

**ANALYSE PALYNOLOGIQUE D'UNE SEQUENCE SEDIMENTAIRE
HOLOCENE A MUSISI-KARASHOMA (KIVU, R.D. CONGO).
INFLUENCES CLIMATIQUES ET ANTHROPIQUES SUR
L'ENVIRONNEMENT**

**Palynological analysis of a Holocene sedimentation sequence at
Musisi-Karashoma (Kivu, Congo)
Climatic and human effects on the environment**

M. C. MOSCOL-OLIVERA & E. ROCHE*

ABSTRACT

Pollen analyses of the sedimentary sequence of MUSISI-KARASHOMA mountain marsh (2°16'16"S, 28°39'37"E, 2200 m of altitude, 4.8 m depth) record the palaeoenvironmental and palaeoclimatic evolution of the Central Africa Western Rift region since 6500 yr. B.P.

Pollen spectra (168 taxa determined) give evidence of important changes in vegetation communities already recorded in Central Africa.

After a transitional period, before 7000 yr. B.P., a wet and warm climatic phase favoured the extension of the mountain rain forest. After a climatic deterioration (aridity peak of c. 4000 yr. B.P.), dense forest elements recolonized the landscape.

The mountain rain forest developed widely until c. 360 yr. B.P. Then, it abruptly declined probably due to human impact and also because of a new climatic deterioration, around the 16-17th centuries.

RESUME

L'analyse palynologique d'une séquence sédimentaire de 4,80 m de profondeur prélevée dans le marais de montagne de MUSISI-KARASHOMA (2°16'16"S - 28°39'37"E; 2200 m d'altitude) sur la dorsale occidentale du Lac Kivu en R.D. du Congo nous documente sur l'évolution paléoenvironnementale et paléoclimatique de la région au cours des sept derniers millénaires.

Les spectres polliniques (168 taxons polliniques identifiés) mettent en évidence plusieurs changements déjà reconnus en d'autres sites de l'Afrique Centrale.

* Service de palynologie végétale, Université de Liège, Sart-Tilman, Bat. B18, B4000, Liège, Belgique.

Après une période de transition post-tardiglaciaire antérieure à c. 7000 ans B.P., une phase climatique chaude et humide favorise l'expansion de la forêt ombrophile de montagne. A cette phase succède, vers 4000 ans B.P., un pic d'aridité favorable au développement de formations boisées secondaires puis, une recolonisation par la forêt dense.

La forêt ombrophile montagnarde connaît un développement optimum jusqu'à c. 360 ans B.P., après quoi, elle régresse brusquement. Ce phénomène, d'origine anthropique, n'exclut toutefois pas un effet cumulatif de conditions climatiques défavorables qui seraient apparues aux 16ème-17ème siècles.

INTRODUCTION

Écosystèmes continentaux très originaux, les tourbières sont formées d'hygrophytes dont la croissance, dans certaines conditions climatiques et parfois topographiques, engendre l'accumulation d'importantes quantités de matière végétale. Celle-ci, après une diagenèse modérée, biochimique et mécanique, forme la tourbe, milieu réducteur qui fossilise toutes les structures organiques qui y sont emprisonnées. DEUSE (1966) appelle "tourbes", les dépôts dont la teneur en matière organique égale ou dépasse 60% du poids sec. La formation de tourbe nécessite deux bilans excédentaires: celui de la matière organique, dont la production doit l'emporter sur la décomposition et celui de l'eau, car le sol, malgré l'évapotranspiration, doit rester engorgé.

Le macroclimat est donc le facteur essentiel de la turbification: quand le bilan précipitations-évapotranspiration est positif, les tourbières apparaissent dès que la température permet l'établissement d'une végétation dense, piège à pollen et à spores particulièrement efficace. Il s'agit alors de tourbières ombrogènes, comme celles qui se forment, par exemple, dans les régions de haute montagne de l'Afrique Centrale, au-dessus de 1600-1700 m, du fait de la diminution de la température avec l'altitude (DEUSE, 1966). Au-dessous de cette limite altitudinale, les tourbières ne se forment qu'à la suite de circonstances exceptionnelles. Un faible déficit de pluviosité est localement compensé s'il existe des vallées marécageuses rassemblant les eaux: il s'agit alors des tourbières topogènes.

Les dépôts que l'on trouve dans les zones marécageuses ne sont pas seulement des tourbes, mais parfois des "sols organiques", contenant de 30 à 60% de matières organiques, et pouvant être juxtaposés à la tourbe, comme dans le cas de nombreux marais aux abords du Lac Kivu où les critères de différentiation ne sont pas faciles à appliquer dans la pratique (NTAGANDA, 1991; VILIMUMBALO, 1993). Quoi qu'il en soit, l'analyse palynologique de tous ces dépôts sédimentaires a fourni des informations intéressantes sur l'histoire de la végétation et sur l'évolution du climat au Quaternaire supérieur.

Spécifiquement en Afrique, depuis quelques dizaines d'années, des approches palynologiques, complémentaires d'études géologiques, sédimentologiques, géomorphologiques et paléolimnologiques ont conduit à retracer un schéma général de l'évolution du paléoenvironnement et du paléoclimat sur le continent africain durant les cinquante derniers millénaires.

Les travaux palynologiques sur l'Afrique Centrale ont permis de conclure à l'existence d'une période xérique dans cette région entre 50000 et 15000 B.P. au cours de laquelle l'extension des forêts claires et des savanes atteint son maximum au nord et au sud de la cuvette congolaise. Ensuite, entre 12000 et 5000 B. P. une phase chaude et humide a favorisé une large progression de la forêt dense. Le retrait de cette dernière depuis 2000 ans est principalement dû à l'action humaine (ROCHE, 1979).

L'évolution du paléoenvironnement quaternaire dans les hautes terres montagneuses bordant le Rift Est Africain a été l'objet de plusieurs travaux palynologiques (BONNEFILLE, 1987; BONNEFILLE & RIOLLET, 1988; BONNEFILLE *et al.*, 1991; ROCHE *et al.*, 1988; ROCHE, 1991; MARCHANT *et al.*, 1997).

Dans le cas du bassin du lac Kivu, mis à part les approches paléolimnologiques qui ont abouti à établir des fluctuations paléoclimatiques lacustres, les recherches palynologiques approfondies fournissant des données paléoenvironnementales ne sont pas nombreuses (VILIMUMBALO, 1993 et 1995), surtout pour la partie Ouest du Rift.

L'étude palynologique d'une séquence sédimentaire du marais de Musisi-Karashoma constitue une modeste contribution à la connaissance du paléoenvironnement holocène des hautes terres montagneuses de la dorsale occidentale du lac Kivu, qui complètera les études morpho-pédologiques et sédimentologiques (RUNGE & RUNGE, 1995) ainsi que l'analyse phytolithique (RUNGE & RUNGE, 1998) déjà effectuées dans cette zone de refuge forestier pleistocène.

CONTEXTE GÉNÉRAL DE LA RÉGION

SITUATION GEOGRAPHIQUE ET TOPOGRAPHIE

Le territoire de la République Démocratique du Congo (ex. Zaïre) se situe en Afrique Centrale où il occupe une superficie de 2 345 410 km².

La région du Kivu se trouve à l'Est du pays et est bordée sur son flanc oriental par le lac du même nom (fig. 1).

