

**Etude palynologique de la séquence sédimentaire de Musisi-Karashoma II,
Sud Kivu (R.D.Congo)
Synthèse de l'évolution environnementale du Sud Kivu
au cours des deux derniers millénaires**

**Palynological study of the Musisi-Karashoma II sequence, Southern Kivu (Congo D.R.)
Environmental evolution of the Southern Kivu area during the two last millennia.
A synthesis**

Chantal KABONYI NZABANDORA*

Abstract: Pollen analysis of a 2.20 m sedimentary sequence of Musisi-Karashoma mountain marsh records the palaeoenvironmental evolution of the afro-mountain forest in the South Kivu area (Congo D.R.) during the two last millennia.

Two thousand years ago, the mountainous rain forest developed widely on the Congo ridge of the Kivu country. Around 500 yr A.D., a cold climatic pulse favoured the expansion of *Hagenia* and at the 9th century A.D. the forest declined a bit due probably to a first human impact of weak importance. The irreversible degradation of the original vegetation occurred during the three last centuries. This fact is detected by the progression in the forest of mesophilous taxa, among others of *Hagenia*.

Comparison with former palynological works gives an idea of the environmental evolution of all the Southern Kivu area. On the lake borders, the first human impact happened between 1800 yr. B.P. and 1500 yr. B.P. At this period, forest gave ground to savannas. These ones spread in altitude from the 9th till the 12th century because of noticeable anthropic influence. Then, forest made up lost ground, probably under a fresh climate consequently of the "Neoglacial period" of Eastern Africa.

It's probably in the course of the 17th century, with the settlement of new populations in the Interlacustrine area that human impact became more aggressive on environment. A generalized regression of vegetation took then progressively place with a wide progression of open woodlands and savannas in the lowlands and of secondary forest in the highlands.

Key words: Congo D.R. Southern Kivu, Upper Holocène, Palynology, Paléoenvironnement.

Résumé: L'analyse palynologique de la séquence sédimentaire de 2.20 m prélevée dans le marais de Musisi-Karashoma à 2200 m d'altitude dans le Parc national de Kahuzi-Biega (R.D.Congo) documente sur l'évolution du milieu montagnard régional au cours des deux derniers millénaires. Le diagramme pollinique met en évidence plusieurs changements d'origine climatique et/ou anthropique pour la période considérée.

Il y a deux mille ans, une expansion forestière importante se manifeste sur la dorsale congolaise du Kivu. La forêt ombrophile s'étend largement entre 1600 m et 2600 m d'altitude. Vers 500 ans A.D., une pulsation climatique froide provoque la progression de *Hagenia* dans le milieu forestier tandis qu'au 9^{ème} siècle une régression de ce dernier, d'origine anthropique mais de faible ampleur, est perceptible. La végétation se régénère ensuite sous un climat plutôt frais.

C'est probablement à partir du 17^{ème} siècle que s'amorce la secondarisation définitive de la forêt primaire. Cela se traduit par une importante progression de *Hagenia* et le recul des taxons ombrophiles dans l'horizon moyen du milieu montagnard.

La comparaison avec des travaux antérieurs permet de préciser l'évolution environnementale globale du Sud Kivu depuis 2000 ans. Aux abords du lac, une première secondarisation de la végétation apparaît entre 1800 et 1500 ans B.P. Après une période de régénération du milieu, un second impact anthropique, plus incisif car affectant aussi l'horizon inférieur de la forêt primaire, se manifeste vers le 9^{ème} siècle A.D. et se poursuit jusqu'à la fin du 12^{ème} siècle environ.

Un effet climatique, lié probablement à la période « Néoglaciale » d'Afrique de l'Est, induit ensuite un regain forestier partiel jusqu'au 17^{ème} siècle. A ce moment, s'amorce une régression généralisée de la

* Université officielle de Bukavu, R.D.Congo

végétation sous une action humaine plus agressive que précédemment ; celle-ci étant due vraisemblablement à l'installation de nouvelles populations en région interlacustre. Cela entraîne, au cours des siècles suivants, une savanisation progressive mais définitive des formations mésophiles des bords du lac et de l'horizon inférieur de la forêt ombrophile de montagne alors que l'horizon moyen de cette forêt primaire est à son tour secondarisé.

Mots - clés: R.D. Congo, Sud - Kivu, Holocène supérieur, Palynologie, Paléoenvironnement.

INTRODUCTION

Généralités

Les tourbières sont des écosystèmes continentaux particuliers qui, dans certaines conditions climatiques et topographiques, accumulent d'importantes quantités de matières végétales formant un dépôt organique : la tourbe. Celle-ci est le résultat de la décomposition (humification), en milieu anaérobie, d'une végétation hygrophile dont le substrat est constamment saturé d'eau.

L'accumulation de la tourbe dépend de la pérennité des conditions climatiques et hydrologiques locales assurant un bilan hydrique positif avec des apports en eau supérieurs aux pertes par évaporation.

On distingue deux grands types de tourbières, sur base d'une classification hydrologique (J.J. CHATEAUNEUF, 1988) :

-Les tourbières hautes, bombées, appelées aussi ombrogènes du fait qu'elles sont alimentées par les eaux de pluies. Souvent constituées de sphaignes, elles forment une tourbe pauvre en éléments minéraux.

-Les marais tourbeux ou tourbières basses dites « topogènes » car liées à des dépressions topographiques inondées. Ils sont alimentés par les eaux de sources, de ruissellement ou en provenance d'une nappe phréatique. La tourbe formée dans ce type de milieux, souvent envahis par des Cypéracées, est chargée en substances minérales.

Dans les régions bordières du lac Kivu, les tourbières ombrogènes ne se rencontrent guère qu'à haute altitude, là où l'humidité atmosphérique est entretenue par des pluies fines et des brouillards persistants. La plupart des autres milieux tourbeux sont, à différentes altitudes entre 1500 et 2500 m, des marécages qui occupent des dépressions noyées d'étendues variables (E. ROCHE in : J.J. CHATEAUNEUF et *al.*1988).

C'est à partir de 1700 m que se développent des véritables tourbières dont les dépôts doivent, selon P.DEUSE (1966), présenter un taux de matière organique égal ou supérieur à 60% de leur poids sec. Ces milieux, où les basses températures et la forte humidité favorisent l'activité turfigène, sont fréquents sur la dorsale du Congo, à l'Ouest du lac.

Sous la limite de 1700 m, les zones marécageuses ne sont plus considérées comme tourbières vraies car le taux en matière organique se situe sous les 60% (30 à 50%). Il s'agit alors de dépressions dites « à sol organique ». C'est le cas des marais situés aux abords du lac Kivu (S. VILIMUMBALO 1993).

