

Synthèse sur l'histoire de la végétation et du climat en Afrique centrale au cours du Quaternaire récent

Jean Maley

Botaniste palynologue

I Introduction

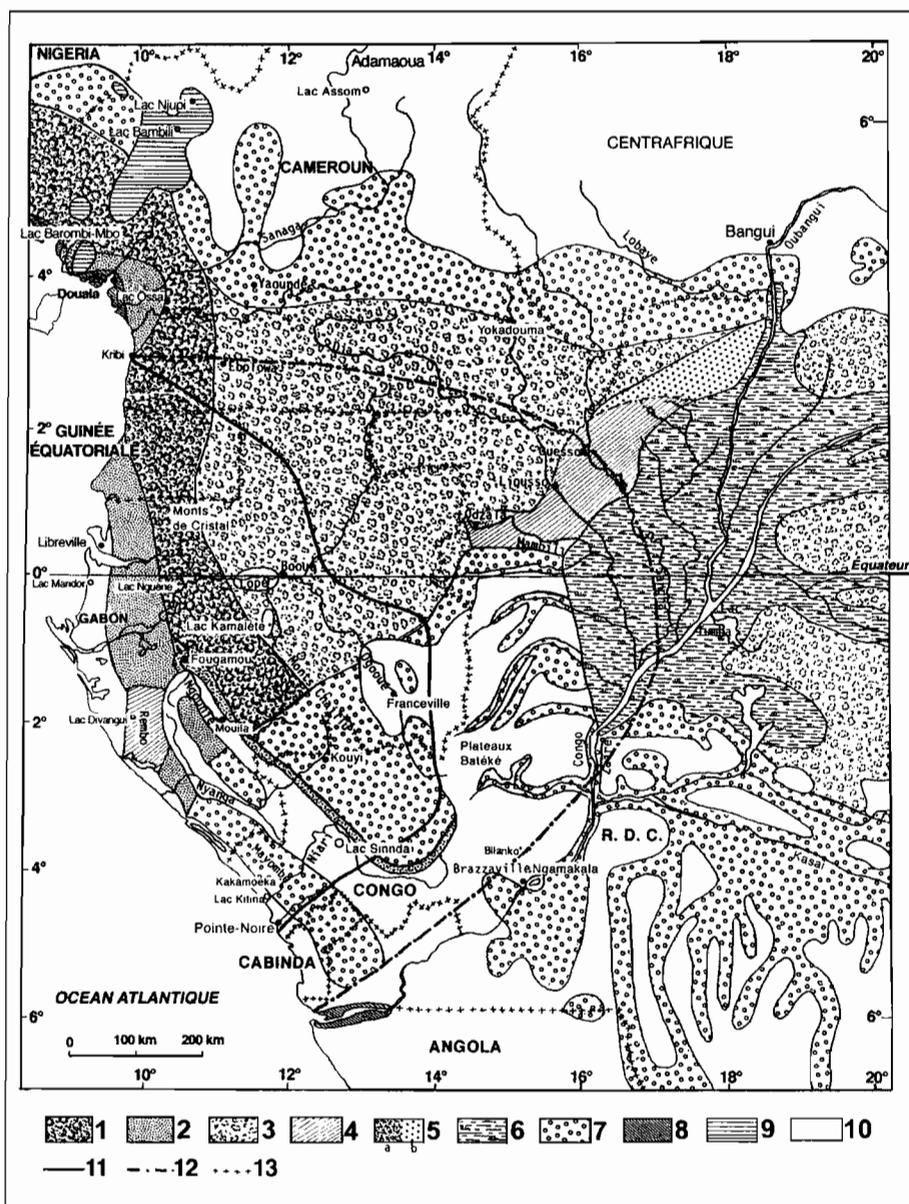
L'histoire de la végétation et des paléoenvironnements de l'Afrique centrale a beaucoup progressé depuis une quinzaine d'années grâce en particulier à l'étude pollinique de séquences sédimentaires, essentiellement lacustres, prélevées dans une dizaine de sites (ces sites sont positionnés sur la figure 1). Seuls deux sites ont fourni des enregistrements qui remontent jusque vers 25/28 000 ans (C/14) BP : le lac Ngamakala, situé au cœur des savanes des Plateaux Batéké, vers le sud du Congo, et le lac Barombi Mbo dans les forêts de l'Ouest Cameroun. Toutefois, de par sa position, seul le second site permet véritablement une reconstitution du milieu forestier. Les huit autres sites ont fourni des enregistrements qui couvrent des parties plus ou moins longues de l'Holocène, les plus anciens ne remontant pas au-delà de 7000 BP.

Tous les sites étudiés se répartissent en deux ensembles, l'un dans la partie nord du Domaine forestier, à l'ouest et au sud du Cameroun (Barombi Mbo, Mboandong, Njupi et Ossa), l'autre dans la partie sud, au Congo occidental et oriental (Kitina, Songolo, Kakamoéka, Sinnda, Ngamakala et Bilanko) ; les références et données principales concernant ces différents sites peuvent être trouvées, pour la

partie nord, dans Maley (1997) et Maley et Brenac (1998) et pour la partie sud, dans Vincens *et al.* (2000) et Elenga *et al.* (1996; à paraître). Concernant le Gabon qui occupe la partie centrale du domaine forestier, un nouveau programme, dans le prolongement d'Ecofit, est en cours de réalisation : Paleoforga (Paléoenvironnements des forêts du Gabon), grâce à l'étude de carottes remontant à l'Holocène moyen, qui ont été prélevées dans trois lacs formant un transect ouest-est proche de l'équateur, Maridor (savanes côtières, près d'Oyane), Nguène (au pied des Monts de Cristal, en aval du bassin de l'Abanga) et Kamalété (vers le sud de la réserve de La Lopé) (Maley *et al.*, 2001 ; Ngomanda et Maley, à paraître).

Légende de la figure 1.

- 1** - Forêts Sempervirentes Biafréennes et Gabonaises à nombreuses *Caesalpinia*ceae.
- 2** - Forêts Littorales Atlantiques à *Sacoglottis gabonensis* et *Lophira alata* au Cameroun, auxquelles s'ajoutent au Gabon *Aucoumea klaineana*. La limite entre 1 et 2 est irrégulière et souvent progressive.
- 3** - Forêts de type Congolais caractérisées surtout par l'alternance ou le mélange de formations sempervirentes et semi-caducifoliées.
- 4** - Forêts Clairsemées à *Marantaceae* et *Zingiberaceae*.
- 5b** - Forêts Sempervirentes à *Gilbertiodendron dewevrei* (*Caesalpinia*ceae)
- 5a** - Mélange des types 4 et 5b
- 6** - Zone inondée presque toute l'année, avec des formations sempervirentes, des raphiales et autres formations hygrophiles.
- 7** - Forêts semi-caducifoliées.
- 8** - Mangroves
- 9** - Formations montagnardes diverses.
- 10** - Savanes
- 11** - Limite de l'extension vers l'est et le sud-est de l'Okoumé.
- 12** - Extension maximum saisonnière des influences « rafraîchissantes », dues à la persistance des couvertures nuageuses stratiformes non précipitantes qui s'étendent sur une grande partie de l'Afrique centrale pendant la grande saison sèche annuelle (environ quatre mois, de juin à septembre)(d'après Saint-Vil 1984). L'abaissement marqué des températures, en réduisant l'évaporation, favorise le maintien d'une humidité atmosphérique élevée, supérieure à 80 %. C'est surtout ce dernier facteur qui permet à la végétation forestière de perdurer sans dommage durant cette longue saison « sèche » particulière.
- 13** - Frontières



Source : J. Maley

Figure 1
 Carte schématique de la végétation actuelle de l'Afrique centrale atlantique (d'après Maley 1990).
 (voir légende page de gauche).