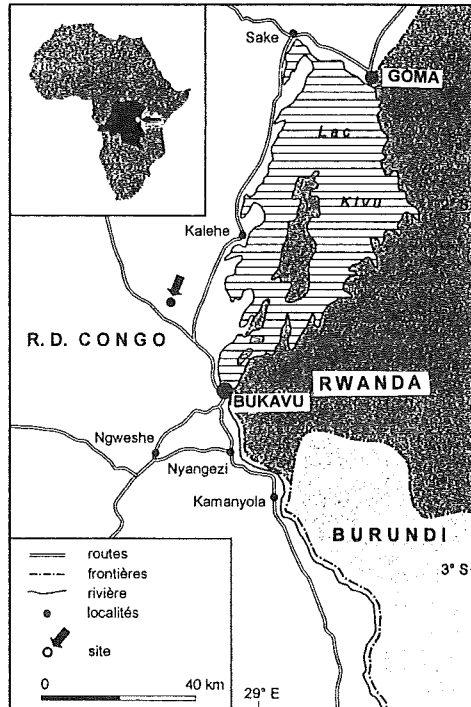


Fig. 1. - Situation de la région étudiée.

La topographie de cette région est dominée par la dorsale du Kivu qui fait partie de la chaîne montagneuse des Mitumba, bordière du graben suivant une direction méridienne. Elle culmine à 3308 m d'altitude au Mont Kahuzi. Le relief est affecté par des failles qui donnent un paysage de plateaux en gradins, disséqués par un réseau fluvial particulièrement dense. Les vallées y présentent par endroits, un aspect sénile donnant lieu à la formation de marécages dont certains ont évolué en tourbières (ILUNGA, 1991).

GEOLOGIE

La géologie de la région du Kivu est marquée par la présence de roches appartenant à deux formations géologiques d'âge différent: la formation du vieux socle précambrien et celle du Cénozoïque. Les roches du soubassement précambrien appartiennent à deux entités lithostratigraphiques:

a.- Le Ruzizien (2500-2000 M. A.)

Ce groupe est formé par des roches cristallophylliennes qui affleurent au N-W et au S-W du lac Kivu, ainsi qu'à l'ouest du Massif Kahuzi-Biéga. On y trouve des granites intrusifs associés.

b.- Le Burundien (2100-1300 M.A.)

Groupe constitué par des grès-quartzitiques, des schistes, des conglomérats, des micaschistes et des gneiss. Il se superpose en discordance au Ruzizien.

Les roches cénozoïques sont essentiellement composées de roches volcaniques (des basaltes, assez répandus, et des trachytes, localisés), d'altérites et d'alluvions relativement récentes.

Du Paléozoïque au Tertiaire, le vieux bouclier a été arasé et pénéplané. Il a, par la suite, subi d'amples mouvements tectoniques qui l'ont fracturé pour donner naissance au Rift centrafricain dont le fond est occupé par une série de lacs (ILUNGA, 1991; LEPERSONNE, 1974).

CLIMAT

Bien que la région soit située dans le domaine équatorial, son climat est profondément modifié par certains facteurs géographiques et physiographiques: deux chaînes de montagnes parallèles (dorsale du Rwanda et dorsale du Kivu) situées de part et d'autre du fossé tectonique; deux courants aériens, l'alizé boréal et l'alizé austral et l'étendue lacustre.

Le taux de précipitations annuelles varie en fonction de l'élévation du relief et de l'exposition des versants vis-à-vis des flux aériens. Pour le site du sondage, elles atteignent les 2000 mm par an.

La température moyenne annuelle varie entre 20°C et 14°C, avec toutefois une amplitude journalière considérable. Elle diminue avec l'altitude en définissant sur les versants de la dorsale diverses zones climatiques allongées, plus ou moins parallèles aux courbes de niveau.

Le climat du site du sondage est de type Cf, d'après la classification de KÖPPEN, c'est-à-dire qu'il correspond à une région où la température moyenne diurne du mois le plus froid descend au-dessous de 18°C, mais reste cependant supérieure à -3°C et où en même temps la cote udométrique du mois le plus sec est supérieure au dixième du total des pluies recueillies au cours du mois le plus pluvieux (BULTOT, 1950).

VEGETATION ACTUELLE

Le site du sondage concerné par cette étude se trouve dans le Parc National de Kahuzi-Biéga, une zone de refuge forestier pléistocène qui détient un haut degré d'espèces endémiques afromontagnardes (environ 40%). Un total de

1172 espèces de plantes vasculaires, parmi lesquelles 37 localement endémiques, et 413 bryophytes ont été inventoriées. A côté des éléments afromontagnards, des espèces guinéo-congolaises des terres de basse altitude sont fréquemment présentes. Il est possible d'observer des ceintures altitudinales de végétation. Les parties les plus basses sont couvertes par la forêt dense humide entre 750 et 1300 m d'altitude. Ensuite une forêt de transition est présente entre 1300 et 1700 m. La forêt de montagne la plus basse se développe entre 1700 et 2400 m et une zone à bambou avec une forêt dispersée à *Podocarpus* entre 2400 et 2700 m. La ceinture à *Ericaceae* est située dans les Mont Biéga et Kahuzi, entre 2700 et 3200 m. Au-dessus des 3200 m un subparamo (domaine afro-alpin) est présent au sommet du Mont Kahuzi (fig. 2, FISCHER, 1996).

Les formations végétales que l'on rencontre dans la région, selon les travaux de PECROT & LEONARD (1960), LEBRUN (1935; 1936) et WHITE (1986) sont les suivantes:

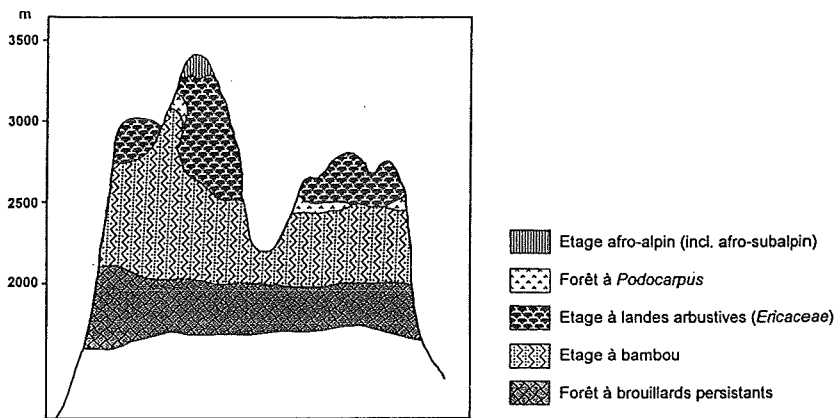


Fig.2. - Etages altitudinaux de la végétation au mont Kahuzi (d'après E.Fischer, 1996).

Forêt ombrophile à *Gilbertiodendron* et *Uapaca*

Il s'agit d'îlots d'une forêt sempervirente de basse altitude (maximum 1000 m) où l'un des deux genres cités ci-dessus est toujours dominant. La monospécificité répond, dans le cas de *Uapaca*, à des exigences édaphiques de marécage.

Forêt secondaire de basse altitude

Peu étendue, elle se trouve sur des terres autrefois cultivées aux sols bien drainés. Les espèces dominantes sont toutes héliophiles et en général à large distribution, comme les pionnières *Harungana* et *Trema* auxquelles succèdent

souvent *Musanga cecropioides*, *Macaranga monandra*, *Macaranga spinosa* et *Croton haumanianus*.

Forêt dense de montagne

Exigeant de l'humidité presque ininterrompue, cette formation floristiquement complexe s'étale jusqu'à 2500 m d'altitude et pourrait descendre jusqu'à 1200 m. La présence de fougères arborescentes (*Cyathea*) et de conifères (*Podocarpus*) y est caractéristique et la strate supérieure atteint les 25 à 45 m.

En fonction des conditions de température et d'humidité qui varient avec l'altitude, on peut distinguer trois horizons forestiers:

a.- Horizon inférieur: de 1300 à 1800 m d'altitude

Correspond à l'étage de la forêt de basse montagne (futaie à sous-bois dense; PECROT & LEONARD, 1960) ou forêt de transition (LEBRUN, 1935; 1936).

