BATEKE	23
I. Géologie	23
1. La série du Stanley-Pool	23
2. La série des plateaux Bateke	26
II. Géomorphologie	27
1. Les plateaux	27
2. Les collines	29
III. Les sols	30
1. Les sols hydromorphes	31
2. Les podzols	31
3. Les sols ferralitiques	31
IV. Le climat	32
1. Les précipitations	32
2. Les températures	32
3. L'humidité	38
V. La végétation	38
1. Les savanes	38
2. Les forêts	40
B. LE LITTORAL CONGOLAIS	42
I. Cadres géomorphologique et géologique	42
II. Les sols	43
III. Contexte climatique	45
IV. Végétation	47
1. Les groupements spécifiquement littoraux	47
2. Les groupements non spécifiquement littoraux	49
<u>DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE</u>	
A. LES TECHNIQUES DE TERRAIN	52
I. Prélèvement des échantillons actuels	52
1. Les filtres	53
2. Les flux	53
3. Les vases	53

4. Prises multiples de sols	54
II. Prélèvement des échantillons fossiles	55
1. Carottier "GIK" ou sonde Russe	55
2. Tubes P.V.C.	58
B. LES TECHNIQUES DE LABORATOIRE	59
I. Echantillonnage des carottes	59
1. Prélèvements destinés aux datations ^{14}C	59
2. Prélèvements destinés à l'analyse palynologique	59
II. Traitements chimiques	60
III. Analyses palynologiques	61
1. Les comptages	61
2. Les déterminations polliniques	61
IV. Présentation des résultats	64
<u>TROISIEME PARTIE:</u>	
LA PLUIE POLLINIQUE DES ASSOCIATIONS VEGETALES ACTUELLES DU CONGO	
A. ETUDE DE LA PLUIE POLLINIQUE AU CONGO	70
I. La pluie pollinique des forêts	70
1. La forêt inondée à <i>Guibourtia demeusii</i>	70
2. La forêt dense sempervirente à <i>Lophira alata</i>	76
3. La forêt ombrophile du Mayombe	76
4. Les forêts littorales	77
II. La pluie pollinique des savanes	80
1. Les savanes à <i>Hymenocardia acida</i> des Plateaux Bateke	80
2. La savane "incluse" du Mayombe	80
3. La savane à <i>Annona senegalensis</i> du Niari	81
4. La savane littorale	81
III. La pluie pollinique des îlots forestiers	82
1. Ilot forestier des Plateaux Bateke	82
2. Ilot forestier du Niari	82
B. INTERPRETATION DES RESULTATS	82
I. Physionomie de la végétation	82
II. Les associations de taxons marqueurs	83
1. Marqueurs polliniques de forêts du nord Congo	84
2. Marqueurs polliniques de la forêt du Mayombe	84
3. Marqueurs polliniques des forêts littorales	85
4. Cas particuliers des îlots forestiers	86
5. Marqueurs de savanes	86
6. Marqueurs anthropiques	87
7. Les taxons pionniers	87
III. Les taxons cosmopolites	87
1. Les Gramineae	88
2. Les Cyperaceae	88
3. Les spores de Ptéridophytes	88
IV. Le transport pollinique	88
C. TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNEES	89
D. COMPARAISON DE NOS DONNEES AVEC LA PLUIE POLLINIQUE EN DOMAINE GUINEO-CONGOLAIS EQUATORIAL	93
E. CONCLUSION	95

QUATRIEME PARTIE:
ANALYSE PALYNOLOGIQUE DES SEDIMENTS QUATERNAIRES
RECENTS DU CONGO

A. LES PLATEAUX BATEKE	98
I. L'Etang de Ngamakala	99
1. Description du site	99
2. Les sondages	101
3. Les résultats palynologiques	103
- la carotte GAMA 4	103
- la carotte GAMA 2	111
- la carotte GAMA 1	114
4. Interprétation des résultats	115
- Corrélations entre les diagrammes et chronologie	115
- Reconstitutions paléobotaniques et paléohydrologiques	
du site de Ngamakala depuis 24 000 ans B.P.	120
5. Conclusion	125
II. Le bois de Bilanko	126
1. Description du site	126
2. Les sondages	126
3. Analyses palynologiques	130
- la carotte LS3	130
- la carotte LH1	133
- la carotte LH3	138
4. Interprétation des résultats	142
- Corrélations entre les diagrammes et chronologie	142
- Reconstitutions paléobotaniques et paléohydrologiques	
du site du Bois de Bilanko depuis 11 000 ans B.P.	144
5. Conclusion	147
B. LE LITTORAL	147
1. Description du site	148
2. Les sondages	148
3. Les résultats palynologiques	151
4. Interprétation des résultats	160
- Chronologie	160
- Reconstitutions paléobotaniques et paléohydrologiques	
du littoral depuis 3060 ans B.P.	160
5. Conclusion	163