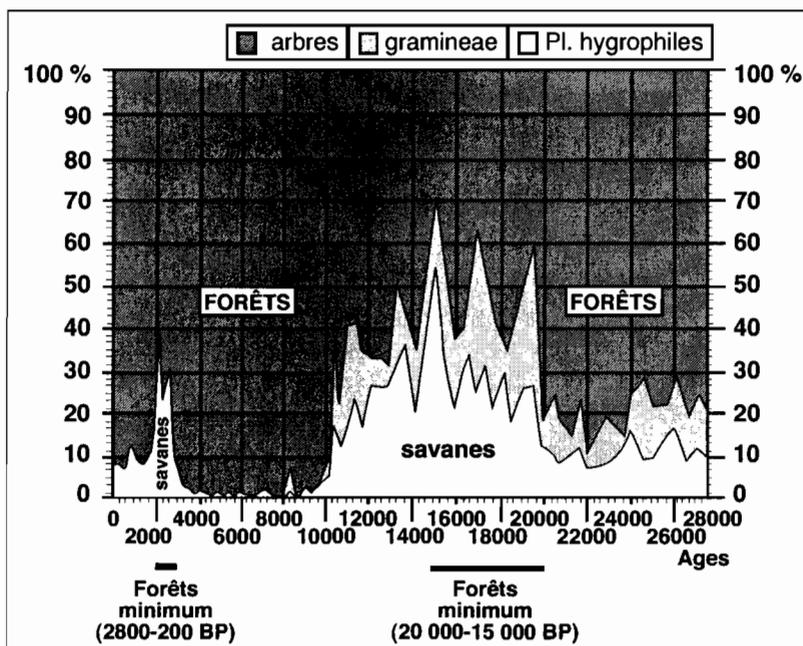
Les principales variations du domaine forestier au Quaternaire récent

Le lac de cratère du Barombi Mbo, profond de plus de 100 m, se situe dans les forêts denses humides de plaine, vers l'altitude de 300 m et à environ 40 km au nord-est du mont Cameroun (Maley et Brenac, 1998).

La figure 2 illustre les variations relatives du total des pollens d'arbres par rapport aux pollens de *Gramineae*. Ce dernier taxon constitue la quasi-totalité des pollens des plantes herbacées non aquatiques et il est caractéristique des milieux ouverts de type savane.

Cette figure permet de visualiser les phases d'extension des savanes et des forêts. On peut ainsi conclure que :

- d'environ 28000 BP, base de la carotte, à ca. 20000 BP la forêt présentait une extension proche de l'actuelle (pourcentages similaires) son caractère sempervirent se déduit de sa grande richesse en *Caesalpinniaceae* ;
- de 20000 à 10000 BP, durant le maximum de la dernière grande période froide à l'échelle globale et régionale, le climat a été nettement plus sec et frais entraînant un fort recul de la forêt au profit des savanes. Toutefois les pourcentages des pollens de *Gramineae* étant, dans l'ensemble, restés compris entre 30 et 40 %, sans dominer les pollens d'arbres, on peut donc en déduire que le paysage régional devait être formé d'une mosaïque forêt-savane dans laquelle les forêts étaient largement dominantes - ce dernier point a été confirmé par une étude isotopique du Carbone (Giresse *et al.*, 1994). Ce type de paysage devait caractériser les « refuges » forestiers qui ont été décrits en Afrique équatoriale durant cette période (Soscif, 1994 ; Maley, 1996). La recolonisation forestière a débuté vers 14000 BP ;
- ensuite de ca. 9500 à 3000 BP, la forêt a présenté son extension maximum ;
- entre 2800 et 2000 BP est survenue une brève mais intense phase de recul des forêts au profit des savanes ;
- et finalement depuis 2000 BP la forêt a été à nouveau en extension jusqu'à l'Actuel ;



Source : J. Maley

■ Figure 2

Site du lac Barombi Mbo, vers 300 m d'altitude dans les forêts de l'Ouest-Cameroun. Les phases d'extension des Forêts (gris foncé, total des pollens d'Arbres) et des Savanes (gris clair, total des pollens de Gramineae) dans l'Ouest-Cameroun depuis 28 000 ans BP. En pointillés, variation des pourcentages des pollens de Cyperaceae, additionnés à ceux des Gramineae (d'après Maley et Brenac, 1998).

La variation des pourcentages des pollens de *Cyperaceae* (en pointillés sur la fig. 2), principales plantes aquatiques, permet de reconstituer la variation des niveaux lacustres (fig. 3). La figure 3 a été établie en utilisant une moyenne mobile sur trois échantillons. Au débouché du principal tributaire dans le lac Barombi Mbo se trouve une plateforme deltaïque qui est actuellement immergée sous 3 à 5 m de profondeur. Suivant l'importance de la régression lacustre cette plateforme a été plus ou moins colonisée par la végétation aquatique. La variation des pollens des plantes aquatiques fournit donc une donnée proxy qui permet de retracer la variation relative des

niveaux lacustres : plus la plateforme deltaïque était découverte suite à la baisse du niveau lacustre, plus les pollens des plantes aquatiques ont été importants (Maley et Brenac, 1998).

– Il apparaît ainsi qu'entre 20000 et 14000 BP les niveaux lacustres ont été relativement bas (sans dépasser probablement – 5m) avec deux très bas niveaux vers 19000 et 17000 BP.

– Une première phase transgressive a culminé vers 12200 BP ; cette transgression dénote une importante phase humide qui se retrouve vers cette date en de nombreux points de l'Afrique tropicale.

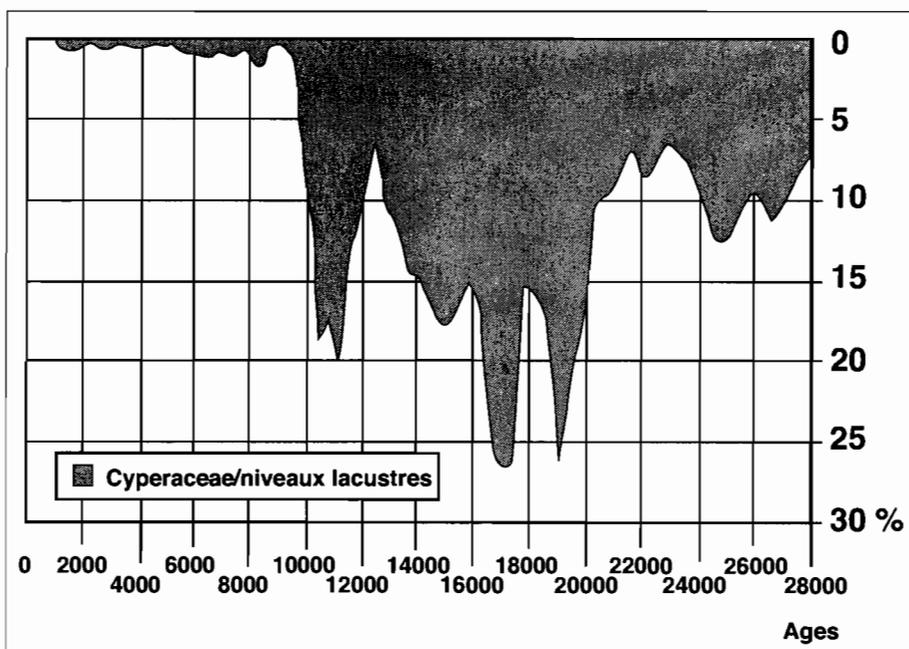
– Ensuite est intervenue la dernière grande régression entre ca. 11500 et 10400 BP, en partie synchrone de la période froide du Dryas Récent (11000 - 10000 BP) qui a été particulièrement marquée en Europe, mais avec des répercussions globales.