Primitivement, cette forêt servait de lien entre la forêt ombrophile planitiaire et divers types de forêt afromontagnarde, mais étant donné sa destruction massive, il n'existe aujourd'hui que des vestiges de ces soudures. Elle présente un mélange d'espèces qui se substituent d'une façon complexe selon l'altitude. Parmi ces espèces on y trouve: *Syzygium staudtii*, *Syzygium cordatum*, *Newtonia buchananii*, *Albizia gummifera*, *Lebrunia bushaie* et *Zanthoxylum mildbraedii*.

Cette formation peut s'associer à la forêt secondaire de montagne lors de la descente de celle-ci au-dessous de 1750 m d'altitude.

b.- Horizon moyen: de 1800 à 2100 m d'altitude

Correspond à la forêt de moyenne montagne où abondent les épiphytes et se développent la plupart des espèces arborescentes. Ces dernières nécessitent des précipitations élevées et une température moyenne de 15° à 16°C. On y retrouve *Ekebergia ruppeliana*, *Fagara beniensis*, *Olea hochstetteri*, *Parinari holstii*, *Podocarpus milanjanus* et *Myrica salicifolia*, parmi d'autres.

c.- Horizon supérieur: 2100 à 2400 m d'altitude

Correspond à la forêt de haute montagne à *Podocarpus*. La température moyenne n'y dépasse pas les 13°C et l'humidité atmosphérique se manifeste sous forme de pluies fines et de brouillards persistants. La composition floristique est constituée notamment de *Podocarpus falcatius*, *Olea hochstetteri*, *Strombosia scheffleri*, *Afrocrania volkensii*, *Maytenus acuminatus* et *Myrica salicifolia*.

Dans les horizons moyen et inférieur qui sont actuellement fortement secondarisés l'on retrouve des espèces de substitution comme: *Macaranga neomildbraediana*, *Polyscias fulva* et *Dombeya torrida* subsp. *torrida*.

Forêt secondaire de montagne à *Macaranga* et *Hagenia*

Elle constitue un stade dégradé de la forêt ombrophile de montagne sensu stricto. Aux altitudes supérieures à 1800 m, cette formation est peuplée d'espèces héliophiles, à croissance rapide, avec *Macaranga neomildbraediana* comme taxon dominant.

Localement, *Hagenia abyssinica* peut former un peuplement monotypique, associé parfois à *Hypericum revolutum*. *Hagenia abyssinica* peut se mêler aux arbres ou arbustes du recru dans les jachères. Il y revêt souvent un caractère grégaire, et finit par y créer des "parcs".

Ces formations secondarisées peuvent côtoyer une progression de la forêt de transition.

Forêt mixte à bambou avec *Polyscias* et *Hagenia*

Il arrive qu'à l'intérieur de la bambousaie se glissent, par bouquets, quelques espèces de l'horizon forestier secondaire sous-jacent, qui s'installent dans les endroits découverts suite à la mort des bambous. C'est le cas de *Polyscias fulva*, qui domine dans les forêts secondaires aux altitudes supérieures à 2000 m et de *Hagenia abyssinica*. On peut y trouver aussi *Dombeya torrida* subsp. *torrida*, *Ilex mitis*, *Pygeum africanum*, *Afrocrania volkensii* et de jeunes *Podocarpus*.

Forêt à bambou

Elle se situe là où un certain caractère de sécheresse se manifeste, entre 2200-2400 et 2600-2700 m d'altitude et s'étend même jusqu'à 3000 m sur le Mont Kahuzi. Il s'agit d'une formation très dense, formée de grands bambous (*Arundinaria alpina*) qui peuvent atteindre jusqu'à 20 m de hauteur et 25 cm de diamètre. Dans le sous-bois règne une demi-obscurité, peu favorable au développement d'une strate inférieure dont le recouvrement ne dépasse jamais 15 à 20%.

Formations à *Ericaceae*

Ce type de végétation se situe entre 2600 et 3800 m d'altitude. Il est formé de bruyères arborescentes de 8 à 10 m de haut à *Erica arborea*, *Erica bequaertii* et *Philippia johnstonii* dominant une strate muscinale de *Sphagnum*. La végétation herbacée et ligneuse de petite taille alterne avec la bruyère basse selon les conditions locales et la qualité de l'ensoleillement. Sur le Kahuzi, il semble que la formation à *Ericaceae* montre un taux de recouvrement d'environ 80%.

Marais à *Cyperaceae*

A côté de *Cyperus latifolius*, dont le taux de recouvrement dépasse souvent 90% et qui peut atteindre 1,50 m de hauteur, on y rencontre *Impatiens irvingii*, *Polygonum strigosum* et *Alchemilla mildbraedii*.

INFLUENCE HUMAINE

A l'ouest de la Dorsale du Kivu, dans la grande forêt, la densité de population est particulièrement basse. Toutefois, dans les zones environnantes, l'occupation humaine a réduit les surfaces occupées par les milieux naturels. Elle a contribué, par exemple, à l'uniformisation de la végétation de certains marais puisque les plantes herbacées de grande taille sont utilisées pour la confection des toitures, (PECROT & LEONARD, 1960).

Dans plusieurs endroits, la zone altitudinale inférieure de la forêt dense de montagne est fortement dégradée ou a complètement disparu sous l'effet des défrichements et du pâturage (DEVRED, 1958).

Aux alentours immédiats du lac Kivu, le paysage est dominé par la présence de nombreuses cultures (bananier, haricot, patates douces, pommes de terre, etc.) entrecoupées par des lambeaux de jachères, qui ont tendance à évoluer en savanes herbeuses. Ces dernières sont le stade d'aboutissement de la secondarisation des terroirs occupés autrefois par la forêt, (PECROT & LEONARD, 1960).

Actuellement, les savanes anthropiques sont souvent plantées d'essences exotiques (principalement *Eucalyptus*), qui ne favorisent pas nécessairement la conservation du sol.

Le parc de Kahuzi-Biéga est menacé par l'agriculture intensive, la coupe d'arbres, la chasse, la recherche de minéraux, différentes activités de récolte et le trafic. (FISCHER, 1996).

SONDAGE DE MUSISI-KARASHOMA

SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le sondage de Musisi-Karashoma (coordonnées 2°16'16"S /28°39'37"E) est situé en pleine forêt de montagne dans le parc de Kahuzi-Biéga à une altitude de 2200 m. Ce marais, ancien lac, est colonisé par une végétation paludicole composée principalement de *Cyperus* spp. associé à d'autres espèces de marécage, qui sont à l'origine de la couche de surface formée de plantes mortes mal décomposées qui peut atteindre de 50 à 70 cm d'épaisseur .

Les pentes bordières immédiates du site portent une forêt secondaire et aux alentours, dans la partie NW , on y trouve des plantations d'*Eucalyptus*.