Les accumulations tourbeuses constituent de véritables archives de l'histoire de la végétation au cours de la période correspondant à leur édification (F.DAMBLON, 2001). La tourbe constituée de débris végétaux ayant vécu à la surface de la tourbière concentre aussi, dans ses strates successives, les spores et les grains de pollen dispersés par la végétation régionale. Ainsi sont enregistrées l'évolution de l'environnement et les influences climatiques et anthropiques qui l'ont façonné au cours du temps.

L'évolution du paléoenvironnement des régions bordières du Kivu et du Nord-Tanganyika a fait l'objet de diverses études palynologiques dont les principales concernent surtout le Rwanda et le Burundi (M.C. VAN GRUNDERBEEK, H. DOUTRELEPONT & E. ROCHE, 1984 ; R. BONNEFILLE, 1987 ; E. ROCHE & M.C. VAN GRUNDERBEEK, 1987 ; E. ROCHE et *al.* 1988, R. BONNEFILLE & G. RIOLLET, 1988 ; E. ROCHE & G. BIKWEMU, 1989, A. VINCENS,



Fig. 1a: carte de situation
location map

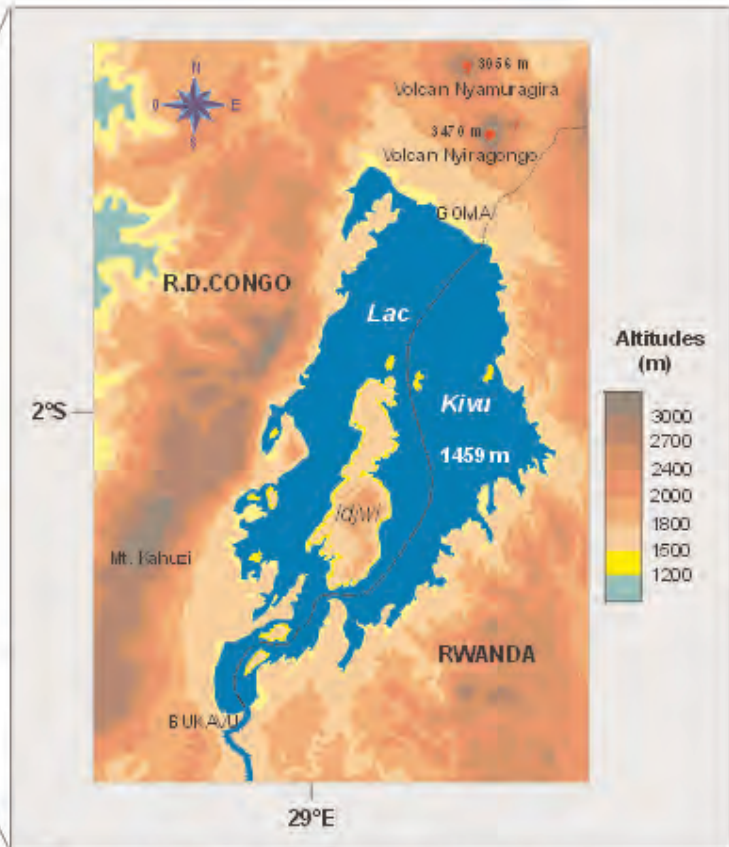


Fig. 1b: zones bordières du Kivu - orographie
Kivu borders - orography

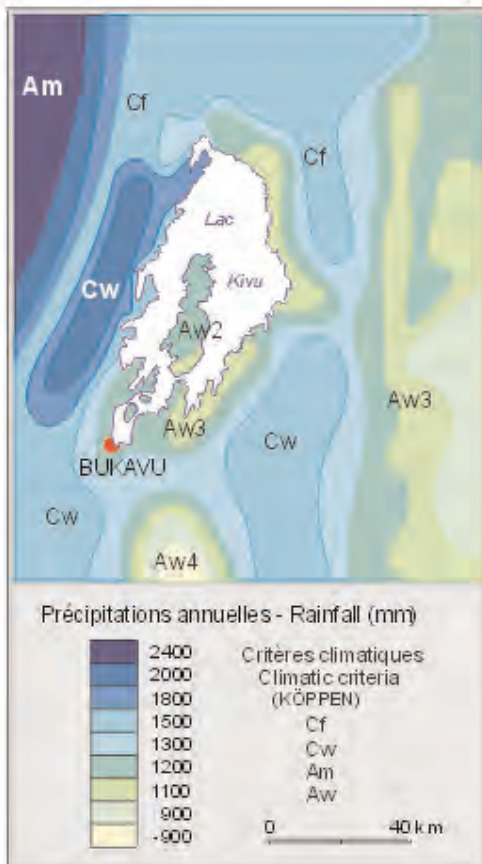


Fig. 1d: répartition des précipitations sur les
régions bordières du Kivu
rainfall rates on the Kivu borders

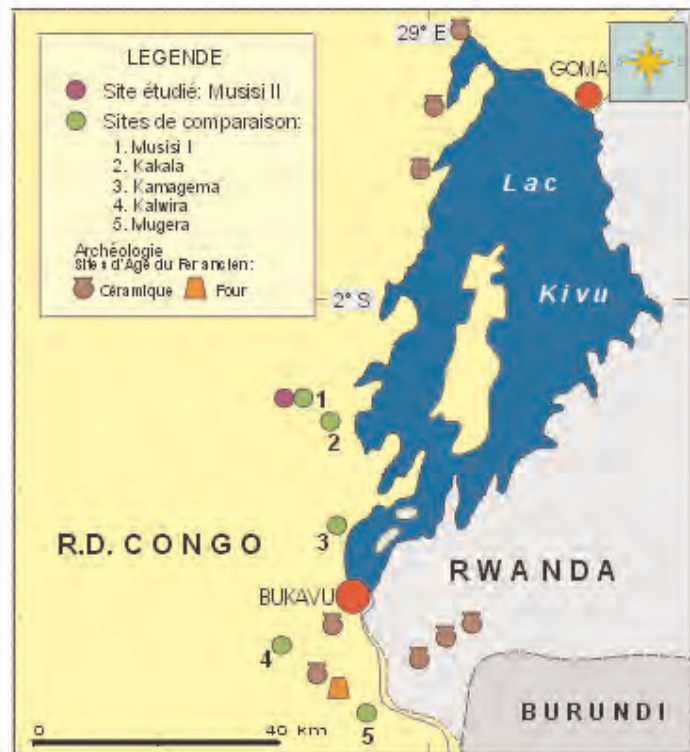


Fig. 1c: sondage étudié (●), sondages de comparaison (●) et sites d'Âge du Fer ancien (●) studied boring (●), comparison borings (●) and sites of the Early Iron Age (●)



Marais de MUSISI-KARASHOMA Swamp
Image Landsat 7 ETM+ n° L71173062-06219991206
● Emplacement du sondage - Boring location