CINQUIEME PARTIE:
AUTRES ANALYSES EFFECTUEES SUR LES SONDAGES DES
PLATEAUX BATEKE ET DU LITORAL

A. ETUDE DE LA COMPOSITION ISOTOPIQUE EN ¹³C DES MATIERES ORGANIQUES	166
I. Intérêt de l'étude	166
II. Les résultats	167
III. Interprétation des résultats	168
1. Le site de CORAF	168
2. Le site de Ngamakala	171
3. Le site du Bois de Bilanko	171
IV. Conclusion	175
B. ETUDE DES CHARBONS	175

**SIXIEME PARTIE:
DISCUSSION GENERALE**

A. SYNTHÈSE SUR L'ÉVOLUTION DES PALEOENVIRONNEMENTS VÉGÉTAUX DU CONGO DEPUIS 24 000 ANS B.P.	180
I. Synthèse des données palynologiques	180
1. Le Pléistocène supérieur	180
2. Le Pléistocène terminal	181
3. L'Holocène inférieur et moyen	182
4. L'Holocène supérieur	182
5. Conclusion	183
II. Comparaison avec les données paléobotaniques antérieures	184
B. COMPARAISON DES DONNÉES PALEOBOTANQUES DU CONGO AVEC CELLES OBTENUES DANS D'AUTRES RÉGIONS D'AFRIQUE	189
I. Régions de forêts denses humides	189
II. Régions d'Afrique tropicale orientale	193
C. COMPARAISON AVEC LES DONNÉES D'AMÉRIQUE DU SUD	195
D. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS EN TERME CLIMATIQUE, ANTHROPIQUE ET HYDROLOGIQUE	197
I. Le facteur climatique	197
1. La période ca. 24 000 ans B.P.	198
2. La période ca. 22 000 à ca. 11 000 ans B.P.	201
3. Le climat à l'Holocène inférieur et moyen	203
4. Période post 4000 ans B.P. à l'Actuel	204
II. Le facteur humain	206
III. Les facteurs édaphiques	210
CONCLUSIONS GÉNÉRALES ET PERSPECTIVES	213
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	219
TABLE DES MATIÈRES	
ANNEXES	

LISTE DES FIGURES

	page
Fig.1 : Situation géographique du Congo (d'après LANFRANCHI et SCHWARTZ, 1990).	6
Fig.2 : Carte oro-hydrographique de l'Afrique Centrale et des régions voisines.	9
Fig.3 : Variation saisonnière de la circulation atmosphérique et de la position de la zone de convergences intertropicale (ZCIT) en Afrique (d'après ASECNA, 1973).	10
Fig.4 : Circulation atmosphérique au-dessus de l'Afrique au cours des mois de juillet (A), janvier (B) et pendant la saison intermédiaire (C) (d'après ASECNA, 1973).	12
Fig.5 : Les régions et les régimes climatiques dans la bordure occidentale de la cuvette congolaise, A : longueur de la saison sèche, B : montant pluviométrique (d'après VAN DER LIDEN, dans KINGA-MOUZEO, 1986).	13
Fig.6 : Diagrammes climatiques des principales stations météorologiques du Congo et isoyètes pluviométriques. (Isoyètes d'après Atlas du Congo, 1969 - diagrammes d'après WALTER et LIETH, 1966).	15
Fig.7 : Subdivisions phytogéographiques de l'Afrique (d'après TROUPIN, 1966).	17
Fig.8 : Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique (d'après WHITE, 1983).	18
Fig.9 : La végétation de l'Afrique Centrale (extrait de MALEY, 1990).	19
Fig.10 : Le Congo : situation des régions d'étude. (d'après SCHWARTZ, 1990).	24
Fig.11 : Esquisse morphologique des Plateaux Bateke. Localisation des sites de carottage (d'après Le MARECHAL, 1966).	28
Fig.12 : Diagrammes ombrothermiques des 4 principales stations météorologiques des Plateaux Bateke (d'après SCHWARTZ, 1985).	33
Fig.13 : Carte oro-hydrographique de la façade atlantique congolaise.	44
Fig.14 : Le Carottier "Gik" ou Sonde Russe a - Position d'enfoncement b - Tige allonge	56
Fig.15 : Protocole de carottage à l'aide de la sonde Russe.	57
Fig.16 : Localisation des échantillons de surface.	72
Fig.17 : Pluie pollinique actuelle au Congo. Diagramme synthétique de physionomie. (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollens comptés, indéterminables exclus).	75
Fig.18 : Pluie pollinique actuelle au Congo. Diagramme des principaux taxons arborescents (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	78
Fig.19 : Pluie pollinique actuelle au Congo. Diagramme des principaux taxons herbacés (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	79
Fig.20 : Analyse factorielle des correspondances (AFC) : position des échantillons par rapport aux axes 1 et 2.	91
Fig.21 : Analyse factorielle des correspondances (AFC) : position des taxons par rapport aux axes 1 et 2.	92