Aucune transgression n'a pu se produire durant l'Holocène car le niveau du lac était stabilisé par un déversoir qui est actuellement encore actif. On peut aussi en déduire que la régression forestière qui a culminé vers 2500 BP n'a pas résulté d'une diminution des pluies mais probablement plutôt d'un accroissement de la saisonnalité (Maley, 1997).

■ Les principales variations du Domaine forestier au cours de l'Holocène

La phase d'ouverture du milieu forestier mise en évidence au Barombi Mbo entre 2800 et 2000 BP a été en fait un événement général et synchrone à l'ensemble du domaine forestier d'Afrique centrale du fait de son observation répétée et de sa brusque apparition entre 3000 et 2500 BP pour chacun des sites possédant un enregistrement sédimentaire qui couvre cette période. Lorsque des datations encadrent bien l'événement, il se situe plus précisément entre 2800 et 2500 BP. L'examen des spectres du Barombi Mbo (Maley et Brenac, 1998) et du lac Kitina au Mayombe congolais (Elenga *et al.*, 1996) montrent que dans les mêmes niveaux est

intervenue une brutale et presque complète disparition des arbres de type « primaire », et en même temps un accroissement abrupt des formations de type ouvert, particulièrement des savanes qui sont caractérisées par les Gramineae. Cette phase de destruction forestière a dû être très brève car dans les mêmes niveaux où a été observée une brutale quasi disparition des arbres de type primaire, il s'est produit pour ces deux sites une « explosion » des taxons arborés de type pionnier.



Source : J. Maley

■ Figure 3

Reconstitution des niveaux lacustres du Barombi Mbo depuis 28 000 ans BP d'après la variation des pollens de Cyperaceae, principal taxon aquatique (moyenne mobile sur 3 échantillons).

Des régressions n'ayant pas dépassé 5 m se sont produites entre 20 et 10 000 ans BP.

Par contre aucune fluctuation ne s'est manifestée durant l'Holocène, en particulier des transgressions, du fait de la stabilisation du niveau du lac par un déversoir qui est encore actif et qui élimine les trop-pleins survenant durant chaque saison des pluies.

Cette extension rapide des arbres pionniers correspond à une première phase de reconstitution de la canopée. Pour le site du lac Ossa, la perturbation ne s'est pas marquée par une extension régionale des savanes mais par une forte régression du milieu forestier de type sempervirent et par une brusque et forte extension des arbres pionniers (Reynaud-Farrera *et al.*, 1996). L'hypothèse a été avancée que cet événement paléoenvironnemental aurait pu être à l'origine de la principale vague de migration des Bantus (Schwartz, 1992, cf. chap. 8). Certains épidémiologistes ont aussi estimé que cette phase d'ouverture des forêts d'Afrique centrale, qui a coïncidé avec la diffusion de la première phase de l'Age du Fer (Oslisly, 1995 ; Lavachery *et al.*, 1996), pourrait avoir correspondu avec l'apparition de la Malaria, en particulier du fait que la forme ancestrale du parasite *Plasmodium falciparum* vivait dans le sang de certains grands singes forestiers (Coluzzi *et al.*, 2002 ; Coluzzi, 2002). La rapidité relative du développement puis de la diffusion de cette maladie semblerait pouvoir rendre compte de la première apparition catastrophique de la Malaria dans le bassin Méditerranéen, car des historiens ont pu démontrer que le premier grand développement de ce fléau n'est intervenu qu'à partir du II^e siècle avant J.-C. dans les plaines marécageuses de l'Italie centrale et méridionale (Coluzzi, 2002).

Les enregistrements polliniques qui remontent à l'Holocène moyen ont mis en évidence des changements de végétation déphasés entre le nord et le sud du domaine forestier (cf. Maley, 2001 ; Elenga *et al.*, à paraître) En effet, tout d'abord, de ca. 6000 à 5000 BP on observe un développement relativement similaire entre les parties nord et sud du Domaine forestier avec une extension des forêts denses caractérisées par des Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae et Sapotaccae, même pour un site qui est actuellement en savane comme Sinnda (vallée du Niari, Congo). Toutefois, à partir de ca 5000 BP, les tendances se différencient nettement entre le nord et le sud du domaine forestier car tandis qu'à Sinnda on observe une augmentation très marquée des taxons de type caducifolié, en particulier *Celtis*, et de certains pionniers comme *Alchornea* et *Macaranga*, par contre vers le nord à Ossa, Mboandong et Barombi Mbo, on observe au contraire une forte augmentation des taxons de type sempervirent, particulièrement des Caesalpiniaceae qui ont culminé entre 4000 et 3000 BP. Le niveau du lac Ossa est resté relativement

élevé jusque vers 3000 BP, confirmant ainsi l'importance des pluies sur cette dernière région (Nguetsop *et al.*, 1998). Dans le sud du domaine forestier et pour la même période, la tendance à la diminution des pluies s'est accentuée fortement marquée, d'une part par la diminution des flux de particules minérales à Sinnda et Kitina, et d'autre part, par l'assèchement complet du lac Sinnda vers 3800 BP (Bertaux *et al.*, 2000).

L'histoire du Palmier à huile et de l'Okoumé au cours de l'Holocène apporte quelques précisions sur l'impact de certaines de ces variations paléoenvironnementales.

I Histoire et dynamique du palmier à huile au cours de l'Holocène

De nombreux botanistes, ethnologues, archéologues, etc., considèrent généralement que le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) a toujours été planté et cultivé par l'homme et que sa présence dans un niveau archéologique ou dans un horizon pédologique récent, ne peut résulter que de sa plantation ou domestication. Toutefois diverses données éparses qui ont été rassemblées récemment, conduisent à questionner fortement ces interprétations (Maley, 1999, 2001 ; Malcy et Chepstow-Lusty, 2001).