MUSISI-KARASHOMA
Préparation du sondage
Preparations for the boring



MUSISI-KARASHOMA, Kivu (R.D.Congo) - **Vegetation** (orientation: E.S.E.)
Marécage - Marshy area: *Cyperus denudatus*, *Cyperus latifolia*, *Cyperus nigricans*, *Anagallis angustiloba*, *Alchemilla cryptantha*, *Polygonum salicifolium*.
Pentes bordières - Borders: Forêt secondaire - Secondary forest: *Hagenia abyssinica*, *Macaranga neomikiabraediana*, *Albizia gummifera*, *Dombeya goetzenii*, *Maesa lanceolata*, *Neoboutonia macrocalyx*, *Polyscias fulva*.
(J.Runge. Juillet-July 1994)

Figure 1f: site de Musisi-Karashoma - Musisi-Karashoma site

1989 ; G. BIKWEMU, 1991 ; C. NTAGANDA, 1991 ; R. BONNEFILLE & *al.* 1991 ; D. JOLLY & R. BONNEFILLE, 1992 ; D. JOLLY & *al.* 1994 ; E. ROCHE, 1996 ; D. JOLLY & *al.* 1997 ; E. ROCHE, 1998 ; E. ROCHE & C. NTAGANDA, 1999).

Dans le cas du bassin du lac Kivu, par contre, à part les approches paléolimnologiques qui ont retracé les fluctuations paléoclimatiques lacustres, les recherches palynologiques fournissant des données paléoenvironnementales ne sont pas nombreuses (S. VILIMUMBALO, 1993 et 1995 ; J. RUNGE & F. RUNGE 1995 ; M. MOSCOL-OLIVERA, 1997 et 1998 ; J. RUNGE, 2001).

L'analyse de la séquence sédimentaire de MUSISI-KARASHOMA II apportera un complément à ces recherches antérieures.

Objectifs

Les objectifs de la présente étude sont de deux ordres :

1. Sur base de l'analyse palynologique d'une séquence sédimentaire relevée dans le marais de MUSISI-KARASHOMA (Mont Kahuzi) et supportée par un examen complémentaire de la matière organique, de reconstituer l'évolution du milieu local au cours des deux derniers millénaires,
2. En complétant les travaux antérieurs réalisés par S. VILIMUMBALO (1993, 1995) et M. MOSCOL-OLIVERA (1997, 1998), d'élaborer une synthèse situant les différentes phases évolutives du massif forestier du Sud-Kivu dans un cadre chronologique et permettant d'évaluer le taux de dégradation des milieux actuels.

CONTEXTE REGIONAL

Situation géographique et topographique

La région du Kivu fait partie du territoire de la République Démocratique du Congo. Elle se situe à l'est du pays et est bordée sur son flanc oriental par le lac du même nom (Fig. 1a).

La topographie de cette région (Fig. 1b) est dominée par la dorsale occidentale du rift (Dorsale du Congo) qui fait partie de la chaîne montagneuse des Mitumba, bordière du graben selon une direction méridienne.

Le secteur du Sud-Kivu, objet de la présente étude, s'étend sur la dorsale du Congo, principalement sur sa partie orientale, entre les limites suivantes :

- au nord, le parallèle 2°00'S
- au sud, le parallèle 2°45'S
- à l'ouest, le méridien 28°30'E
- à l'est, le méridien 29°E

La base de son versant oriental est de 1500 m, en bordure du lac. En altitude, ce versant culmine à 3308 m au Mont Kahuzi. Affecté par un jeu de failles importantes, il présente des escarpements disséqués par de petites rivières torrentueuses affluentes du Kivu et de la Ruzizi. Souvent, le cours supérieur des rivières a un aspect sénile, formant des dépressions marécageuses dont certaines ont évolué en tourbières (L. ILUNGA, 1991). A l'inverse, le flanc occidental de la dorsale, en pente plus douce, est parcouru par les tronçons supérieurs d'affluents du Congo au cours plus lent et d'orientation est-ouest, suivant la pente générale du versant.

Géologie

La géologie du Kivu comporte deux formations géologiques d'âges différents : la formation du vieux socle précambrien et celle du Cénozoïque.

Les roches du soubassement précambrien appartiennent à deux entités

lithostratigraphiques principales : le Ruzizien (2500-2000 M.A.) et le Burundien (2100-1300 M.A.). Le premier groupe est formé de roches cristallophylliennes à granits intrusifs associés, le second est constitué de grès-quartzitiques, de schistes et de gneiss. Il se superpose en discordance sur le premier. Un troisième groupe, le Lindien (1300-550 M.A.) ou post-Burundien a été défini par VILLENEUVE (1977). Il correspondrait au précambrien terminal et est lithologiquement formé de roches gréseuses, de conglomérats à galets et de quartzites.

Les formations cénozoïques sont essentiellement composées de roches volcaniques (Basaltes, Trachytes), d'altérites et d'alluvions récentes.

Du Paléozoïque au tertiaire, le vieux bouclier a été arasé et pénéplané, par la suite, il a subi d'importants mouvements tectoniques qui l'ont fracturé, entraînant la formation d'un fossé d'effondrement, la branche occidentale du rift africain, occupé par une série de lacs dont le Kivu (L. ILUNGA, 1991).

Climat

Insolation et températures

Quelques données générales relatives à l'insolation annuelle ont été recensées pour le Sud-Kivu. L'insolation relative tend généralement à diminuer avec l'altitude et l'accroissement de la nébulosité. Ainsi, par exemple, vers 1600 m d'altitude (Bukavu), on peut compter 2000 heures d'insolation annuelle soit 45% d'insolation relative alors qu'à 2200 m, le nombre d'heures tombe à 1800 pour une insolation relative de 41%. Toutefois, en amont de la forêt de montagne, l'insolation augmente du fait que l'on passe au-dessus de la couverture nuageuse maximale (A. LEONARD, 1962).

Un fait climatique important est celui de la décroissance thermique altitudinale. D'une façon générale, on observe une corrélation étroite entre l'altitude et la température (F. BULOT, 1950 ; A. LEONARD, 1962). Au niveau du lac (± 1500 m), la température moyenne annuelle est de 20°C, à 1800 m, elle passe à 17, 5°C, à 2200 m à 15°C environ. Des causes locales peuvent toutefois modifier ces données notamment dans les vallées et dépressions où s'accumulent des masses d'air froid.

La diminution de la température avec l'altitude conditionne l'installation, sur les versants de la dorsale, de zones climatiques allongées plus ou moins parallèles aux courbes de niveau auxquelles correspondent des zones de végétation distinctes.

Enfin, si les variations thermiques annuelles sont assez faibles, de l'ordre de 3°C, l'amplitude thermique journalière est importante (10°C), conditionnée par l'humidité lacustre (A. LEONARD, 1962).