Fig.22 : L'Etang de NGamakala (4°4'30" S, 15°23' E, alt. 400 m), description de la végétation et localisation des sondages (d'après MAKANY, 1976).	100
Fig.23 : Les carottes de l'Etang de NGamakala : lithologie.	102
Fig.24 : Taux moyens de sédimentation dans l'Etang de Ngamakala d'après les carottes Gama 2 et Gama 4.	105
Fig.25a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte Gama 4, Etang de Ngamakala (4°4'30"S, 15°23' E, alt. 400 m), Plateaux Bateke (Congo). (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	108
Fig.25b : Diagrammes polliniques de la carotte Gama 4. Principaux taxons herbacés et diagramme synthétique.	109
Fig.26a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte Gama 2, Etang de Ngamakala (4°4'30"S, 15°23' E, alt. 400 m), Plateaux Bateke (Congo). (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	112
Fig.26b : Diagrammes polliniques de la carotte Gama 2. Principaux taxons herbacés et diagramme synthétique.	113
Fig.27a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte Gama 1, Etang de Ngamakala (4°4'30"S, 15°23' E, alt. 400 m), Plateaux Bateke (Congo). (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	116
Fig.27b : Diagrammes polliniques de la carotte Gama 1. Principaux taxons herbacés et diagramme synthétique.	117
Fig.28 : Zonation pollinique des carottes de l'Etang de NGamakala (4°4'30"S, 15°23' E, alt. 400 m), Plateaux Bateke (Congo). Corrélations entre les diagrammes.	118
Fig.29 : La dépression du Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m), (d'après SOUCHERE, inédit, dans SCHWARTZ, 1985).	127
Fig.30 : Les carottes du Bois de Bilanko : lithologie.	128
Fig.31a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte LS3, Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m), Plateaux Bateke (Congo). (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	134
Fig.31b : Diagrammes polliniques de la carotte LS3. Principaux taxons herbacés, diagramme synthétique.	135
Fig.32a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte LH1, Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m), Plateaux Bateke (Congo). (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	136
Fig.32b : Diagrammes polliniques de la carotte LH1. Principaux taxons herbacés, diagramme synthétique.	137
Fig.33a : Diagramme pollinique des principaux taxons arborescents de la carotte LH3, Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m), Plateaux Bateke (Congo). (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	140
Fig.33b : Diagrammes polliniques de la carotte LH3. Principaux taxons herbacés, diagramme synthétique.	141
Fig.34 : Zonation pollinique des carottes du Bois de Bilanko (3°31' S, 15°21' E, alt. 600 m), Plateaux Bateke (Congo). Corrélations entre les diagrammes.	143