DESCRIPTION DE LA SEQUENCE

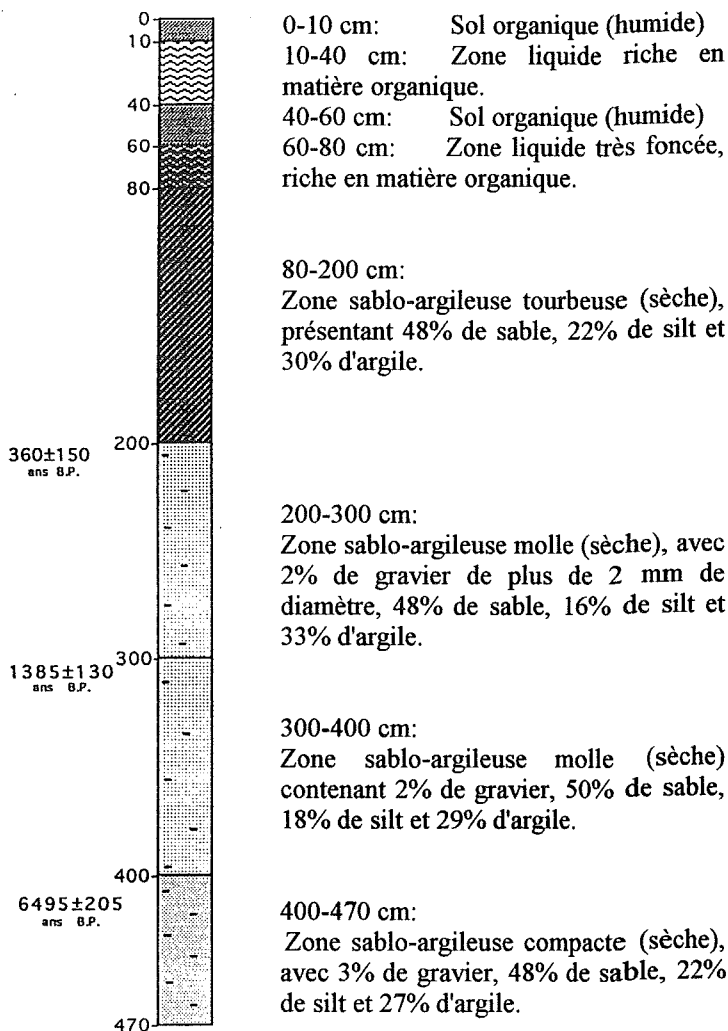


Fig.3. - Profil sédimentaire du sondage de Musisi Karashoma.

Source: travail sur le terrain, juillet 1994, J. RUNGE, Université de Paderborn.

OBJET DU TRAVAIL

Le but principal du travail a été de reconstituer l'évolution du paléoenvironnement holocène de la région forestière du Kivu sur base de l'analyse palynologique de la séquence de Musisi-Karashoma.

MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL

Sondage

Une sonde manuelle de type "Piston Core Sampler" fabriqué par EIJKEKAMP aux Pays-Bas a été utilisée lors du travail sur le terrain. La séquence relevée est de 4,80 m, profondeur à laquelle la résistance du dépôt n'a plus permis la progression de la sonde.

Echantillonnage

Le prélèvement d'au moins 3 cm³ de sédiment a été effectué tous les 10 cm, sauf dans les zones liquides de la séquence où la consistance du matériel ne se prêtait pas à l'échantillonnage et aurait pu fournir des informations peu fiables à cause des remaniements.

Datations

Les datations radiocarbone (C^{14}) de trois échantillons ont été effectuées par le laboratoire Niedersaechsisches Landesamt fuer Bodenforschung du Prof. Dr. M. GEYH à Hannover, Allemagne.

Tab.I. - Résultats obtenus par les datations au C^{14} .

Echantillon N°	Matériel daté	Profondeur (cm)	N°d'enregistrement du labo.	Datation (ans B.P.)
237	Feuilles et fibres végétales de <i>Cyperaceae</i>	200-210	Hv 20282	360±150
247	Bois (fibres)	300-310	Hv 20283	1385±130
258	Bois	410-420	Hv 20284	6495±205

Traitement des échantillons

Le traitement des échantillons a été effectué dans le laboratoire de Palynologie de l'Université de Liège (24 échantillons) et dans le laboratoire de Lehrstuhl II für Geographie de l'Université de Bamberg, Allemagne (13

échantillons).

Vu la nature du matériel (tourbeux et pauvre en éléments minéraux), on a effectué un traitement au KOH, basé notamment sur la méthode proposée par VAN CAMPO, suivi d'une acétolyse (méthode d'ERDTMAN).

Détermination et comptage des pollens

La détermination des pollens a été réalisée à partir des illustrations d'atlas et de publications palynologiques sur l'Afrique, dont ceux de l'ASSOCIATION DES PALYNOLOGUES DE LANGUE FRANÇAISE (1974), BONNEFILLE (1972), BONNEFILLE & RIOLLET (1980), CERCEAU-LARRIVAL & HIDEUX (1983), YBERT (1979), EL GHAZALI (1993), MALEY (1970) et SALARD-CHEBOLDAEFF (1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986 et 1987). En même temps on a utilisé les lames de référence des pollens de la région du Sud Kivu issues de l'étude de VILIMUMBALO (1993) et celles de la flore de l'Afrique Centrale montées par ROCHE et déposées au Musée Royal de l'Afrique Centrale à Tervuren ainsi que certaines compilations photographiques non publiées sur la région.

Malgré tout, vu l'exceptionnelle richesse microfloristique de la zone d'étude, un certain nombre de pollens restent non identifiés. Ceux-ci ont été classés dans le groupe des indéterminés.

Le comptage des pollens a été effectué sur un microscope Olympus BH2 sous objectif 50x à immersion. Pour chaque lame, un minimum de 500 grains de pollen a été compté (mis à part le groupe des *Cyperaceae* et les spores), sauf pour les cas rares de lames moins riches où le total pollinique est inférieur à ce nombre en dépit d'un balayage complet de la lame.

Simultanément, les pollens de *Cyperaceae*, souvent surreprésentés dans les spectres polliniques, ont été comptés jusqu'au nombre de 200 et puis estimés, après calcul, à partir du total de tous les autres pollens comptés.

Présentation et traitement des données

Les données résultant de cette étude sont présentées comme suit:

Une liste des taxons polliniques identifiés dans l'analyse du sondage et groupés selon les types de végétation qu'ils représentent, tels que décrits dans les ouvrages de botanique relatifs à la région: Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi (1948), PECROT & LEONARD (1960), TROUPIN (1978, 1983, 1985, 1988) et FISCHER (1996).

Un diagramme pollinique condensé, qui permet une visualisation d'ensemble plus claire de l'évolution des différents types de végétation et facilite son découpage en zones polliniques. Ce graphique résulte d'une analyse basée sur un regroupement des taxons polliniques en assemblages représentatifs des groupements végétaux qui caractérisent les zones montagneuses de la Dorsale

congolaise du Kivu:

- a) Formation afro-alpine et afro-subalpine
- b) Forêt ombrophile de montagne
- c) Forêt mésophile ou secondaire de montagne/ Forêt de transition
- d) Milieu ouvert de type savane
- e) Milieu marécageux
- f) Divers
- g) Indéterminés

Dans ces différents groupements ont été reconnus les taxons suivants :

a.- *Formation afro-alpine et afro-subalpine*

- *Ericaceae**
- *Alchemilla*
- *Lobelia*
- *Hypericum*

b.- *Forêt ombrophile de montagne*

- *Podocarpus**
- *Alchornea*
- *Apodytes*
- *Canthium*
- *Cassipourea*
- *Diospyros*
- *Eugenia*
- *Ficalhoa*
- *Ilex*
- *Meliaceae*
- *Newtonia*
- *Olea*
- *Parinari*
- *Prunus*
- *Psychotria*
- *Sapium*
- *Sapotaceae*
- *Strombosia*
- *Symphonia*
- *Syzygium*

c.- *Forêt mésophile ou secondaire de montagne/ Forêt de transition*

- *Hagenia**
- *Macaranga**

- Type *Lebrunia**
- *Afrocrania*
- *Bridelia*
- *Celtis*
- *Dombeya*
- Type *Croton*
- *Harungana*
- *Leea*
- *Maesa*
- *Maytenus*
- *Myricaceae*
- *Pavetta*
- *Phyllanthus*
- *Polyscias*
- *Rumex*
- *Trema*
- *Albizia*

d.- Milieu ouvert de type savane

- *Gramineae**

- Ligneux: - *Anacardiaceae*
 - *Antidesma*
 - *Bignoniaceae*
 - *Cassia*
 - *Erythrina*
 - *Hymenocardia*
 - *Kotschya*
 - *Lonicera*
 - *Pappea*
 - *Proteaceae*
 - *Zanthoxylum*
- Herbacées: - *Cissus*
 - *Convolvulaceae*
 - *Crotalaria*
 - *Ipomoea*
 - *Vigna*

e.- Milieu marécageux

- *Cyperaceae**
- *Haloragaceae*
- *Hygrophyla*
- *Impatiens*
- *Oenotheraceae*
- *Polygonaceae*
- *Potamogeton*