Vents et précipitations

Le régime des précipitations sur le fossé tectonique du Kivu est lié à la structure du relief et à la circulation des courants aériens (Fig.2). Les mécanismes de pluviogénèse sont déterminés par l'interaction de l'Alizé du sud-est de l'Océan indien et de l'Alizé boréal dans un front intertropical ainsi que par une convergence interocéanique entre l'Alizé du sud-est et la Mousson atlantique (H.SCAËTTA, 1933, L. ILUNGA, 2004). Ces grands courants aériens déterminent un taux de précipitations élevé dont bénéficient les chaînes montagneuses formant les dorsales du Rwanda et du Congo alors qu'un phénomène de foehn réduit la pluviosité au fond du rift (H. SCAËTTA, 1933)

Sur la dorsale du Congo, le niveau des précipitations maximales s'établit autour de 2400-2600 m avec une pluviosité de 2000 mm / an correspondant à un ennuagement important. Plus haut, les précipitations diminuent jusqu'au sommet de la dorsale où elles se réduisent à 1200-1300mm. Toutefois, une humidité atmosphérique importante y est entretenue par des bruines et des brumes persistantes contrastant avec les averses orageuses du flanc de la dorsale.

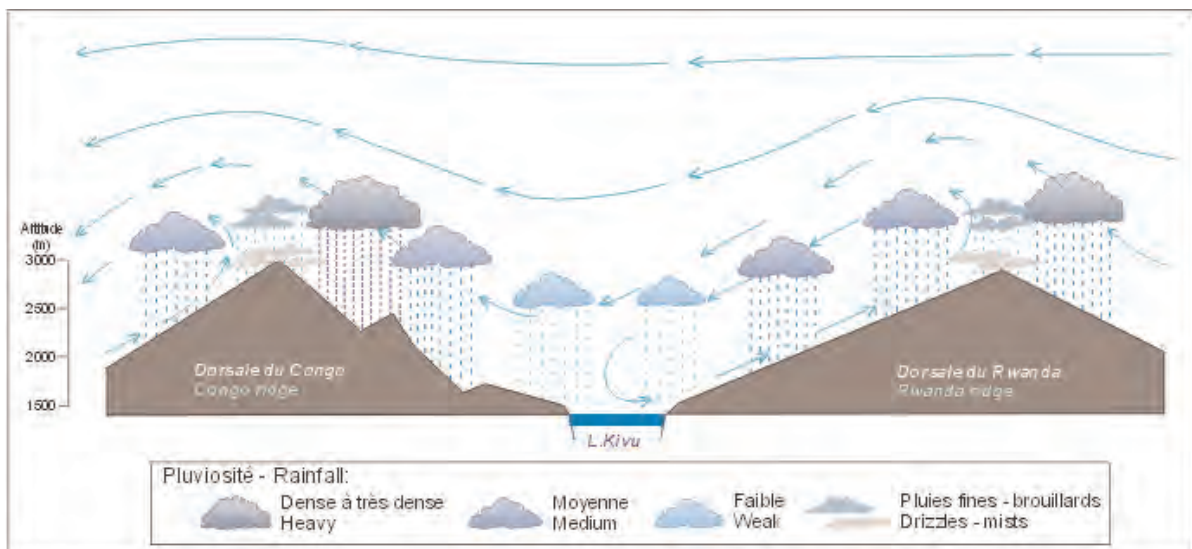


Fig. 2 : courants aériens et précipitations sur les crêtes bordières du Sud-Kivu (d'après: H.SCAËTTA, 1933)
air currents and rainfall distribution on the borders of Southern Kivu (according to: H.SCAËTTA, 1933)

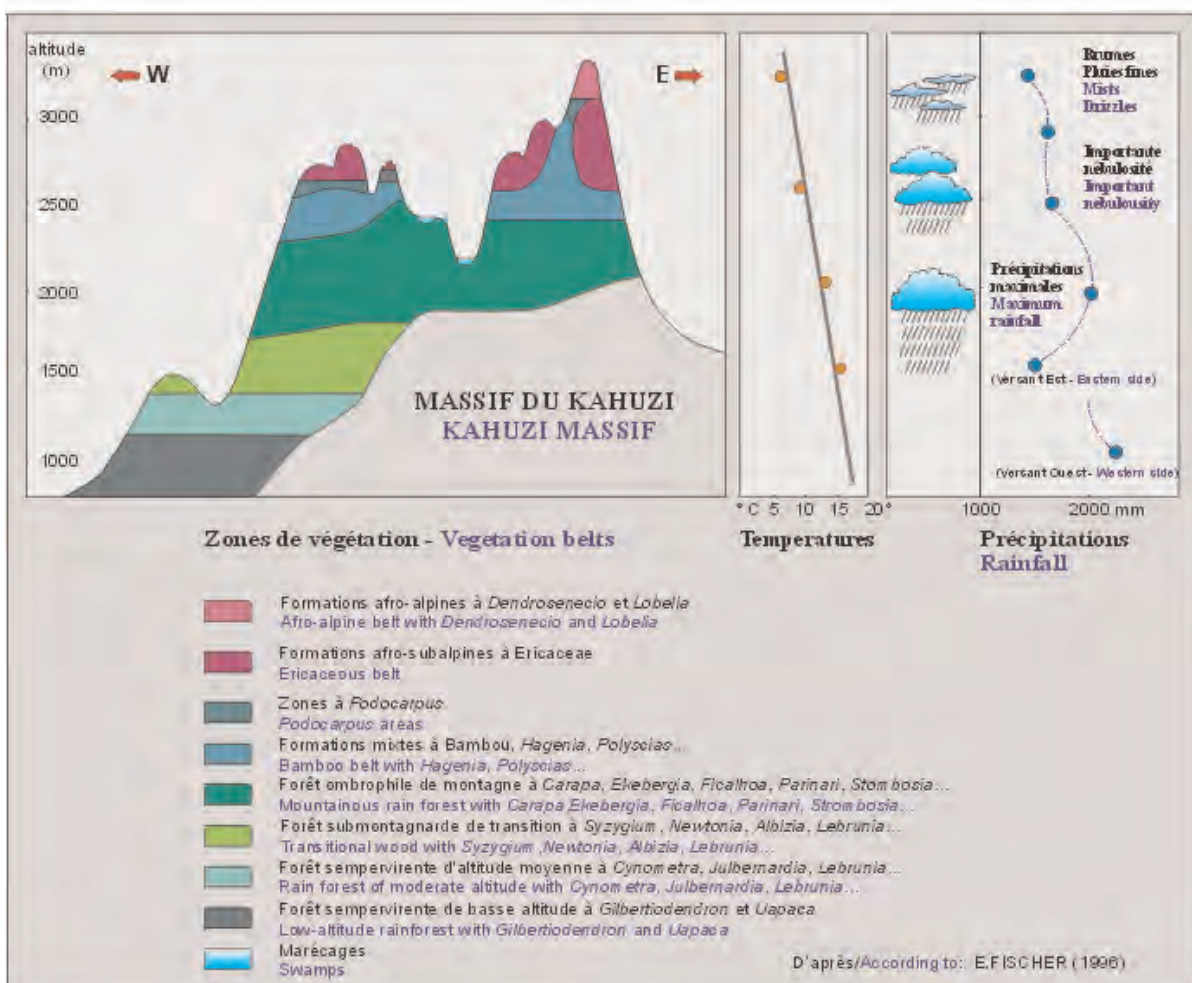
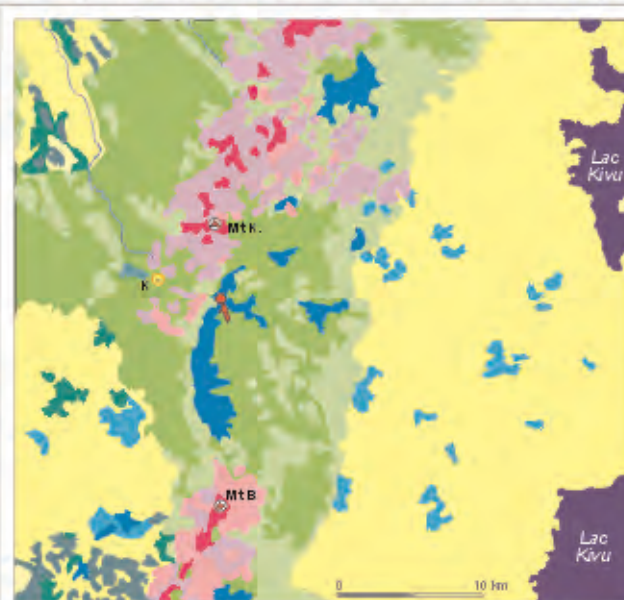