Tout d'abord, il a été souvent constaté que, dans la plupart des sociétés africaines traditionnelles, lorsque l'homme défriche de jeunes forêts pionnières, ou bien des jachères proches des villages, il conserve et protège certaines plantes utiles, comme le palmier à huile qui va ensuite pouvoir se développer plus facilement (Zeven, 1967 ; Mondjannagni, 1969 ; Haxaire, 1996). Après plusieurs années d'étude sur le terrain, surtout au Nigéria, l'Agronome Zeven (1967) a conclu que « *most oil palms in Africa are semi-domesticated, i.e. no attempts are made to propagate the palm by sowing and/or transplanting seedlings* ». En effet la capacité de régénération de ce palmier étant élevée, il en résulte une prolifération naturelle qui rend sa plantation inutile. D'un point de

vue écologique, ce palmier est un pionnier qui se développe naturellement dans divers types de recrus forestiers, comme au niveau de l'écotone forêt/savane et surtout après le passage des incendies car elles accroissent le pouvoir germinatif de ses graines et aussi son pouvoir compétitif car son tronc est adapté pour résister au feu (Swaine, 1992). La dissémination des graines est effectuée par divers animaux et oiseaux, mais aussi par l'homme lors du transport des régimes (Schnell, 1946 ; Haxaire, 1996). Des exemples de développement naturel à plus ou moins grande échelle de ce palmier ont été recensés (Maley, 1999). Le plus spectaculaire est constitué par une grande palmeraie longue d'environ 150 km et large de 10 à 20 km, qui suit la limite nord du massif forestier de l'Ouest-Cameroun ; le botaniste Letouzey (1985) qui l'a décrite, a conclu qu'elle constitue un peuplement naturel en association avec une forêt de type semi-caducifolié. Schnell (1946) a décrit un exemple voisin sur le flanc oriental du Mont Nimba en Côte d'Ivoire. Ces vastes palmeraies, une fois installées, ont attiré diverses peuplades régionales. L'ethnologue Baeke (1996) a décrit comment une peuplade de l'Ouest-Cameroun installait ses villages au cœur de palmeraies naturelles pour ensuite exploiter les palmiers à huile mais sans en effectuer des plantations (Maley, 1999, 2001).

Suite à la vaste perturbation qui a frappé les milieux forestiers vers 2500 BP, le palmier à huile a été un des principaux arbres pionniers qui se sont alors fortement développés, aussi bien au nord du Domaine forestier (Barombi Mbo, Ossa, Njupi) qu'au sud (Kitina, Kakamoéka). La forte reprise forestière qui est intervenue vers 2000 BP dans le secteur du Barombi Mbo s'est accompagnée d'un fort recul de ce palmier, remplacé alors par d'autres taxons arborés pionniers (Maley et Brenac, 1998). Ensuite, entre ca. 1400 et 800 BP, est intervenue une seconde phase de développement de ce palmier; elle a été observée surtout au nord du domaine forestier (Barombi Mbo, Mboandong, Ossa, Nouabalé-Ndoki) mais aussi au sud (Kitina) et vers le centre du Gabon à La Lopé (White *et al.*, 2000). Cette seconde phase a été associée à une nouvelle perturbation forestière qui a cependant été moins forte que celle vers 2500 BP. Une phase érosive a été associée à cette perturbation, comme cela apparaît, par exemple, avec un accroissement des flux détritiques survenus entre ca. 1200 – 800 BP dans les dépôts des lacs Kitina et Sinnda (Bertaux *et al.*, 2000). À partir du XIII^e siècle AD, on note sur l'ensemble du domaine forestier une phase

très nette de reconquête forestière, associée à un nouveau développement des forêts matures, avec en même temps un recul généralisé du palmier à huile, malgré un fort accroissement régional des peuplements humains (au nord : Alexandre, 1965 ; Vansina, 1990 ; au sud : Pinçon, 1990, etc.). Ce dernier point illustre bien le fait, qu'à grande échelle, ce n'est pas l'homme qui contrôle le développement de ce palmier. Ce phénomène de transgression forestière s'est poursuivi ensuite et particulièrement au cours du XX^e siècle (voir les résultats du Prog. Ecofit : Youta Happi *et al.*, 2000, etc.). Ces grandes phases de développement du palmier à huile montrent clairement que ce sont les variations climatiques régionales qui en assurent le contrôle essentiel.

*Remarque sur *Canarium Schweinfurthii* (*Burseraceae*)*

Des noyaux de cet arbre ont souvent été trouvés dans divers sites archéologiques avec ceux du Palmier à huile mais souvent dans des niveaux différents. D'après la répartition géographique de cette *Burseraceae*, il semble que deux écotypes puissent être distingués, l'un dans les milieux pionniers de forêt dense, l'autre en secteur périforestier (galeries forestières et bosquets isolés en savane) et souvent aussi en milieu sub-montagnard (Schnell, 1976). Pour l'Ouest-Cameroun ses pollens sont peu fréquents dans les spectres polliniques du Barombi Mbo, mais plus abondants à Mboandong (Maley et Brenac, 1998). De plus, à la différence du palmier à huile, leurs pollens sont surtout présents à l'Holocène inférieur et moyen.

■ Histoire et dynamique de l'Okoumé au cours de l'Holocène

L'endémisme de l'Okoumé (*Aucoumea klaineana*, *Burseraceae*), caractérisé par son aire limitée presque uniquement à l'ouest et au centre du Gabon (fig. 1, n° 11), résulte en partie de son histoire mais aussi de son écologie. De ce point de vue, l'Okoumé est une espèce

arborée pionnière qui se développe en abondance dans les fronts pionniers qui progressent sur les savanes. Lors de la maturation de ces milieux pionniers, seuls les Okoumés dont la cime a pu atteindre la canopée, subsisteront ultérieurement en mélange avec des espèces d'ombre, de type « primaire » (Nasi, 1997). D'un point de vue climatique, cet arbre ne supporte pas le déficit hydrique et les températures élevées de la longue saison sèche (de décembre à début mars) qui caractérise le climat tropical régnant actuellement sur le sud du Cameroun, alors que dans son aire gabonaise la saison sèche du climat équatorial (de fin mai à début septembre) est très différente puisqu'elle conserve une humidité de l'air élevée et des températures modérées (fig. 1, n° 12), (Brunck *et al.*, 1990 ; Malcy, 1990).

Des travaux récents ont apporté des précisions importantes sur l'histoire de l'Okoumé. Tout d'abord des données palynologiques obtenues dans le Sud Cameroun au lac Ossa près d'Edéa (Reynaud-Farrera, 1995; Reynaud-Farrera *et al.*, 1996) ont montré qu'entre 7500 et 3000 BP (Holocène moyen) l'aire de l'Okoumé s'étendait nettement plus au nord, jusqu'au nord de ce lac situé à environ 170 km au nord de sa limite actuelle. De ce fait, durant l'Holocène moyen, l'aire de l'Okoumé devait être nettement plus grande. Ensuite des recherches de génétique moléculaire (Muloko *et al.*, 1998, 2000 ; Muloko, 2001) ont mis en évidence deux haplotypes. Le type A est nettement dominant au nord de son aire, tandis que le mélange des types A et B se rencontre uniquement au sud; la limite est-ouest entre ces deux aires se situe à moins d'un degré au sud de l'équateur.

En associant ces deux données, on peut donc conclure que l'aire actuelle de l'Okoumé a résulté d'abord de la fragmentation d'une grande aire ancienne remontant à l'Holocène moyen. En effet, vu le caractère très général de la phase de perturbation forestière qui a culminé vers 2500 BP, celle-ci a dû aussi causer la fragmentation de l'aire ancienne de l'Okoumé avec peut-être, vu les deux variétés mises en évidence par la génétique moléculaire, formation de deux sous-ensembles très dispersés, un au sud et l'autre vers le nord. La forte extension entre 2500 et 2000 BP des paysages ouverts a dû être très favorable à l'initiation d'une nouvelle phase de développement de cet arbre, et cela d'une manière probablement similaire à ce qui a été mis en évidence au Barombi Mbo pour

plusieurs arbres pionniers (Maley et Brenac, 1998). La recolonisation forestière a débuté au plus tôt vers 2000 BP dans un environnement extrêmement fragmenté et avec de nombreux écotones favorables au développement de l'Okoumé. Un modèle dynamique et chronologique qui suit de près ce canevas historique a été établi par White *et al.* (2000) en se basant sur l'examen de la végétation actuelle du nord de la réserve de La Lopé, située au cœur du massif forestier gabonais et comportant encore de larges taches de savanes résiduelles.