- *Typha*
- *Utricularia*

f.- Divers

Taxons ubiquistes à écologie variable:

- *Compositae**
- "Divers":
 - *Allophylus*
 - *Amaranthaceae*
 - *Burmaniaceae*
 - *Capparidaceae*
 - *Caryophyllaceae*
 - *Clematis*
 - *Combretaceae*
 - *Cruciferae*
 - *Cucurbitaceae*
 - *Euphorbiaceae*
 - *Flacourtiaceae*
 - *Jasminum*
 - *Labiatae*
 - *Liliaceae*
 - *Loranthaceae*
 - *Polygala*
 - *Pycnanthus*
 - *Rosaceae*
 - *Rubiaceae*
 - *Tiliaceae*
 - *Umbelliferae*
- "Varia": regroupe tous les "cf.".

(*) = taxon(s) considéré(s) comme le(s) plus représentatif(s) des ensembles précités.

ANALYSE POLLINIQUE DESCRIPTION DU DIAGRAMME (Fig.4)

Suite au regroupement des taxons polliniques en assemblages représentatifs des groupements végétaux qui caractérisent la région montagneuse de la Dorsale Congolaise du Kivu , quatre zones polliniques ont été mises en évidence. Elles sont décrites dans le sens de la dynamique végétale, de la base au sommet du sondage.

ZONE I.: -470 à -410 cm

Cette zone qui traduit l'expansion des formations forestières afro-montagnardes a été subdivisée en 3 subzones:

subzone a: -470 à -460 cm

Durant cette période, on constate une progression des taxons de la forêt ombrophile de montagne en même temps qu'un recul de la forêt secondaire. De même, l'amorce d'une expansion des formations à *Ericaceae* se précise.

subzone b: -460 à -430 cm

Au cours de cette phase, la remontée des *Ericaceae* ainsi que celle des autres taxons afro-alpins tels que *Hypericum*, *Alchemilla* et *Lobelia* aboutit à leur extension maximale. Les fréquences des taxons ombrophiles oscillent, atteignant d'abord un pic à -455 cm pour reculer à -445 cm et reprendre ensuite une nette remontée. Cette même tendance est suivie par les *Cyperaceae* et s'oppose à celle des *Gramineae*.

subzone c: -430 à -410 cm

Dans cette subzone pour laquelle on dispose d'une datation C¹⁴ 6495±205 ans B.P) à -415 cm, on observe un pic de la forêt ombrophile de montagne dont *Ilex* est le taxon dominant. Les taxons à tendance mésophile ou secondaire comme *Hagenia* et *Macaranga* sont peu représentés dans le milieu forestier sauf en fin de période où l'on remarque la progression d'un ensemble boisé plus hétérogène au détriment de la forêt dense.

ZONE II: -410 à -330 cm

Dans cette période, l'évolution de la végétation se réalise en trois phases:

subzone a: -410 à -360 cm

On remarque ici une poussée d'une formation boisée hétérogène où *Hagenia* et le taxon type *Lebrunia* dominant. Ce pic correspond à une chute brusque des taxons de la forêt ombrophile de montagne et à un recul suivi d'une reprise pour les espèces afro-alpines et les *Cyperaceae*.

subzone b: -360 à -340 cm

On assiste à ce niveau à une nouvelle progression des taxons afromontagnards, plutôt légère pour la végétation afroalpine et plus sensible pour

SONDAGE DE MUSISI- KARASHOMA (Altitude: 2200 m)

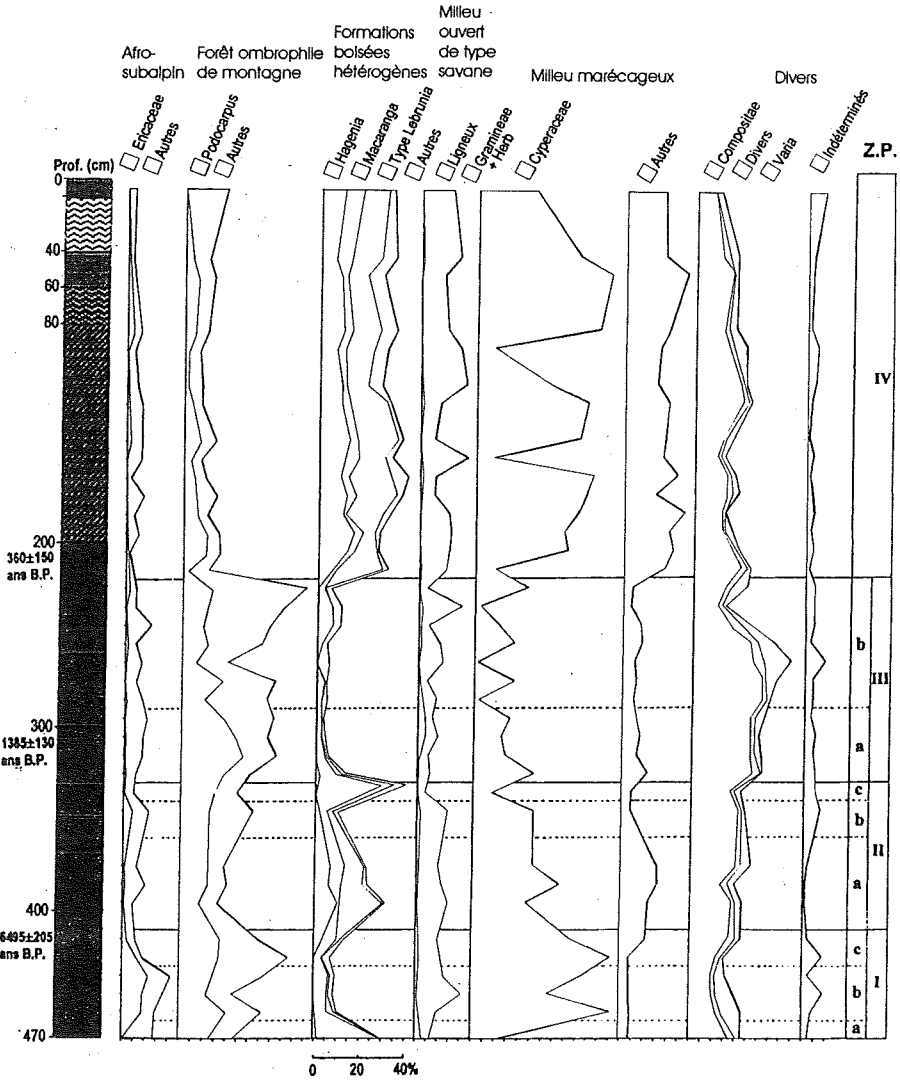


Fig.4. - Diagramme pollinique du sondage de Musisi-Karashoma.

la forêt ombrophile, où *Olea*, *Ilex* et *Syzygium* occupent une place prépondérante. Parallèlement, la forêt secondaire régresse dans son ensemble.

subzone c: -340 à -330 cm

La très grande extension de *Macaranga* constitue l'événement écologique le plus marquant de cette subzone, bien que les fréquences des autres éléments de la forêt secondaire restent faibles et que la tendance de cette dernière est manifestement régressive. On constate aussi un léger recul de la forêt dense.