Fig. 3 : Zonation des formations végétales sur le flanc occidental du massif de Kahuzi (R.D.Congo)
Vegetation belts on the western side of the Kahuzi Massif (Congo D.R.)



S. Kivu - Image Landsat 7 ETM+ n° L71173062 - 062199912065 (acq:22.09.99)



K I V U : Région de Kahuzi - Biega. Carte de la végétation .
Kahuzi - Biega area. Vegetation map

- Forêt ombrophile à *Gilbertiodendron* et/and *Uapaca*
Rain forest with
 - Forêt secondaire de basse altitude
Lowlands secondary forest
 - Forêt dense de montagne
Mountainous rain forest
 - Forêt secondaire de montagne à *Macaranga* et/and *Hagenia*
Mountainous secondary forest with
 - Forêt mixte à *Arundinaria*, *Polystichis* et/and *Hagenia*
Mixed forest with
 - Forêt de bambous (*Arundinaria alpina*)
Bamboo forest
 - Etage à *Ericaceae*
Ericaceae belt
 - Marais à *Cyperaceae*
Swamps with
 - Plantations forestières (*Eucalyptus*, *Cupressus*, *Pinus*, *Grevillea*)
Forestry plantations
 - Agriculture et pâturages (savanes herbeuses anthropogènes)
Farming. Pasture land (anthropogenous grassy savannas)
- Sondage Boring
 KAHUZI (village)
 Mt.K. : Mont Kahuzi
 Mt.B. : Mont Biega

Fig. 4 : Région de Kahuzi-Biega - Vue satellitaire et carte de végétation(d'après: A.LEONARD, 1960)
Kahuzi-Biega area - Landsat view and vegetation map(according to:A.LEONARD, 1960)

Dans le fond du rift, au niveau du lac et de ses abords, la pluviosité tombe sous les 1000mm/an par suite de l'effet de foehn dû à l'affaiblissement des masses d'air après le passage des reliefs (Fig.1d, 2, 3). Cette zone se caractérise aussi par un régime de vents alternants qui déterminent un microclimat local : les brises de lac et de terre (A. LEONARD, 1962). A l'Ouest de la dorsale, le niveau des précipitations s'élève à nouveau sur la bordure orientale de la cuvette congolaise sous l'influence de l'Alizé atlantique, pour atteindre plus de 2400 mm/an (Fig.1d, 3).

Selon les critères de KÖPPEN (Fig.1d), diverses zones climatiques se distinguent au Sud-Kivu (F. BULTOT, 1950).

A l'Ouest de la dorsale, la zone climatique Am, caractérisée par des fortes précipitations correspond à l'extension orientale des forêts sempervirentes de basse et de moyenne altitude (Fig. 3), limitant vers l'est la province forestière guinéenne. Les zones climatiques Cf et Cw, à climat pluvieux tempéré et à saison sèche de courte durée (juillet) couvrent les régions de hautes altitudes où les précipitations restent abondantes mais où la température moyenne annuelle descend au-dessous de 18°C. Ces régions sont généralement couvertes par les formations végétales afro-montagnardes.

Enfin, les types climatiques Aw qui se caractérisent par un nombre de mois secs (indiqués par un indice affecté au sigle Aw) sont propres aux zones bordières du lac Kivu et de la Ruzizi où l'effet de foehn provoque l'installation d'une saison sèche annuelle de 2 à 4 mois (entre juin et septembre), saison sèche qui, au cours des dernières années, a eu tendance à s'allonger (selon nos observations personnelles).

Végétation

Dans les régions montagneuses, la répartition altitudinale des formations végétales est fonction des gradients thermique et hydrique des versants et des conditions édaphiques locales.

Au cours du temps, mais surtout pendant les derniers siècles et plus encore au cours des dernières décennies, la végétation de la dorsale du Congo a été fortement dégradée par l'action anthropique, de sorte qu'il devient difficile de se représenter aujourd'hui ce qu'étaient la distribution et les aspects originels des milieux montagnards, une grande partie des forêts étant réduite à une mosaïque de groupements divers secondarisés.

Au Sud-Kivu, une partie de la dorsale a quelque peu échappé à la déforestation intense : en 1970, une étroite zone de la crête a été classée comme réserve forestière pour être ensuite transformée en Parc National de Kahuzi-Biéga avec, pour but, la protection des gorilles de montagne et de leur environnement (IZCN, 1988). La forêt afro-montagnarde a pu ainsi subsister sur cette étroite bande grâce à sa situation particulière : la topographie, très accidentée, et les conditions climatiques défavorables étant peu propices au développement d'activités agricoles.

Le site du sondage concerné par notre étude se trouve dans la zone refuge constituée par le Parc Naturel. Ce dernier, malgré les déprédations subies par les zones limitrophes, détient encore un haut degré (40%) d'espèces endémiques afro-montagnardes.