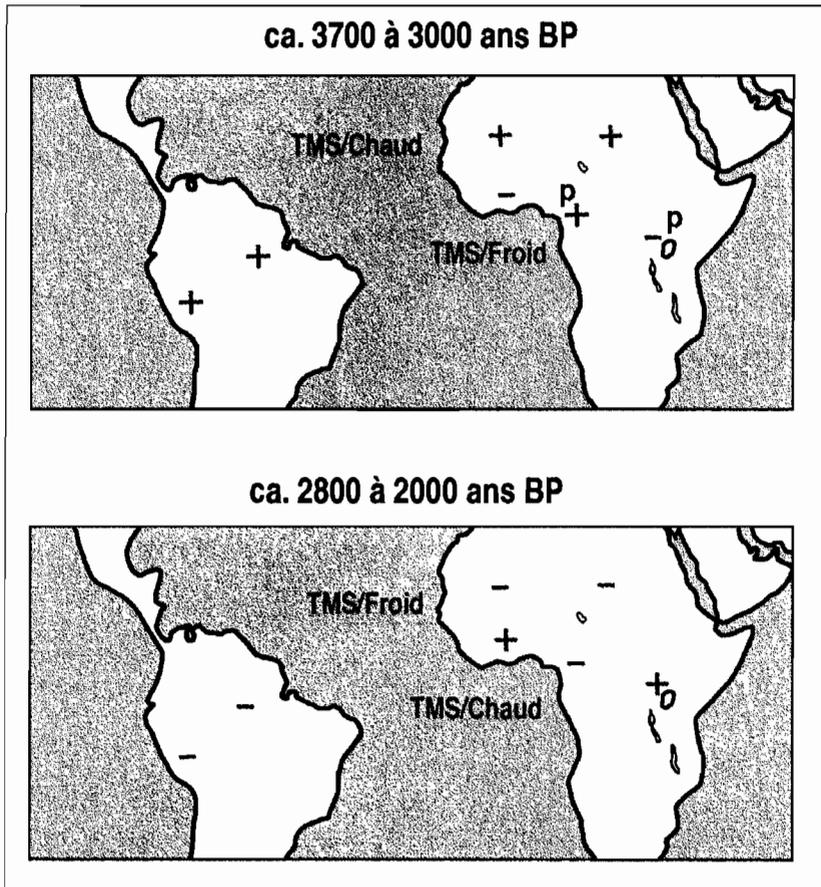
Le fait que l'aire actuelle de l'Okoumé, qui paraît donc en extension depuis près de 2 000 ans, ne s'est pas étendue largement dans le sud du Cameroun, comme cela avait été le cas à l'Holocène moyen, résulte probablement du changement des conditions climatiques entre cette époque et l'Holocène récent, postérieurement à 2000 BP. Cette déduction est intéressante car, vu certaines particularités écologiques de l'Okoumé qui le lient étroitement au climat équatorial, on pourrait en déduire qu'un climat de type équatorial avait du régner sur le sud Cameroun durant l'Holocène moyen, alors que le climat de type tropical qui y règne actuellement, s'y serait installé depuis seulement 2 000 ans. Tout ceci paraît traduire pour l'Holocène moyen un accroissement des influences australes vers le nord, associé à une diminution des influences boréales, liée peut-être à une diminution de la longueur de la saison sèche durant l'hiver boréal.

■ Conclusion : le rôle majeur des conditions climatiques et de leurs changements

L'aspect en mosaïque de nombreuses forêts actuelles en Afrique centrale, caractérisées par un mélange ou une juxtaposition de groupements d'espèces de type sempervirent et de type semi-caducifolié (fig. 1), est probablement une conséquence à long terme des perturbations qui ont affecté le domaine forestier au cours des

trois derniers millénaires, particulièrement la perturbation majeure qui a culminé vers 2500 BP. Le synchronisme apparent de cette perturbation pour les différents sites présentés ici et pour d'autres situés à l'extrémité orientale du domaine forestier (Ituri, Osokari) et son association avec une phase érosive généralisée (Maley, 2001), montrent que cette perturbation a correspondu à un changement climatique de grande ampleur dont le caractère global a été souligné par certains auteurs (Van Geel *et al.*, 1998).

Le climat de cette période particulière a présenté certaines caractéristiques d'une phase relativement aride puisqu'elle a conduit à la destruction des milieux forestiers et, dans certaines secteurs, à l'extension de savanes. Toutefois, d'autres caractéristiques, comme la forte extension synchrone de divers taxons pionniers, indiquent qu'il n'y aurait pas eu véritablement de diminution des pluies mais plutôt des changements dans leur répartition annuelle. L'absence d'une baisse du total annuel des pluies a pu être démontrée au lac Barombi Mbo (fig. 3) et, pour le lac Ossa, il y a même eu une montée relative du niveau entre 2500 et 2200 BP, avec seulement une courte baisse entre 2200 et 2000 BP (Nguetsop *et al.*, 1998). Plutôt que de parler de phase aride, il est donc préférable de désigner cette période comme une « péjoration climatique » qui aurait été causée par une augmentation de la saisonnalité liée à un accroissement de la longueur de la saison sèche (Maley, 1997, 2001). Pour rendre compte des fortes érosions de cette période, il est nécessaire de concevoir des pluies importantes et brutales mais concentrées sur six ou sept mois de l'année, comme on l'observe actuellement dans les zones des savanes périphériques. Cet accroissement de la saisonnalité aurait pu être associé à une domination des « lignes de grains » qui constituent habituellement les formations nuageuses dominantes des zones de savanes et qui sont formées par des alignements nord/sud de nuages cumuliformes (nuages de type convectif ou orageux). Cette domination aurait pu se faire au détriment des autres types de nuage, principalement des nuages stratiformes de type « pluie de mousson » qui donnent des pluies relativement fines et régulières, et qui caractérisent actuellement les principales phases pluvieuses du domaine forestier (Bigot, 1997 ; Maley, 1997).



Source : J. Maley

■ Figure 4

Les deux phases du Dipôle Atlantique tropical.

Ces phases présentent les grandes tendances des TMS (Températures Marines de Surface) et des précipitations associées en Afrique tropicale et en Amérique du Sud pour deux périodes climatiquement opposées, ca. 3700 à 3000 ans BP et ca. 280 à 2000 ans BP : positif, climat + humide ; négatif, climat + sec (d'après de nombreuses sources présentées dans Maley, 1997). La répartition géographique des tendances est comparable aux deux « anomalies » dominantes actuelles des pluies et des TMS (Anomalie : écart + ou - par rapport aux valeurs moyennes).

P signale les secteurs où des maximum de pollen de *Podocarpus* ont été recensés, caractérisant des forêts de nuage (d'après Maley, 1997).