ZONE III: -330 à -220 cm

C'est une période d'expansion importante de la forêt ombrophile de montagne, parallèle à un recul maximal des taxons de la forêt secondaire et du marécage, qui se subdivise en deux phases majeures:

subzone a: -330 à -290 cm

Cette subzone se caractérise par un développement marqué de *Podocarpus*, qui domine les autres taxons ombrophiles. En même temps on remarque une poussée des taxons afro-subalpins et un recul sensible des espèces mésophiles.

Pour cette subzone, la datation C¹⁴ effectuée à 305 cm de profondeur correspond à 1385 ± 130 ans B.P.

subzone b: -290 à -220 cm

L'assemblage pollinique représentatif de la forêt ombrophile de montagne atteint ici sa fréquence maximale de toute la séquence; il est également plus diversifié. *Podocarpus* n'y occupe plus la place dominante; les genres *Ilex*, *Olea* et *Syzygium* sont les plus fréquents au sein d'un ensemble où sont régulièrement présents *Alchornea*, *Apodytes*, *Canthium* et divers types de *Meliaceae*. Par ailleurs, on constate un pic de *Gramineae* (*Arundinaria* ?) à 235 cm de profondeur.

ZONE IV: -220 à -5 cm

Cette zone est marquée par un regain forestier des formations secondaires et de transition à dominance de *Hagenia* et du taxon type *Lebrunia* qui prennent le dessus sur la forêt ombrophile de montagne, en nette régression.

Dans la séquence étudiée, c'est à partir de 360 ± 150 ans B.P., que la sécondarisation du milieu s'accroît et que simultanément commence une extension considérable du marécage.

INTERPRETATION ET DISCUSSION EVOLUTION DE LA VEGETATION D'APRES LE DIAGRAMME POLLINIQUE

L'analyse du diagramme pollinique met en évidence divers épisodes marquants de l'histoire paléoécologique du site de Musisi-Karashoma au cours d'une partie de l'Holocène.

La zone I révèle l'évolution du milieu montagnard pour une période antérieure à 6500 ans B.P. D'abord méso-ombrophile à influence afro-alpine, la forêt prend ensuite un aspect nettement ombrophile, attestant l'évolution du climat d'un stade de transition plutôt froid et sec vers une situation plus chaude et plus humide.

Malgré la progression enregistrée par la forêt ombrophile de montagne et le recul marqué de la forêt secondaire, l'optimum chaud et humide de c. 6000 ans B.P. reconnu ailleurs dans les régions montagneuses bordières du rift (ROCHE *et al.*, 1988) ne semble pas atteint ici; la présence marquée de *Podocarpus* dans l'assemblage pollinique révélant la persistance de conditions climatiques assez fraîches entretenues par des brouillards.

A cette phase succède un important recul de la forêt dense de montagne, concomitant d'une régression des *Cyperaceae* et d'une poussée de formations boisées hétérogènes. Ce phénomène serait révélateur d'une dégradation climatique (pic d'aridité) semblable à celle observée ailleurs vers 4000 ans B.P. dans le fossé central africain (ROCHE *et al.*, 1988). Durant cette période, la température a dû connaître un certain recul comme le laisse supposer la place prépondérante prise par *Hagenia* et les *Guttiferae* de type *Lebrunia* au sein des groupements forestiers. Ce dernier taxon, élément des forêts de transition occidentales entre 1300 et 1800 m d'altitude aurait trouvé refuge à des altitudes plus élevées tandis que la descente de *Hagenia* à flanc de montagne aurait été favorisée par des conditions plus froides et plus sèches.

A la suite de cet événement, la composante ombrophile réoccupe progressivement le terrain au détriment des taxons mésophiles, ce qui soulignerait que la détérioration climatique s'atténue et que le climat évolue vers un stade de réchauffement sous atmosphère plus humide. Vers la fin de la zone pollinique II, l'importance marquante prise par *Macaranga* à -335 cm, contrecarre la tendance régressive des taxons mésophiles. Cette situation correspondrait à une pulsation climatique sèche reconnue au Rwanda c. 1600-1500 B.P., laquelle a cumulé ses effets à ceux d'une activité anthropique intense à l'époque dite de l' "Age du Fer Ancien" (ROCHE, 1996). Ce phénomène climatique, éventuellement associé à une activité humaine, bien qu'il n'y ait pas d'occupation spécifiquement signalée dans la zone d'étude, aurait pu provoquer un léger recul de la forêt ombrophile à MUSISI, favorisant temporairement la

progression de *Macaranga*, taxon héliophile et pionnier aux alentours du marécage.

Après cet événement et alors que le climat semble s'humidifier, on constate une progression des éléments ombrophiles en deux phases, tandis que les éléments mésophiles sont en nette régression. Au cours de la première phase, vers 1400 ans B.P. (C^{14} : 1385 ± 130 ans B.P.), le climat est encore relativement froid comme le souligne la présence dominante de *Podocarpus* (subzone III-a) au sein de la forêt dense, de même que *Hypericum* à l'étage afro-subalpin. Pendant la seconde phase un réchauffement progressif ferait remonter le *Podocarpus* en altitude, cédant la place à la forêt de montagne d'altitude moyenne, floristiquement plus diversifiée (subzone III-b).

Dans la partie supérieure de la séquence (Zone pollinique IV), où des conditions climatiques proches des actuelles sont favorables à un développement du milieu forestier, il est évident que la forêt de montagne commence à subir les effets de l'anthropisation, provoquant une grande expansion de *Hagenia*.

L'extension de *Hagenia* aux altitudes moyennes dans les régions montagneuses d'Afrique centrale et orientale relève de deux effets distincts qui, dans certains cas, peuvent être cumulatifs.

Hagenia est une espèce orophile qui, en haute altitude (2600-3000 m) forme des forêts parcs dans un étage à *Hagenia-Hypericum*. A l'état naturel, *Hagenia* peut être considéré comme un indicateur de la limite supérieure forestière. A cet égard, sa présence à plus basse altitude est le fait d'une migration descendante des étages de végétation lors d'un refroidissement climatique.

Entre 2600 et 2200 m et même jusqu'à 1800 m, *Hagenia*, genre héliophile plutôt mésophile qu'ombrophile, peut aussi occuper des zones de clairières secondaires. Sa présence à ces altitudes résulte alors d'un effet anthropique engendrant une secondarisation du milieu.

Dans le cas présent, les deux phénomènes, climatique et anthropique peuvent être considérés comme concomitants: le retrait de la forêt ombrophile, effet de l'anthropisation, a dégagé des espaces libres favorables à la progression de *Hagenia* mais conjointement, comme l'indique la datation à -205 cm (360 ± 150 ans B.P.) celle-ci pourrait aussi être un effet du "Petit Age Glaciaire", responsable au cours des derniers siècles d'une avancée des glaciers sur les hautes montagnes d'Afrique orientale.

Les conditions climatiques froides et sèches résultant de cette réactivation glaciaire auraient, par ailleurs, été responsables, notamment aux 16e et 17e s., de famines, en région interlacustre, ainsi que le rapporte la tradition orale (J. VAN SINA, communication orale).

L'effet de cette dégradation climatique semble confirmé par la progression du genre *Lebrunia*, simultanée à celle de *Hagenia*. *Lebrunia*, composante des forêts de transition de basse altitude (1300-1800 m) aurait pu trouver refuge dans des zones de moyenne altitude pendant cette période de péjoration climatique.

L'ouverture du milieu caractérisant la zone IV se traduit aussi par l'extension du marécage à *Cyperaceae*.

Au sommet de la séquence, un regain de la forêt ombrophile diversifiée se manifeste quelque peu, attestant un retour à des conditions plus favorables à son développement.