Fig.35 : Localisation du site CORAF. Coupe schématique du site et situation des carottes (d'après SCHWARTZ et al., 1990b).	149
Fig.36 : Les carottes du site CORAF : lithologie.	150
Fig.37a : Diagrammes polliniques de la carotte CORAF T, littoral congolais (4°45' S, 11°51' E, alt. 0 m). Principaux taxons arborescents et diagramme synthétique. (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	156
Fig.37b : Diagramme pollinique des principaux taxons herbacés de la carotte CORAF T.	157
Fig.38a : Diagrammes polliniques de la carotte CORAF 2, littoral congolais (4°45' S, 11°51' E, alt. 0 m). Principaux taxons arborescents et diagramme synthétique. (% calculés par rapport à la somme totale des spores et pollen comptés, indéterminables exclus).	158
Fig.38b : Diagramme pollinique des principaux taxons herbacés de la carotte CORAF 2.	159
Fig.39 : Courbe de variation de la teneur en ^{13}C de la matière organique de la carotte CORAF 2 (littoral congolais). Comparaison avec les données polliniques.	170
Fig.40 : Courbe de variation de la teneur en ^{13}C de la matière organique de la carotte GAMA 1 (Plateaux Bateke). Comparaison avec les données polliniques.	172
Fig.41 : Courbe de variation de la teneur en ^{13}C de la matière organique de la carotte GAMA 2 (Plateaux Bateke). Comparaison avec les données polliniques.	173
Fig.42 : Courbe de variation de la teneur en ^{13}C de la matière organique de la carotte LH3 (Plateaux Bateke). Comparaison avec les données polliniques.	174
Fig.43 : Courbe de variation de la teneur en charbon dans les sédiments de la carotte CORAF 2 (littoral congolais). Comparaison avec les données polliniques.	177
Fig.44 : Cortèges polliniques et microplanctoniques des sédiments de la carotte C237 (-1000 m) (d'après CARATINI et GIRESE, 1979).	187
Fig.45 : Diagrammes polliniques synthétiques de la carotte KW3 (3°46'5" S, 9°17'5" E, -2330 m). a - Principaux taxons et groupes de taxons b - Correspondance avec les étapes isotopiques (d'après BENGU et MALEY, 1991).	188
Fig.46 : Diagramme pollinique du lac Bosumtwi, Ghana (d'après MALEY, 1991).	190
Fig.47 : Diagramme pollinique du lac Barombi MBO, Cameroun (d'après BRENAC, 1989 et MALEY, 1991).	191

LISTE DES TABLEAUX

Tabl.1 : La série stratigraphique des Plateaux Bateke, correspondances avec la série zairoise (d'après LE MARECHAL, 1966).	25
Tabl.2 : Altitudes des Plateaux et des principaux cours d'eau.	30
Tabl.3 : Données climatiques brutes. Station de Brazzaville Maya-Maya (d'après ASECNA, 1964).	34
Tabl.4 : Données climatiques brutes. Station de MPouya (d'après ASECNA, 1964).	35
Tabl.5 : Données climatiques brutes. Station de Djambala (d'après ASECNA, 1964).	36
Tabl.6 : Données climatiques brutes. Station de Gamboma (d'après ASECNA, 1964).	37
Tabl.7 : Données climatiques brutes. Station de Pointe Noire (d'après ASECNA, 1964).	46
Tabl.8 : Liste des échantillons de surface du Congo.	71
Tabl.9 : Liste des taxons polliniques identifiés dans les échantillons de sols actuels du Congo.	73
Tabl.10 : Ages ^{14}C des sédiments de l'Etang de NGamakala.	104
Tabl.11 : Liste des taxons polliniques identifiés dans les échantillons fossiles de l'Etang de NGamakala.	106
Tabl.12 : Ages ^{14}C des sédiments du Bois de Bilanko.	129
Tabl.13 : Liste des taxons polliniques identifiés dans les échantillons fossiles du Bois de Bilanko.	131
Tabl.14 : Ages ^{14}C des sédiments du site CORAF.	152
Tabl.15 : Liste des taxons polliniques identifiés dans les échantillons fossiles du site CORAF.	153
Tabl.16 : Mesure du $\delta^{13}\text{C}$ d'horizons de sols et fragments végétaux du Congo (d'après SCHWARTZ, 1985).	169
Tabl.17 : Datations sur macrofossiles végétaux des Plateaux Bateke et de la bordure de la Cuvette Congolaise (d'après DECHAMPS et al., 1988).	185
Tabl.18 : Chronologie de la fin du quaternaire du Congo et des régions voisines (d'après sources diverses, voir texte).	199
Tabl.19 : Synthèse : Evolution des paléoenvironnements végétaux et paléohydrologiques des Plateaux Bateke et du littoral depuis 24000 ans B.P. d'après les données palynologiques.	216