Les recherches effectuées en Climatologie dynamique tropicale depuis une vingtaine d'années ont montré que les Températures marines de surface (TMS), aussi bien sur le plan régional, comme pour le Golfe de Guinée, que global, jouent un très grand rôle (Fontaine *et al.*, 1998 ; Janicot *et al.*, 1998). Afin de caractériser plus précisément les relations entre les pluies de mousson et les TMS, particulièrement lors du maximum de la mousson durant l'été boréal, plusieurs études des anomalies climatiques (écarts positifs ou négatifs par rapport à une moyenne) survenues depuis le début des années 60 sur l'ensemble de l'Afrique tropicale ont mis en évidence deux modes dominants de répartition des pluies qui sont chacun associés à des répartitions particulières des TMS (Wotling *et al.*, 1995 ; Bigot *et al.*, 1997). Le premier mode se caractérise, d'une part par des températures plus chaudes que la moyenne pour le Golfe de Guinée et l'Atlantique sud, et d'autre part par des températures plus froides pour l'Atlantique nord tropical, au large de l'Afrique de l'Ouest. Le deuxième mode présente des répartitions opposées pour l'océan et le continent africain voisin. Il a été ainsi mis en évidence un Dipôle Atlantique tropical Nord/Sud qui oscille d'un mode à l'autre (Wotling *et al.*, 1995 ; Janicot *et al.*, 1998).

Le résultat le plus important de nos recherches sur les derniers millénaires a été de montrer que la répartition spatiale sur l'Afrique tropicale des anomalies paléoclimatiques (secteurs plus humides ou plus secs) et des TMS sur l'Atlantique voisin (fig. 4), est très semblable à la répartition spatiale qui a été obtenue pour les deux anomalies contemporaines dominantes. On peut donc en déduire que les mécanismes climatiques sont les mêmes aux échelles de temps annuelles, séculaires ou millénaires (Maley 1997 ; Maley *et al.*, 2000).

Pour essayer d'expliquer les changements de végétation qui ont affecté le domaine forestier au cours de l'Holocène, et en particulier l'évolution opposée survenue durant l'Holocène moyen entre les secteurs nord et sud, il est nécessaire de faire appel au dynamisme de la mousson et surtout à des changements dans son évolution annuelle (Maley, à paraître). Concernant l'Holocène les reconstitutions des TMS sur l'Atlantique tropical nord et sud sont relativement rares. Pour le Golfe de Guinée et l'Atlantique sud tropical, Morley et Dworetzky (1993) ont montré qu'entre ca. 2800

et 2000 BP les TMS avaient été relativement « chaudes » et par contre plus « fraîches » entre 4000 et 2800 BP, en baisse très nette par rapport aux TMS nettement plus « chaudes » durant l'Holocène inférieur et moyen (cf. Maley, 1997). Au large de l'Afrique de l'Ouest, dans le secteur du Cap Blanc, la reconstitution effectuée par De Menocal *et al.* (2000) montre que durant l'Holocène les tendances principales des TMS ont été opposées à celle du Golfe de Guinée, ce qui permet de conclure que le Dipôle Atlantique nord/sud a toujours été fonctionnel. Entre ca. 4000 et 2800 BP, les TMS « fraîches » sur le Golfe de Guinée ont été associées, comme on l'a mis en évidence plus haut (cf. paragraphe 3), à des pluies relativement élevées sur le nord du Domaine forestier et par contre en forte baisse sur la partie sud. Etant donné que durant la mousson les TMS « fraîches » sur le Golfe de Guinée génèrent habituellement des nuages stratiformes, il faudrait donc considérer qu'au nord du Domaine forestier, et entre ca. 4000 et 2800 BP, ces nuages auraient pu évoluer en nuages très pluvieux, comme on l'observe actuellement sur l'Ouest et le Sud-Cameroun (Maley et Elenga, 1993 ; Bigot, 1997). Par contre sur le sud du Domaine forestier et pour la même période, les nuages stratiformes auraient conservé leur caractère habituellement non-précipitant. La grande saison sèche équatoriale, de juin à septembre, qui est caractérisée par la quasi-permanence de ces types de nuage (Saint Vil, 1984), se serait alors mise en place progressivement et cela probablement depuis ca. 5000 BP comme le montre le développement progressif d'une forêt de type semi-caducifolié.

Cette évolution contrastée est aussi en accord avec les fluctuations de l'aire de l'Okoumé (cf. paragraphe 5). Cependant l'impact des TMS relativement « chaudes » durant la phase 2800 à 2000 BP (cf. supra) est très différent de celui concernant la période de ca. 9000 à 6000 BP, caractérisée par des TMS nettement plus chaudes de 3° à 4° C. En effet, cet impact différent reflète à partir de 2800 BP un accroissement brutal des influences boréales sur l'Afrique centrale, marqué par le renforcement de l'harmattan (Nguetsop *et al.*, 1998) et donc de la saison sèche qui règne actuellement de décembre à février, au détriment des influences australes qui s'étaient étendues auparavant sur le nord du domaine forestier.

D'autres phases de perturbation majeure des écosystèmes forestiers sont intervenues au cours du Quaternaire (Maley, 1996). La perturbation antérieure la mieux caractérisée est celle qui est survenue entre environ 20000 et 15000 BP (Maley et Brenac, 1998) (fig. 2). Ce qui pourrait rapprocher cette dernière phase de celle qui a culminé vers 2500 BP, concerne surtout la localisation des milieux forestiers résiduels qui ont pu correspondre à une série de « refuges » (Maley, 1996, 2001). Il faut remarquer que ces « refuges » ont dû être surtout constitués par des paysages de mosaïque forêt/savane dans lesquels les îlots forestiers seraient restés majoritaires (cf. paragraphe 2).

Par contre, deux caractéristiques importantes différencient nettement ces deux phases de fragmentation forestière : d'une part la durée relativement longue de la plus ancienne, et d'autre part et surtout les conditions climatiques générales très différentes et même opposées qui ont accompagné chacune d'elles. En effet la perturbation située entre 20000 et 15000 ans BP a coïncidé avec le développement maximum des conditions glaciaires sur les latitudes moyennes et hautes; des conditions plus fraîches de quelques degrés ont affecté aussi toute la région du Golfe de Guinée (Maley, 1996 ; Maley et Brenac, 1998). Par contre la perturbation plus récente est intervenue durant l'Interglaciaire Holocène qui, sur le plan global, a été caractérisé par des extensions glaciaires réduites et des températures relativement chaudes. Il apparaît donc que le recul et la fragmentation du massif forestier africain peuvent se produire avec des situations climatiques très différentes.

Lorsqu'on examine les Modèles climatiques concernant le phénomène de « Réchauffement global » que la plupart des climatologues estiment devoir intervenir au cours du XXI^e siècle, il apparaît qu'un accroissement moyen de la température d'environ 4° C conduirait aussi à un accroissement de l'évaporation d'environ 30 % mais avec seulement 12 % de plus de pluie pour l'Afrique tropicale (Rind, 1995). Bien que les causes du réchauffement survenu vers 2500 BP soient naturelles (Magny, 1993) et donc apparemment différentes de celles associées au réchauffement prévu pour le XXI^e siècle (Rind, 1995), on peut cependant estimer que la destruction catastrophique des forêts d'Afrique centrale qui a

culminé vers 2500 BP pourrait être un « analogue » mais aussi un signal d'alarme de ce qui pourrait survenir dans cette région au cours du futur « Réchauffement global » (Maley, 1997 ; Maley *et al.*, 2000).

Remerciements

Plusieurs des données présentées dans cet article ont été obtenues dans le cadre des programmes : Ecofit (Orstom et CNRS), Campus (ministère de la Coopération), PVC et Paleotropique (IRD, ex-Orstom). Cet article est la contribution 2002-85 de l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier (ISEM/CNRS).