Dans un travail récent, E.FISCHER (1996) a établi un inventaire botanique du parc et a proposé, sur base de l'étude des reliques des formations végétales subsistantes (surtout à basse altitude, où J.LEBRUN, en 1935, avait déjà observé une solution de continuité entre elles) un schéma de l'étagement des ceintures altitudinales de végétation (Fig.3). Cette zonation concerne principalement le flanc ouest de la dorsale, depuis la zone de jonction entre les forêts périguinéennes et le milieu montagnard proprement dit, jusqu'au sommet du Kahuzi. On peut ainsi distinguer :

- de 800 à 1300 m : des forêts sempervirentes de basses et moyennes altitudes
- de 1300 à 1700 m : une forêt submontagnarde de transition
- de 1700 à 2400 m : la forêt ombrophile de montagne
- de 2400 à 2700 m : une zone hétérogène à Bambous, *Hagenia* et *Podocarpus*
- de 2700 à 3200 m : une ceinture à Ericaceae

- au-dessus de 3200m : des formations afro-alpines

Toutefois, pour appréhender le problème de la zonation altitudinale dans sa réalité ancienne, il faut se référer à des travaux antérieurs réalisés à des périodes où l'impact anthropique sur les milieux était moins agressif, notamment aux études de J.LEBRUN (1935, 1936, 1956, 1960), R. DEVRED (1958), A. PECROT & A. LEONARD (1960), A. LEONARD (1962), L. LIBEN (1962), F.WHITE (1986).

Bien que, depuis deux siècles, l'homme soit au premier plan des facteurs qui contrôlent l'état du couvert végétal, c'est tout récemment que l'emprise anthropique sur l'environnement a atteint un degré insupportable, repoussant la forêt à des altitudes extrêmes. Ainsi, la carte présentée par A. PECROT et A. LEONARD en 1960 qui a servi à établir notre zonation sur le flanc oriental de la dorsale (Fig. 4) et même les travaux de F.WHITE, plus récents (1986), peuvent paraître obsolètes pour rendre l'état de la situation environnementale actuelle. Même les savanes herbeuses dérivées des formations boisées qui les ont précédées ont pratiquement disparu, résultat d'une exploitation agricole sans retenue. Pour observer des vestiges de végétation naturelle, il faut maintenant monter à 2000 m d'altitude, soit aux lisières du Parc National de Kahuzi-Biéga (C. KABONYI NZABANDORA, 2004).

A l'origine, les dorsales du Kivu étaient couvertes entièrement de forêts. Entre les bords du lac (1500m) et la limite inférieure de la forêt ombrophile de montagne qui, dans la branche occidentale du rift se situe vers 1650 m (J. LEBRUN, 1935, 1960 ; J. LEWALLE, 1972) existait autrefois une forêt mésophile aujourd'hui disparue et dont J. LEBRUN (1960) a pu reconstituer la composition sur base d'observation de boqueteaux relictuels. Les essences typiques de cette forêt étaient : *Newtonia buchananii*, *Albizia gummifera*, *Carapa grandiflora*, *Celtis sp.*, *Fagara mildbraedii*, *Milletia dura*, *Parinari holstii*, *Pygeum africanum*, *Sapium ellipticum*, *Syzygium sp.*

Saccagée par l'homme, cette forêt a fortement régressé, puis fait place à des savanes herbeuses dont la composition floristique et les caractéristiques écologiques sont fonction du milieu (sol-climat) et de leur ancienneté (A. LEONARD, 1996). Actuellement, ces savanes sont aussi en recul, au profit d'espaces cultivés et de jachères.

Faisant suite à la forêt mésophile, la forêt ombrophile de montagne (forêt primaire) s'étendait anciennement entre 1650 m et 2600m d'altitude (étage montagnard de J. LEBRUN, 1960). En fonction des conditions de lumière, de température et d'humidité, on pouvait distinguer trois horizons :

- Horizon inférieur (1650-1800m)

A ce niveau, où la température de l'air avoisine les 18°C, la forêt est une futaie à sous-bois dense. Parmi ses espèces caractéristiques, on notera : *Albizia gummifera*, *Beilschmiedia oblongifolia*, *Newtonia buchananii*, *Syzygium cordatum*, *Xymalos monospora*, *Zanthoxylum mildbraedii*.

Etant donné la destruction massive du milieu forestier sous 2000 m, cette forêt a quasi disparu de nos jours.

- Horizon moyen (1800-2100 m)

Cet horizon correspond à la forêt de moyenne montagne où abondent les épiphytes et se développent la plupart des espèces arborescentes. Les précipitations y sont importantes et la température moyenne est de 15-16°C. On y recense la présence de : *Alchornea hirtella*, *Beilschmiedia oblongifolia*, *Carapa grandiflora*, *Cassipourea ruwenzoriensis*, *Ekebergia capensis*, *Entandrophragma excelsum*, *Ficalhoa laurifolia*, *Ilex mitis*, *Neoboutonia macrocalyx*, *Ochna holstii*, *Olea hochstetteri*, *Parinari holstii*, *Podocarpus latifolius*, *P. falcatus*, *Pygeum africanum*, *Strombosia grandiflora*, *Syzygium parvifolium*, *Xymalos monospora*.

Dans l'horizon moyen, qui a fortement régressé, l'impact anthropique a provoqué une secondarisation de la forêt qui se traduit par l'intrusion d'espèces de substitution telles : *Macaranga neomildbraediana*, *Dombeya torrida*, *Mimulopsis violacea*, *Polyscias fulva*.

- Horizon supérieur (2100-2600 m)

A ces altitudes, la température moyenne annuelle de l'air devient plus fraîche, de l'ordre de 12-13°C et les précipitations diminuent alors que les brouillards sont plus fréquents. Cet horizon correspond à la forêt de haute montagne à *Podocarpus*. C'est une forêt plus basse dont la composition floristique comporte notamment *Podocarpus falcatus*, *Afrocrania volkensii*, *Maytenus acuminatus*, *Myrica salicifolia*, *Olea hochstetteri*, *Strombosia scheffleri*.

Au-dessus de 2600 m d'altitude se situent les formations denses sèches afro-subalpines caractérisées par un pourcentage relativement élevé de sclérophytes (J. LEBRUN, 1960). On classe dans cette catégorie, les massifs de bambous, la forêt à *Hagenia* et les formations à Ericaceae et à Sénéçons:

- Formation à *Sinarundinaria alpina* ou bambousaie afro-montagnarde (F. WHITE, 1986)

Cette formation se situe là où un certain caractère de sécheresse se manifeste, entre 2200 et 2700 m et même jusqu'à 3000 m au Mont Kahuzi. Il s'agit d'une formation dense de grands bambous qui peuvent atteindre 20 m de haut. Il arrive, qu'à l'intérieur de la bambousaie se glissent quelques espèces secondaires comme *Polyscias fulva* et *Hagenia abyssinica* qui s'installent dans les endroits découverts suite à la mort des bambous. On peut y trouver aussi : *Afrocrania volkensii*, *Ilex mitis*, *Pygeum africanum* et de jeunes *Podocarpus*.