ANNEXE

PLANCHE 1

GRAIN DE POLLEN FOSSILES DES SEDIMENTS DU CONGO

MIMOSOIDEAE	<i>Pentaclethra eetveldeana</i>	1-2
RUBIACEAE	<i>Pausinystalia macroceras</i>	3-5
CAESALPINIODEAE	<i>Baikiaea</i>	6-7
EUPHORBIACEAE	<i>Alchornea</i>	8-9
GUTTIFERAE	<i>Symphonia globulifera</i>	10-11
RUBIACEAE	<i>Stipularia africana</i>	12-13
PTERIDOPHYTA	<i>Polypodiaceae</i>	14

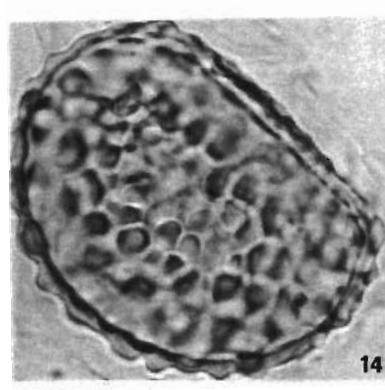
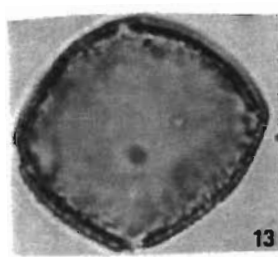
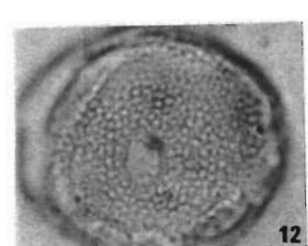
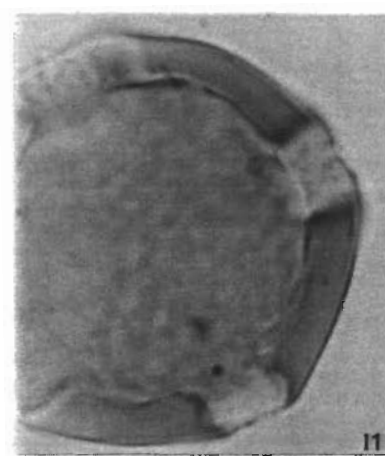
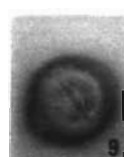
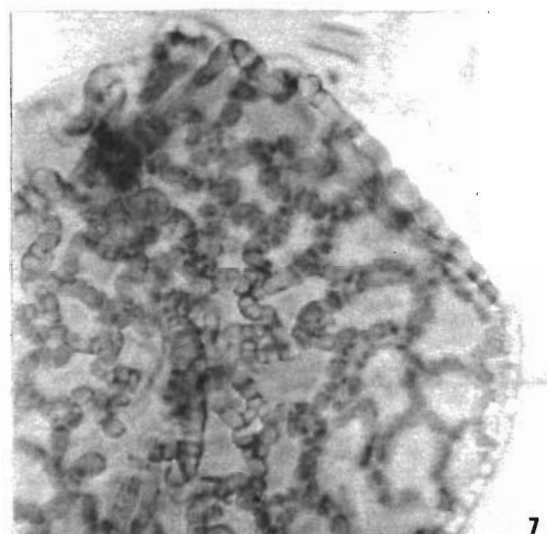
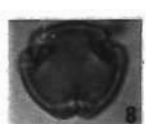
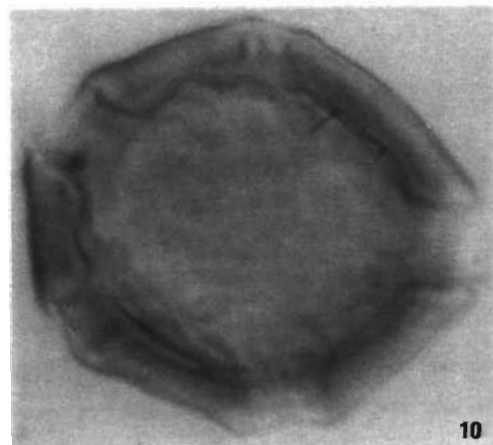
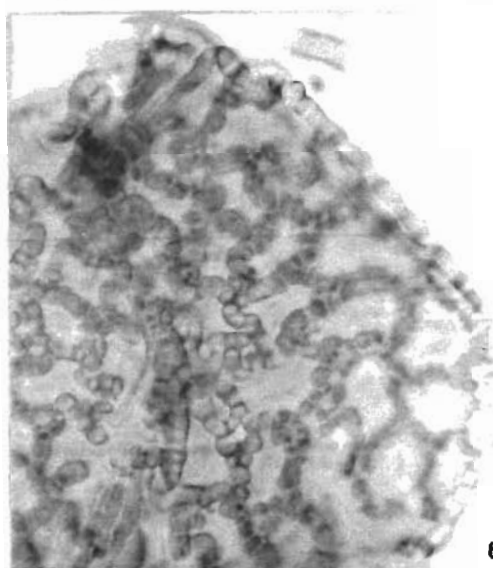
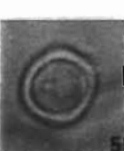