Bibliographie

- ALEXANDRE P., 1965 —
Proto-histoire du groupe
Béti-Boulou-Fang :
essai de synthèse provisoire.
Cahiers d'Etudes Africaines,
20 : 503-560.
- BAEKE V., 1996 —
Le temps des Rites.
*L'univers magico-religieux
des Wuli (Mfumte du Cameroun
occidental)*. Thèse Sc. Sociale,
Univ. libre Bruxelles.
- BERTAUX J., SCHWARTZ D.,
VINCENS A., SIFEDDINE A.,
ELENGA H. *et al.*, 2000 —
« Enregistrement de la phase sèche
d'Afrique centrale vers 3000 ans BP
par la spectrométrie IR dans les lacs
Sinnda et Kitina (sud-Congo) ». *In* :
Servant M., Servant-Vildary S.
(eds) *Dynamique à long terme
des écosystèmes forestiers
intertropicaux*,
Mémoire Unesco, 43-49.
- BIGOT S., CAMBERLIN P.,
MORON V., RICHARD Y., 1997 —
Structures spatiales de la variabilité
des précipitations en Afrique :
une transition climatique à la fin
des années 1960. *C.R. Acad. Sc. 2a*,
324 : 181-188.
- BRUNCK F., GRISON F.,
MAITRE H.-F., 1990 —
L'Okoumé, *Aucoumea klaineana*
Pierre. *Monographie, Centre Techn.
Forestier Tropical, Cirad*,
Nogent, 102 p.
- COLUZZI M., SABATINI A.,
DELLA TORRE A., DI DECO M.-A.,
PETRARCA V., 2002 —
A polytene chromosome analysis

of the *Anopheles gambiae* species complex. *Science*, 298 : 1415-1418.

COLUZZI M., 2002 — *Plasmodium falciparum* en Afrique subsaharienne. Spéciation récente des vecteurs, transmissibilité, évolution de la pathogénèse, contrôle de la maladie et capacité vectorielle. *Annales Inst. Pasteur, Actualités*, 12 : 81-99.

DE MENOCA P., ORTIZ J., GUILDERSON T., SARNTHEIN M., 2000 — Coherent high and low latitude climate variability during the Holocene warm period. *Science*, 288 : 2198 – 2202.

ELENGA H., SCHWARTZ D., VINCENS A., BERTAUX J., DE NAMUR C., MARTIN L., WIRRMANN D., SERVANT M., 1996 — Diagramme pollinique holocène du lac Kitina (Congo) : mise en évidence de changements paléobotaniques et paléoclimatiques dans le massif forestier du Mayombe. *C.R. Acad.Sc.* 2a, 323: 403-410.

ELENGA H., MALEY J., VINCENS A., FARRERA I., (to be published) — « Palaeoenvironments, palaeoclimates and landscape development in Central Equatorial Africa. A review of major terrestrial keys sites covering the last 25 kyrs ». In : Battarbee R.W., Gasse F., Stickley C.E. (eds). *Past climate variability through Europe and Africa*. Kluwer Acad. Press, 20 pp.

FONTAINE B., TRZASKA S., JANICOT S., 1998 — Evolution of the relationship between near global and Atlantic SST modes and the rainy season in West Africa : statistical analyses and sensitivity experiments. *Climate Dynamics*, 14 : 353-368.

GIRESE P., MALEY J., BRENA C., 1994 —

Late Quaternary palaeoenvironments in the lake Barombi Mbo (Cameroon) deduced from pollen and carbon isotopes of organic matter. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology* 107 : 65-78.

HAXAIRE C., 1996 — « Le vin de palme et la noix de kola : nourritures paradoxales, médiateurs de la communication avec les dieux ». in : M. Hladik et al., (eds). *L'alimentation en forêt tropicale : Interactions bioculturelles et applications au développement*, 923-938, Unesco Publ., Paris.

JANICOT S., HARZALLAH A., FONTAINE B., MORON V., 1998 — West African monsoon dynamics and eastern equatorial Atlantic and Pacific SST anomalies (1970-88). *J. Climate*, 11 : 1874-1882.

LAVACHERY P., CORNELISSEN E., MOEYERSONS J., DE MARET P., 1996 — 30 000 ans d'occupation, 6 mois de fouilles : Shum Laka, un site exceptionnel en Afrique centrale. *Anthropologie et Préhistoire* 107 : 197-211.

LETOUZEY R., 1985 — *Notices de la carte phytogéographique du Cameroun au 1/500.000*. Inst. Carte Intern. Végétation, Toulouse & Inst. Rech. Agron., Yaoundé.

MAGNY M., 1993 — Solar influences on Holocene climatic changes illustrated by correlations between past lake-level fluctuations and the atmospheric ¹⁴C record. *Quaternary Res.* 40 : 1-9.

MALEY J., 1990 — « Histoire récente de la forêt dense humide africaine : essai sur le dynamisme de quelques formations forestières ». In : Lanfranchi R., Schwartz D.,

(eds.) *Paysages Quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*, 367-382, *Mémoire Orstom*, Paris. IRD Éditions.

MALEY J., 1996 —
The African rain forest :
main characteristics of changes
in vegetation and climate
from the upper Cretaceous
to the Quaternary. *Proceed. R. Soc. Edinburg, Biol. Sc.*, 104B :31-73.

MALEY J., 1997—
« Middle to late holocene changes
in tropical Africa and other continents.
Paleomonsoon and sea surface temper-
ature variations ». *In* : Dalfes H.-N., Kukla G., Weiss H.
(eds) Third millenium BC climate
change and old world collapse,
611-640. *NATO Adv. Sc. Inst. Series, Global Environmental Change*, Springer, Berlin.

MALEY J., 1999 —
« L'expansion du palmier à huile
(*Elaeis guineensis*) en Afrique
centrale au cours des trois derniers
millénaires : nouvelles données et
interprétations ». *In* : Bahuchet S. et al. (eds)
L'homme et la Forêt Tropicale.
237-254. *Trav. Soc. Ecologie Humaine*, Publ. du Bergier, Paris.

MALEY J., 2001 —
La destruction catastrophique
des forêts d'Afrique centrale
survenue il y a environ 2500 ans
exerce encore une influence majeure
sur la répartition actuelle
des formations végétales.
Syst. & Geogr. Plants,
71 : 777-796.

MALEY J., (à paraître) —
« Les variations de la végétation
et des paléoenvironnements du
Domaine forestier africain au cours
du Quaternaire récent ». *In* : *Guide de la Préhistoire mondiale*.
J. Renault-Miskovsky, A.-M. Semah
(eds). 34 p.

MALEY J., BRENAC P., 1998 —
Vegetation dynamics,
palaeoenvironments and climatic
changes in the forests of West
Cameroon during the last
28,000 years.
Rev. Palaeobot. & Palyno.,
99 : 157-188.

MALEY J., BRENAC P.,
BIGOT S., MORON V., 2000 —
« Variations de la végétation
et des paléoenvironnements en forêt
dense africaine au cours
de l'Holocène. Impact de la variation
des températures marines ». *In* : Servant M., Servant-Vildary S.
(eds) *Dynamique à long terme
des Ecosystèmes forestiers
intertropicaux*, 205-220.
Mémoire Unesco, Paris.