CONCLUSIONS GENERALES

Dans la séquence, on reconnaît les principales phases d'évolution paléoenvironnementale et paléoclimatique reconnues en différentes régions du rift occidental:

L'optimum chaud et humide (c. 6000 ans B.P.) responsable de l'expansion maximale de la forêt ombrophile de montagne est suggéré (mais ne semble pas atteint) dans la zone I du diagramme. Un arrêt de la sédimentation tourbeuse associé à un développement lacustre du à un ennoyage du marais lié à une pluviosité accrue pourrait en être la cause.

La **péjoration climatique** de c. 4000 B.P. apparaît dans la zone II ainsi que la recolonisation du milieu par la forêt dense après cette phase.

La progression de la forêt ombrophile reconnue dans la zone III correspond à celle observée au Rwanda dans les Birunga et en forêt de Nyungure au cours du premier millénaire A.D. (ROCHE, sous presse).

L'anthropisation qui apparaît brusquement à c. 360 B. P. trouve son équivalent dans les séquences de Kalwira et Mugera étudiées par VILIMUMBALO (1993) où elle commence plus tôt (début du 2e millénaire A.D.). Ce décalage pourrait être dû à la position plus orientale des marais précités (effet anthropique plus tardif au Kahuzi que sur la face orientale de la crête bordière du Kivu) ou à un hiatus entre les zones III et IV du diagramme de Musisi-Karashoma.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSOCIATION DES PALYNOLOGUES DE LANGUE FRANCAISE, 1974. Pollen et spores d'Afrique Tropicale. *Trav. et Docum. Géogr. Tropicale*, 16. CEGET, Talence, 283 p.
- BIKWEMU, G., 1991. Paléoenvironnements et paléoclimats au Burundi occidental au cours de quarante derniers millénaires par l'analyse palynologique des dépôts tourbeux. Thèse de doctorat en Sc. Université de Liège. 239 p.
- BONNEFILLE, R. 1972. *Associations Polliniques Actuelles et Quaternaires en Ethiopie (Vallées de l'Awash et de l'Omo)*. Tome II. Thèse de Doctorat Sc. Nat. Université de Paris VI. 29 planches.
- BONNEFILLE, R. & RIOLLET, G. 1980. *Pollen des Savanes d'Afrique Orientale*. C.N.R.S., Paris, 140 p. + 113 planches.
- BONNEFILLE, R. 1987. Evolution forestière et climatique au Burundi durant les quarante derniers milliers d'années. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 305, Série II, 1021-1026.
- BONNEFILLE, R. & RIOLLET, G. 1988. The Kashiru pollen sequence (Burundi) Palaeoclimatic implications for the last 40000 yrs B.P. in Tropical Africa. *Quaternary research*, 30, 19-35.
- BONNEFILLE, R., RIOLLET, G. & BUCHET, G. 1991. Nouvelle séquence pollinique d'une tourbière de la crête Zaïre-Nil (Burundi). *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 67, 315-330.
- BULTOT, F. 1950. *Carte des régions climatiques du Congo Belge, établie d'après les critères de Köppen*. I.N.E.A.C. Bur. climatol. Communication N°2. Bruxelles.
- BUTZER, K. W., ISAAC, G. L., RICHARDSON, J. L. & WASHBOURN-KAMAU, C. 1972. Radiocarbon dating of East African Lake levels. *Science*, 175, 4027: 1069-1076.
- CERCEAU-LARRIVAL, M. T. & HIDEUX, M. 1983. *Pollens de quelques plantes médicinales du Rwanda*. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Paris, 58 p.
- CHATEAUNEUF, J.-J., FARJANEL, G., LAGGOUN-DEFARGE, F., ROCHE, E., BIKWEMU, G. & NTAGANDA, C. 1991. Environnements de dépôt et sédimentation organique comparés de quelques tourbes africaines. *Palynosciences*, 1, 19-40.
- CHRETIEN, A., KOHLMULLER, R., PASCAL, P. & ROLLET, A.-P. 1966. *Nouveau traité de chimie minérale*. Tome II, Premier fascicule. Lithium & Sodium. Masson et Cie. Editeurs, Paris, 1046 p.

- CHRETIEN, A., LANG, J., PASCAL, P. & ROLLET, A-P. 1963. *Nouveau traité de chimie minérale*. Tome II, Deuxième fascicule. Potassium. Masson et Cie. Editeurs, Paris, 762 p.
- COMBAZ, A. 1980. Les kérogènes vus au microscope. In: B. Durand (ed.) *Kerogen, insoluble organic matter from sedimentary rocks*. Editions Technip, Paris, pp. 55-87.
- COMBAZ, A. 1964. Les palynofaciès. *Revue de Micropaléontologie*, 7, 3, 205-218.
- COUTEAUX, M. 1962. Notes sur le prélèvement et la préparation de certains sédiments. *Pollen et Spores*, 4, 2, 317-321.
- DELCOURT, A., MULLENDERS, W. & PIERART, P. 1959. La préparation des spores et des grains de pollen, actuels et fossiles. *Les Naturalistes Belges*, 40, 90-120.
- DEUSE, P., 1966. *Contribution à l'étude des tourbières du Rwanda et du Burundi*. I.N.R.S. Butare, Publ. n°4. 115 p.
- DEVRED, R. 1958. La végétation forestière du Congo belge et du Rwanda-Urundi. *Bull. Soc. Royale Forest. Belg.*, 6, 409-468.
- EL GHAZALI, G. E. B. 1993. A study on the pollen flora of Sudan. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 76, 2-4, 99-345.
- FAEGRI, K. & IVERSEN, J. 1964. *Textbook of Pollen Analysis*. Munksgaard, Copenhagen, 2nd revised ed., 237 p.
- FISCHER, E. 1996. *Die Vegetation des Parc National de Kahuzi-Biega, Sud-Kivu, Zaïre*. Franz Steiner Verlag. Stuttgart. 239 p.
- GUILLET, B. & PLANCHAIS, N. 1969. Note sur une technique d'extraction des pollens des sols par une solution dense. *Pollen et Spores*, 11, 1, 141-145.
- HABERYAN, K. A. & HECKY, R.E. 1987. The Late Pleistocene and Holocene stratigraphy and paleolimnology of Lakes Kivu and Tanganyika. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 61, 169-197.
- ILUNGA, L. 1991. Morphologie, volcanisme et sédimentation dans le rift du Sud-Kivu. *Bull. Soc. géogr. Liège*, 27, 209-228.
- INSTITUT NATIONAL POUR L'ETUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE (I.N.E.A.C.). 1948. *Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi*. Bruxelles.
- LEBRUN, J. 1935. *Les Essences Forestières du Congo Belge*. II. *Les Essences Forestières des régions montagneuses du Kivu*. I.N.E.A.C., Sér. scient. 1, Bruxelles, 264 p.
- LEBRUN, J. 1936. *Répartition de la Forêt Equatoriale et des Formations Végétales Limitrophes*. Ministère des Colonies. Publication de la Direction Générale de