PLANCHE 2

GRAINS DE POLLEN FOSSILES DES SEDIMENTS DU CONGO

RUBIACEAE	<i>Gaertnera</i>	1
XYRIDACEAE	<i>Xyris</i>	2
MIMOSOIDEAE	<i>Calpocalyx*</i>	3-4
EUPHORBIACEAE	<i>Uapaca</i>	5-7
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus</i>	8
RUBIACEAE	<i>Spermacoce*</i>	9-10
RUBIACEAE	<i>Canthium*</i>	11-12
CAESALPINIODEAE	<i>Crudia*</i>	13-14
GRAMINEAE		15
SAPINDACEAE		16-18
APOCYNACEAE	<i>Alstonia*</i>	19-20

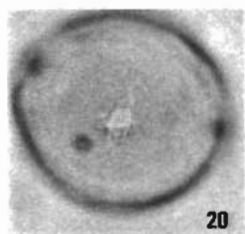
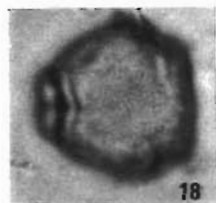
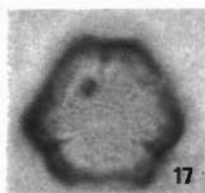
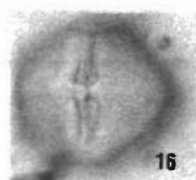
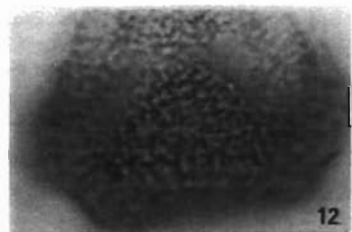
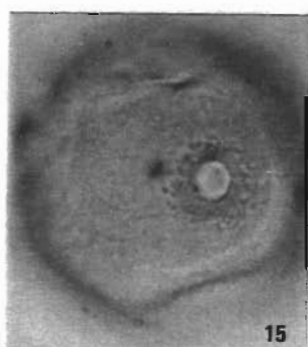
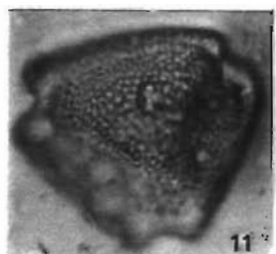
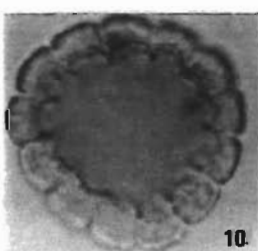
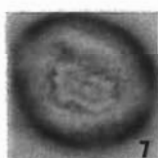
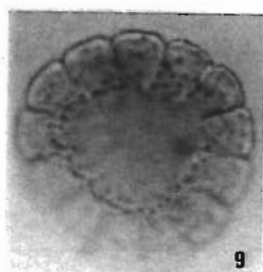
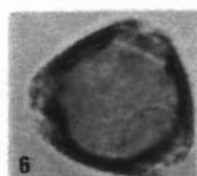