MALEY J., CHEPSTOW-LUSTY A., 2001 —
Elaeis guineensis Jacq. (oil palm)
fluctuations in central Africa during
the late Holocene : climate or human
driving forces for this pioneering
species ? *Veget. Hist. & Archaeobot.*,
10 :117-120.

MALEY J., ELENGA H., 1993 —
Le rôle des nuages dans l'évolution
des paléoenvironnements
montagnards de l'Afrique tropicale.
Veille Climatique Satellitaire,
46 : 51-63.

MALEY J., GIRESSE P., MAKAYA M.,
NGOMANDA A., OSLISLY R.,
RABENKOGO N., WHITE L.,
JOLLY D., FONTUGNE M., MOUSSA I.,
MOYERSONS J., DOUTRELEPONT H.,
STAGER C., ARIZTEGUI D.,
ANSELMETTI F., 2001 —
Paleoforga, a new research program
on the late Quaternary palaeoenvi-
ronments in Gabon, central Africa.
Congrès PAGES - PEP/3, Aix en
Provence : *Past Climate Variability
trough Europe and Africa*.
Abstract p. 117-118.

MONDJANNAGNI A., 1969 —
Contribution à l'étude des paysages

- végétaux du Bas – Dahomey. *Ann. Univ. Abidjan, série Géographie*, 1, 187 p., 1 carte h. t.
- MORLEY J.-J.,
DWORETZKY B.-A., 1993 —
« Holocene temperature patterns in the South Atlantic, Southern, and Pacific Oceans ».
In : Wright H.-E. et al. (eds) *Global climates since the Last Glacial Maximum* 125-135.
Univ. Minnesota Press.
- MULOKO N., 2001 —
Phytogéographie de Aucoumea klaineana (Burseraceae) : apport des marqueurs génétiques.
Thèse Sc. Univ. Montpellier-2.
- MULOKO N., ABERNETHY K.,
WHITE L., PETIT R., MALEY J., 1998 —
« Utilisation des marqueurs moléculaires dans la reconstitution de l'histoire de la forêt tropicale humide gabonaise : le modèle *Aucoumea klaineana* ».
In : Nasi R., Amsalle I., Drouineau S. (eds.) *Actes Séminaire Forafri*, Libreville, 8 p., Cirad-Forêt, Montpellier.
- MULOKO N., PETIT R.,
WHITE L., ABERNETHY K., 2000 —
Chloroplast DNA variation in a rainforest tree (*Aucoumea klaineana*, Burseraceae) in Gabon. *Molecular Ecology* 9 : 359-363.
- NGUETSOP F., SERVANT M.,
SERVANT-VILDARY S., 1998 —
Paléolimnologie et paléoclimatologie de l'Ouest-Cameroun au cours des 5000 dernières années, à partir de l'étude des diatomées du lac Ossa. *C.R. Acad. Sci.*, 2a, 327 : 39-45.
- OSLISLY R., 1995 —
The Middle Ogooué valley : cultural changes and palaeoclimatic implications of the last four millennia. *Azania*, 24-25 : 324-331.
- PINÇON B., 1990 —
« La métallurgie du fer sur les plateaux téké (Congo). Quelle influence sur l'évolution des paysages au cours des deux derniers millénaires ? »
In : Lanfranchi R., Schwartz D. (eds.) *Paysages Quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*, 479-492, *Mémoire Orstom*, Paris.
- REYNAUD-FARRERA I., 1995 —
Histoire des paléoenvironnements forestiers du sud-Cameroun à partir d'analyses palynologiques et statistiques des dépôts holocènes et actuels. Thèse Sc., Univ. Montpellier-2.
- REYNAUD-FARRERA I.,
MALEY J., WIRRMANN, D., 1996 —
Végétation et climat dans les forêts du Sud-Est Cameroun depuis 4770 ans BP. : Analyse pollinique des sédiments du Lac Ossa. *C.R. Acad. Sci.*, 2a, 322 : 749-755.
- RIND D., 1995 —
Drying out the Tropics. *New Scientist* 5 : 36-40.
- SAINT-VIL J., 1984 —
La grande saison sèche au Gabon. *Ann. Univ. Nat. Gabon* 5 : 107-119.
- SCHNELL R., 1946 —
Note sur le Palmier à huile, sa répartition et sa dissémination dans la région forestière. *Notes Africaines*, IFAN, Dakar 31 : 30-31.
- SCHNELL R., 1976 —
Introduction à la Phytogéographie des pays tropicaux. 3. La flore et la végétation de l'Afrique tropicale. Gauthier-Villars Publ., Paris.
- SCHWARTZ D., 1992—
Assèchement climatique vers 3000 BP. et expansion Bantu

en Afrique centrale atlantique : quelques réflexions. *Bull. Soc. géol. France* 163 : 353-361.

SOSEF M.-S., 1994 —
Refuge Begonias ; taxonomy, phylogeny and historical biogeography of *Begonia* sect. *Loasibegonia* and sect. *Scutobegonia* in relation to glacial rain forest refuges in Africa.
Wageningen Agric. Univ. Papers 94-1, 306 p.

SWAINE M.-D., 1992 —
Characteristics of dry forest in West Africa and the influence of fire.
J. Vegetation Sc. 3: 365-374.

VAN GEEL B., VAN DER PLICHT J., KILIAN M.-R., KLAVER E.-R., KOUWENBERG J.-H., RENSSSEN H., REYNAUD-FARRERA I., WATERBOLK H.-T. 1998, —
The sharp rise of 14C ca. 800 cal. BC : possible causes, related climatic teleconnections and the impact on human environments.
In : Mook W.-G., Van der Plicht J. (eds.) *Radiocarbon* 40 : 535-550.

VANSINA J., 1990—
Paths in the rainforests. Towards a history of political tradition in equatorial Africa.
Wisconsin Univ. Press.

VINCENS A., ELENGA H., SCHWARTZ D., DE NAMUR C., BERTAUX J., FOURNIER M., DECHAMPS R., 2000 —
« Histoire des écosystèmes forestiers du Sud-Congo depuis 6 000 ans ».

In : Servant M., Servant-Vildary S. (eds) *Dynamique à long terme des Ecosystèmes forestiers intertropicaux*, 375-379.
Mémoire Unesco, Paris.

WHITE L., OSLISLY R., ABERNETHY K., MALEY J., 2000 —
« L'Okoumé (*Aucoumea klaineana*) : expansion et déclin d'un arbre pionnier en Afrique centrale atlantique au cours de l'Holocène ». *In* : Servant M., Servant-Vildary S. (eds) *Dynamique à long terme des Ecosystèmes forestiers intertropicaux*, 399-411.
Mémoire Unesco, Paris.

WOTLING G., MAHÉ G., LEBARBE L., L'HÔTE Y., 1995 —
Analyse par les vecteurs régionaux de la variabilité spatio-temporelle des précipitations annuelles liées à la mousson africaine.
Veille Climatologique Satellitaire, Lannion 52: 58-73.

YOUTA HAPPI J., HOTYAT, M.BONVALLOT J., 2000 —
« La colonisation des savanes par la forêt à l'est du Cameroun ». *In* : Servant M., Servant-Vildary S. (eds) *Dynamique à long terme des Ecosystèmes forestiers intertropicaux*, 423-427.
Mémoire Unesco, Paris.

ZEVEN A.-C., 1967 —
The semi-wild oil palm and its industry in Africa. Agricult. Research Report, 689, Wageningen Univ., 178p.