- La forêt à *Hagenia*

Elle occupe l'espace compris entre 2600 m et 3100 m où *Hagenia abyssinica* peut former un peuplement monophytique ou être associé à *Hypericum revolutum*. Cependant, sur la dorsale du Kivu, l'espèce peut descendre jusqu'à 1800 m où, associée à des espèces héliophiles à croissance rapide comme *Macaranga neomildbraediana* et *Polyscias fulva*, elle constitue un stade dégradé de la forêt primaire de montagne.

- Formations à Ericaceae

Ce type de végétation se situe entre 2750 m et 3800 m d'altitude. Il est formé de bruyères arborescentes de 8 à 10 m de haut à *Erica arborea*, *Agauria salicifolia* et *Philippia johnstonii*. Sur les hauts sommets, on trouve, en alternance, selon les conditions du milieu, une végétation herbacée ou ligneuse à *Dendrosenecio*, *Helichrysum*, *Lobelia*, *Vaccinium*.

Influence humaine au Sud-Kivu

Etant donné la forte densité de population, les milieux naturels ont régressé de façon phénoménale au Sud-Kivu. Aux alentours immédiats du lac, le paysage est dominé par la présence de nombreuses cultures (bananier, haricots, manioc, patate douce,...). De l'ancienne forêt mésophile, il ne reste que des souvenirs ; transformée d'abord en savanes herbeuses entretenues par les éleveurs de bétail par des mises à feu répétées, son aire de distribution est envahie maintenant par des cultures et des jachères. Certaines surfaces sont reboisées à l'aide d'essences exotiques, comme l'*Eucalyptus*, ce qui est peu favorable à la conservation des sols. La zone altitudinale inférieure de la forêt dense montagnarde a aussi pratiquement disparu, seuls quelques lambeaux fortement secondarisés subsistent ça et là. Même le parc de Kahuzi-Biéga, créé pour protéger les horizons supérieurs de la forêt afro-montagnarde est déjà secondarisé et menacé par l'accroissement des activités humaines.

MATERIELS ET METHODES

Situation du marais de MUSISI-KARASHOMA

Le marais de MUSISI-KARASHOMA (coordonnées géographiques : 2°16'16"S/ 28°39'37" E) est situé en forêt de montagne dans le Parc National de Kahuzi-Biéga à une

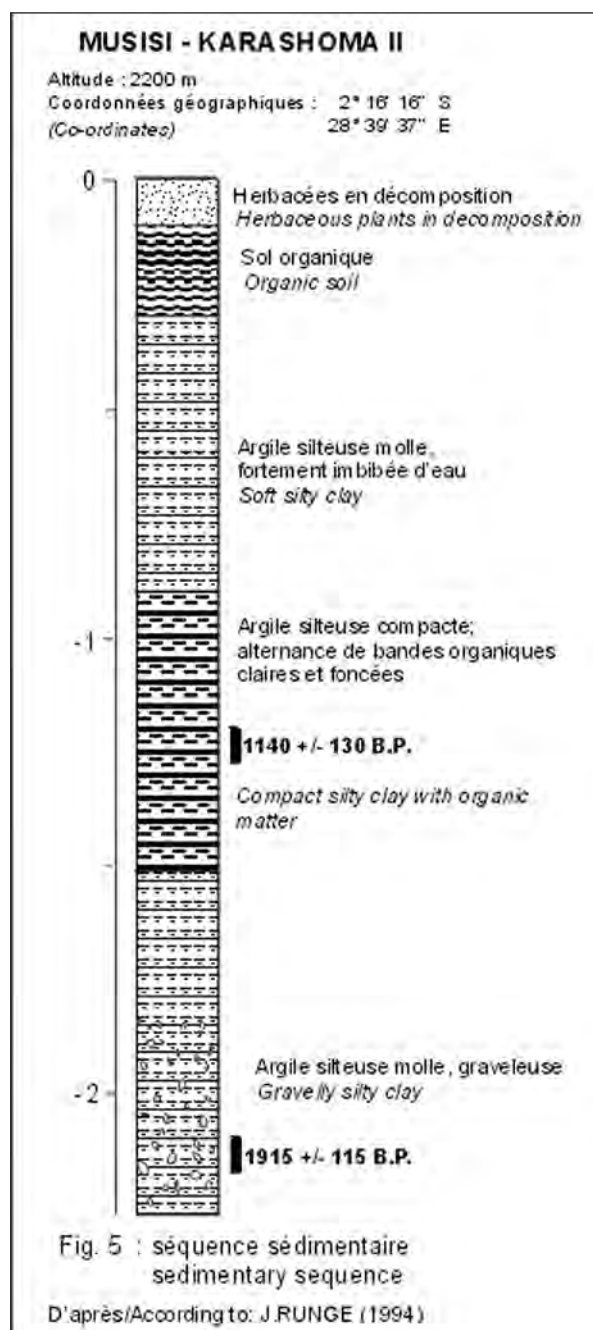
altitude de 2200 m. Ce marais, qui serait dérivé d'un ancien lac (M.MOSCOL-OLIVERA 1998) est colonisé par une végétation paludicole à dominance de *Cyperus denudatus* et *C. latifolius*, établie sur une couche superficielle de plantes mortes, mal décomposées, recouvrant des couches argilo-tourbeuses sous-jacentes. Les alentours du site portent une forêt secondaire à *Hagenia abyssinica*, *Macaranga neomildbraediana*, *Albizia gummifera*, *Neoboutonia macrocalyx*, *Polyscias fulva* qui s'étend jusqu'au bord même du marécage (Fig.1f).

Sondage de MUSISI-KARASHOMA II

Le sondage de MUSISI-KARASHOMA II a été réalisé en juillet 1994 par le Pr. J. RUNGE, de l'Université de Paderborn (Allemagne) à l'aide d'une sonde manuelle de type « Piston Core Sampler » fabriqué par EIJKELKAMP aux Pays-Bas. La séquence relevée était de 2,20 m.

Description de la séquence

Le sondage de MUSISI-KARASHOMA II a traversé un dépôt sédimentaire formé, dans



sa partie superficielle (10-15 cm) par des végétaux en décomposition, puis d'un sol organique jusqu'à 30-40 cm. Le reste de la séquence est constitué d'une argile plus ou moins compacte, riche en matière organique, qui se charge en sable et graviers vers sa base.

Cette séquence n'est pas à considérer comme réellement tourbeuse car le taux d'argile est relativement important à tous les niveaux.

Le schéma du profil sédimentaire est représenté à la fig.5.