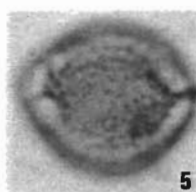
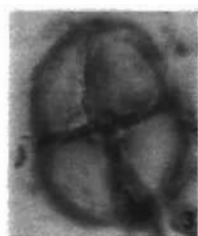
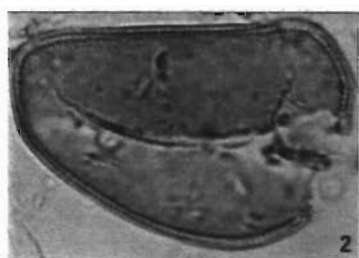
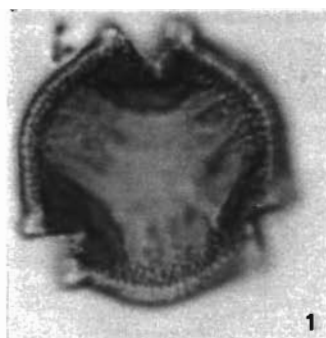
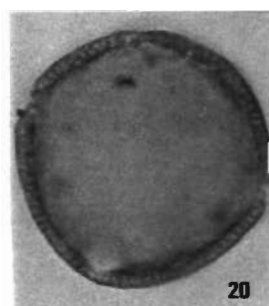
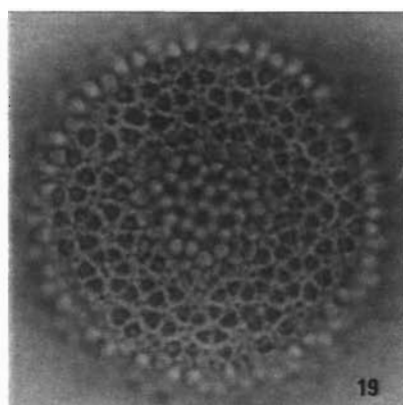
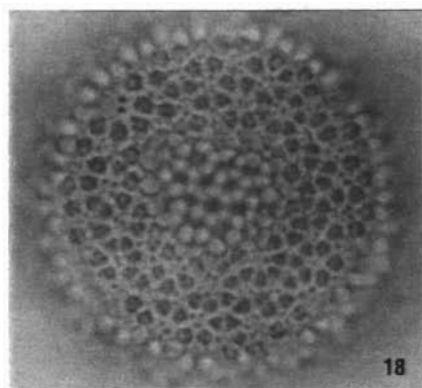
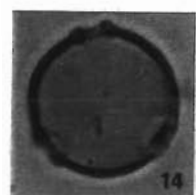
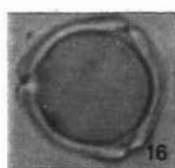
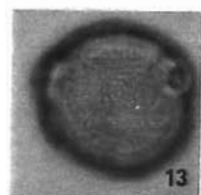
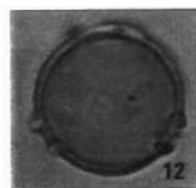
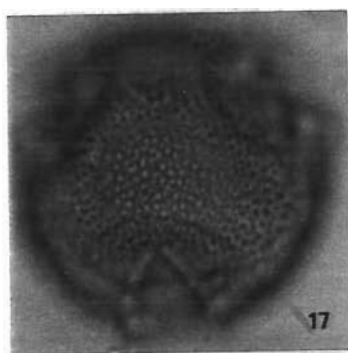
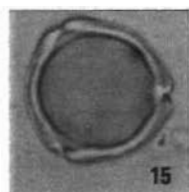
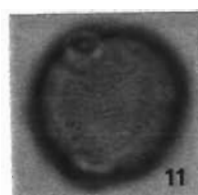
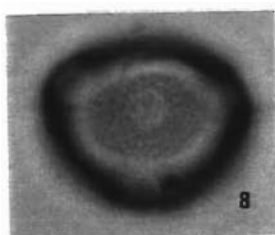
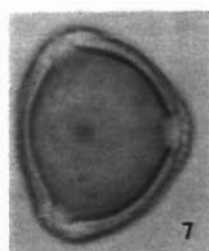
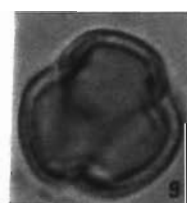
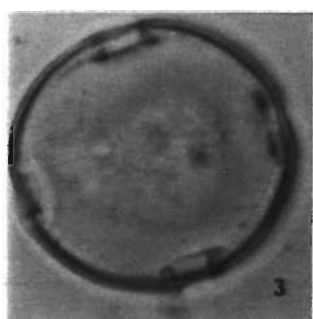
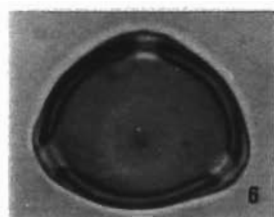
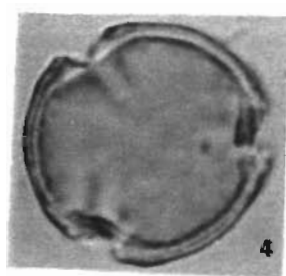
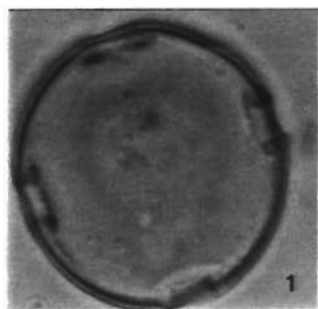