- LEPERSONNE, J. 1974. *Carte géologique du Zaïre au 1/2 000 000*. Serv. géol. du Zaïre, Kinshasa, 35 p.
- MALEY, J. 1970. Contributions à l'étude du Bassin tchadien. Atlas de pollens du Tchad. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 40, 29-48.
- MALEY, J. 1987. Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent: Nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeoecology of Africa*, 18, 307-334.
- MARCHANT, R., TAYLOR, D. & HAMILTON, A. 1997. Late Pleistocene and Holocene History at Mubwindi Swamp, Southwest Uganda. *Quaternary Research* 47, 316-328.
- MARRUGAN, A. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Croom Helm Australia, 179 p.
- M'BENZA-MUAKA & ROCHE, E. 1980. Exemple d' évolution paléoclimatique au Pléistocène terminal et à l' Holocène au Shaba (Zaire). Symposium "Palynologie et Climats" (Paris). *Mém. Museum Nat. Hist. Nat., Sér. Bot.*, 27, 137-148.
- M'BENZA-MUAKA, ROCHE, E. & DOUTRELEPONT, H. 1984. Notes sur les apports de la palynologie et de l'étude des bois fossiles aux recherches géomorphologiques sur la vallée de la Lupembashi. *Rev. Paléobiol.* Genève, v.s. : 149-154.
- MOEYERSONS, J. & ROCHE, E. 1978. Evolution paléogéographique et phytosociologique en Afrique centrale durant le Pléistocène supérieur. *Etudes d'Histoire africaine*, 9-10, 37-48.
- MOORE, P. & WEBB, J. 1983. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. Hodder and Stoughton Ltd, London, 133 pp.
- NTAGANDA, C., 1991. Paléoenvironnements et paléoclimats du Quaternaire supérieur au Rwanda par l'analyse palynologique des dépôts superficiels. Thèse de Doctorat, Sci. botan., Université de Liège. 281 p.
- PECROT, A. & LEONARD, A. 1960. *Carte des sols et de la végétation du Congo Belge et du Rwanda-Urundi. 16. Dorsale du Kivu. Notice explicative*. I.N.E.A.C., Bruxelles, 124 p.
- PERROT, R. A. 1982. A high altitude pollen diagram from Mount Kenya. Its implications for the history of glaciation. *Palaeoecology of Africa*, 14, 77-83.
- ROCHE, E., 1979. Végétation ancienne et actuelle de l'Afrique Centrale. *African Economic History*, 7, 30-37.
- ROCHE, E. & VAN GRUNDERBEEK, M. C. 1987. Apports de la palynologie à l'étude du

- ROCHE, E., BIKWEMU, G. & NTAGANDA, C., 1988. Evolution du paléoenvironnement quaternaire au Rwanda et au Burundi. Analyse des phénomènes morphotectoniques et des données sédimentologiques et palynologiques. *Inst. Fr. Pondichéry, trav. sec. sci. tech.*, 25, 105-123.
- ROCHE, E., 1991. Evolution des paléoenvironnements en Afrique centrale et orientale au Pléistocène supérieur et à l'Holocène. Influences climatiques et anthropiques. *Bull. Soc. géogr. de Liège*, 27, 187-208.
- ROCHE, E. 1996. L'Influence Anthropique sur l'Environnement à l' Age du Fer dans le Rwanda Ancien. *Geo-Eco-Trop.*, 20, 1-4, 73-89.
- RUNGE, J. & RUNGE, F. 1995. Late Quaternary palaeoenvironmental conditions in eastern Zaire deduced from remote sensing, morpho-pedological and sedimentological studies (Phytoliths, Pollen C14 data). *CIFEG-Publication occasionnelle* 31, 109-122, Orléans.
- RUNGE, J. & RUNGE, F. 1995. Phytolithanalytische und klimageschichtliche Untersuchungen im Musisi-Karashoma-Sumpf, Kahuzi-Biéga-Nationalpark, Ost-Kongo (ex. Zaire). *Paderborner Geographische Studien*. 11., 79-104.
- SALARD-CHEBOLDIAEFF, M. 1981. Palynologie Camerounaise II. Grains de pollen de la forêt dense humide de basse et moyenne altitude. In: 107e Congrès national des Sociétés savantes, Brest, sciences, fasc. 1, pp. 127-141.
- SALARD-CHEBOLDIAEFF, M. 1982. Palynologie Camerounaise III. Grains de pollen de la forêt littorale de basse altitude. In: 106e Congrès national des Sociétés savantes, Perpignan, sciences, fasc. 1, pp. 125-136.
- SALARD-CHEBOLDIAEFF, M. 1983. Palynologie Camerounaise IV. Grains de pollen de la forêt dense humide de moyenne altitude. In: 108e Congrès national des Sociétés savantes, Grenoble, sciences, fasc. 1,2, pp. 117-129.
- SALARD-CHEBOLDIAEFF, M. 1984. Palynologie Camerounaise V. Grains de pollen de la forêt dense humide semi-caducifoliée de moyenne altitude. In: 109e Congrès national des Sociétés savantes, Dijon, sciences, fasc. 2, pp. 19-35.
- SALARD-CHEBOLDIAEFF, M. 1985. Palynologie Camerounaise VI. Grains de pollen des savanes périforestières. In: 110e Congrès national des Sociétés savantes, Montpellier, sciences, fasc. 5, pp. 231-248.
- SALARD-CHEBOLDIAEFF, M. 1986. Palynologie Camerounaise VII. Grains de pollen des savanes arbustives et arborées, voire boisées, de l' Adamaoua. In: 111e Congrès national des Sociétés savantes, Poitiers, sciences, fasc. 2, pp. 59-80.
- SALARD-CHEBOLDIAEFF, M. 1987. Palynologie Camerounaise VIII. Grains de pollen

- des savanes boisées et forêts claires sèches. In: 112e Congrès national des Sociétés savantes, Lyon, sciences, fasc. 3, pp. 47-63.
- SITTLER, C & SCHULER, M. 1991. Une méthode d'analyse quantitative absolue de la fraction organique constituant le palynofaciès d'une roche sédimentaire. *Palynosciences*, 1, 59-68.
- SITTLER, C., BONNEFILLE, R., CARATINI, C., RAUSCHER, R., REYRE, Y., RIOLLET, G., SCHULER, M. & TISSOT, C. 1980. La matière organique déposée sur la marge atlantique africaine au Crétacé, au Tertiaire et au Quaternaire (Leg 40 et 41): aspect optique et interprétation. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XXII, 5, pp. 763-770.
- TROUPIN, G. 1978, 1983, 1985, 1988. *Flore du Rwanda. Spermatophytes*, Vol. I, II, III et IV. A.C.C.T., Musée Royal de l' Afrique Centrale et I.N.R.S., 413 p., 603 p., 729 p., 651 p.
- VAN ZINDEREN BAKKER, E.M. 1972. Late Quaternary lacustrine phases in the Southern Sahara and East Africa. *Palaeoecology of Africa*, 6, 15-27.
- VERNAL, A. de, RICHARD, P. & JETTE, H. 1983. Sur les effets de la technique de Lüber utilisée en analyse pollinique pour éliminer la matière organique non décomposée. *Pollen et Spores*, 25, 3-4, 541-548.
- VILIMUMBALO, S. 1993. Paléoenvironnements et interprétations paléoclimatiques des dépôts palustres du Pléistocène supérieur et de l'Holocène du Rift Centrafricain au sud de Lac Kivu (Zaïre). Thèse de Doctorat, Sc. Géogr. Université de Liège, 212 p.
- VILIMUMBALO, S. 1995. Paléoenvironnements et évolution paléoclimatique dans la branche occidentale du rift est-africain au sud du Lac Kivu au cours de l'Holocène. In: 2e Symposium de Palynologie Africaine, Tervuren. Publ. Occas. CIFEg, 1995/31, Orléans, pp. 145-157.
- VINCENS, A. 1989. Paléoenvironnements du bassin Nord-Tanganyika (Zaïre, Burundi, Tanzanie) au cours des 13 derniers mille ans: apport de la palynologie. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 61, 69-88.
- WHITE, F. 1986. *La végétation de l'Afrique*. Mémoire accompagnant la carte de la végétation de l'Afrique. Unesco/AETFAT/UNSO. ORSTOM-UNESCO, Recherches sur les ressources naturelles XX. 384 p.
- YBERT, J.-P. 1979. *Atlas de pollens de Côte d'Ivoire*. O.R.S.T.O.M. Documentation Technique N°40. Paris, 40 p. + 25 planches.