PLANCHE 3

GRAINS DE POLLEN ACTUELS DU CONGO

LOGANIACEAE	<i>Anthocleista liebrechtsiana</i>	1-3
EUPHORBIACEAE	<i>Chaetocarpus africanus</i>	4-5
MALPIGHIACEAE	<i>Flabellaria acuminata</i>	6-8
EUPHORBIACEAE	<i>Maprounea africana</i>	9-10
RUBIACEAE	<i>Aidia micranta</i>	11-14
OCHNACEAE	<i>Campylospermum calanthum</i>	15-16
RUBIACEAE	<i>Gaertnera bracteata</i>	17
EUPHORBIACEAE	<i>Crotogyne manniana</i>	18-19
RUBIACEAE	<i>Stipularia africana</i>	20



VEGETATION ET CLIMAT DU CONGO DEPUIS 24 000 ANS B.P.
Analyse palynologique de séquences sédimentaires du Pays Bateke et du littoral

SPECIALITE: Géologie

NOM DU CANDIDAT: ELENGA Hilaire

DATE: le 25 février 1992

heure: 10h, salle des Actes

LIEU DE SOUTENANCE: Université d'Aix-Marseille III

RAPPORTEURS: CABALLE Guy (Maître de conférence, Hors Classe) et SCHWARTZ Dominique

(Chargé de Recherche, ORSTOM)

COMPOSITION DU JURY:

- BONNEFILLE Raymonde	Directeur de Recherche, CNRS
- CABALLE Guy	Maître de Conférence, Hors Classe
- PONS Armand	Professeur
- ROUX Maurice	Professeur
- SCHWARTZ Dominique	Chargé de Recherche, ORSTOM
- SERVANT Michel	Directeur de Recherche, ORSTOM
- VINCENS Annie	Chargé de Recherche, CNRS

RESUME

Le contenu pollinique de 8 séquences quaternaires du Congo prélevées sur les Plateaux Bateke (5°S, 15°E) et sur le littoral (4° à 5° S, 11° 5' à 12° E) est étudié et interprété sur la base de l'observation d'assemblages polliniques provenant des associations végétales actuelles. Les séquences des Plateaux Bateke enregistrent durant les 24 derniers mille ans une succession d'extensions et de régressions des associations forestières locales en relation avec des changements hydrologiques et climatiques. Aux environs de 24 000 ans B.P., la présence de forêts hydromorphes dans certaines dépressions témoigne de l'existence d'une pulsation humide au sein de la phase sèche du Léopoldvillien (30 000-12 000 ans B.P.). Entre ca. 22 000 et ca. 12 000 ans B.P., et particulièrement juste avant ca. 14 000 ans B.P., s'observe une régression des formations arborées au profit de prairies hygrophytiques qui indique une dégradation des conditions hydrologiques en relation avec la détérioration des conditions climatiques. La présence d'éléments à affinités afromontagnardes sur l'un des sites (Bilanko) à la fin de cette phase témoigne d'une baisse de température de 4 à 5 °C environ. Le début de l'Holocène est marqué par une nouvelle extension des associations forestières mésophiles et par la disparition des éléments froids témoignant de l'amélioration des conditions hydrologiques et thermiques. Ces forêts semblent s'être maintenues jusqu'à ca. 3000 ans B.P.. C'est de cette période que daterait la configuration des paysages végétaux actuels sur les sites. Sur le littoral, les séquences étudiées couvrent les 3 derniers mille ans. Elles enregistrent une courte pulsation hydrologique positive entre 2600 et 1600 B.P. marquée par un bref épisode forestier qui n'a pas été décelé sur les Plateaux Bateke. La présence humaine est attestée dans tous les sites par la présence d'*Elaeis guineensis* (palmier à huile) dès 2800 ans B.P..

MOTS CLEFS: Pollen, Afrique équatoriale, Congo, Sédiments organiques, Paléobotanique, Paléoclimat, Paléohydrologie, Pléistocène supérieur-Holocène