Echantillonnage

Des prélèvements d'au moins 3 cm³ de sédiment ont été effectués tous les 10 cm. Ils ont ensuite été placés dans des sachets en plastique numérotés et conservés au frigo jusqu'au moment de leur traitement.

Le traitement de l'échantillonnage a été réalisé par le laboratoire de Géographie de l'Université de Bamberg (Allemagne), avec, comme objectif, d'effectuer une étude palynologique assortie d'une analyse complémentaire qualitative de la matière organique.

Datations

Deux datations radiocarbone (¹⁴C) ont été effectuées par le laboratoire de Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung du Pr.M. GHEY à Hannover (Allemagne).

Les résultats obtenus sont les suivants :

-1,20 m : 1140 ± 130 B.P. (Hv-20285)

-2,10 m : 1915 ± 115 B.P. (Hv-20286)

Traitement des échantillons

Les échantillons ont été traités par une acétolyse (méthode ERDTMAN, 1960), précédée par un traitement au KOH.

Montage des lames

Des microvolumes des culots issus du traitement acétolytique sont ensuite montés sur les lames pour examen au microscope.

Chaque microvolume est étalé sur une goutte d'Hydroxy-Ethyl-Cellulose (H.E.C) déposé au préalable et destiné à disperser le matériel palynologique.

Après séchage à l'étuve, une lamelle est collée sur la lame à l'aide d'une résine (Euparal)

Détermination et comptage des pollens

La détermination des pollens a été faite à l'aide d'une collection de lames de référence des régions montagneuses du rift centrafricain déposée au laboratoire de Paléontologie végétale de l'Université de Liège ainsi que de compilations photographiques originales d'une collection iconographique du même laboratoire.

Le comptage des pollens a été effectué sur un microscope ZEISS JENAVAL sous objectifs 50X à sec et 100X à immersion. Pour chaque lame, un minimum de 500 grains de pollens a été compté. Pour la plupart des niveaux, ce nombre a été dépassé, étant donné la richesse microfloristique des sédiments, sauf pour les couches sablo-graveleuses de la base de la séquence.

Présentation et traitement des données polliniques

Les taxons identifiés dans la séquence de MUSISI-KARASHOMA II ont été classés selon les types de végétation qu'ils représentent tels que décrits dans les ouvrages de botanique relatifs à la région (J.LEBRUN, 1935, 1936, 1956, 1960 ; A. PECROT & A. LEONARD, 1960 ; L. LIBEN, 1962, E. FISCHER, 1996) et suivant nos observations personnelles de terrain.

Dans le graphique palynologique détaillé (Fig.7), les taxons polliniques ont donc été regroupés dans des ensembles palyno-écologiques représentatifs des groupements végétaux caractéristiques des zones montagneuses de la dorsale congolaise du Kivu, à savoir :

Pour la flore régionale :

- Formations afro-alpines et afro-subalpines
- Forêt ombrophile (primaire) de montagne
- Forêt mésophile (secondaire) de montagne
- Milieux ouverts de type savane
- Varia (ubiquistes)

Pour la flore locale :

- Milieux marécageux.

Dans ces différents groupements, ont été reconnus les taxons suivants :

Formations afro-subalpines et subalpines:

Ericaceae, Hypericum, Lobelia

Forêt ombrophile (primaire) de montagne:

Podocarpus, Olea, Ilex, Afrocrania, Alchornea, Anthospermum, Cassipourea, Ekebergia, Entandrophragma, Ficalhoa, Galiniera, Impatiens, Newtonia, Loranthus, Parinari, Strombosia, Symphonia, Sinarundinaria

Forêt mésophile (secondaire) de montagne:

Hagenia, Albizia, Allophylus, Apodytes, Bridelia, Canthium, Carapa, Celtis, Clusia, Combretum, Croton, Dombeya, Faurea, Harungana, Jasminum, Landolphia, Macaranga, Maesa, Myrica, Neoboutonia, Polyscias, Prunus, Psychotria, Schefflera, Syzygium, Trema, Tricalysia

Milieus ouverts de type savane:

Acanthus, Euphorbiaceae, Grewia, Hibiscus, Hymenocardia, Markhamia, Maytenus, Ocimum, Polygala, Protea, Rhus, Vernonia, Zanthoxylum, Poaceae, Cissus, Ipomea, Vigna

Varia (ubiquistes)

Asteraceae, Amaranthaceae/Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Clematis, Liliaceae, Rumex, Triumfetta

Milieus marécageux

Cyperaceae, Typha, Apiaceae, Haloragaceae, Hygrophila, Nymphaea, Phoenix, Polygonum

Indéterminés

Sur base des comptages ont été élaborés deux types de diagrammes polliniques :

- un diagramme analytique ou détaillé présentant l'évolution de chaque taxon tout au long du profil sédimentaire (Fig. 7).
- un diagramme synthétique ou condensé présentant l'évolution des groupements végétaux, tout en soulignant l'allure de quelques taxons les plus représentatifs tant sur le plan quantitatif que du point de vue de leur signification écologique (Fig. 8). Ce diagramme condensé permet une visualisation d'ensemble plus claire de l'évolution de l'environnement et facilite le découpage du graphique en zones polliniques.

Examen de la matière organique

Dans le cadre de l'étude du sondage de MUSISI-KARASHOMA II, l'examen de l'ensemble de la composante organique du sédiment peut être considéré comme un apport complémentaire à l'analyse palynologique ; la succession des palynofaciès tout au long de la séquence pouvant être confrontée et comparée aux données des analyses palynologiques dans l'optique de la reconstitution de l'évolution du milieu de dépôt.

Etant donné que les traitements chimiques appliqués aux sédiments pour en extraire les grains de pollen ont pour résultat d'éliminer une bonne part de la matière organique (plus de 70% selon M. MOSCOL-OLIVERA, 1998), seule une étude qualitative de cette dernière a été effectuée pour en relever les différentes composantes.

Pour distinguer ces dernières, nous avons considéré, selon la classification de BUJAK (1977) :

- les hylogènes ou particules ligneuses altérées ou non ;
- les phryogènes comprenant : les cuticules, les membranes et les microfossiles organiques ;
- les mélanogènes, particules opaques de matières organiques ;
- la matière organique amorphe qui comprend des particules non structurées.

Comparaison avec des séquences étudiées antérieurement

Dans la seconde partie du travail une comparaison a été établie avec d'autres séquences sédimentaires étudiées précédemment par S.VILIMUMBALO (1993-1995) et M. MOSCOL-OLIVERA (1997, 1998) en vue de proposer une synthèse de l'évolution de l'environnement montagnard du Sud Kivu au cours des deux derniers millénaires et de distinguer les influences climatiques et anthropiques qui l'ont façonné pendant cette période.

Le choix s'est porté sur 5 séquences de comparaison dont a été extraite la partie couvrant les 2000 dernières années (espace-temps de la séquence de MUSISI-KARASHOMA II) : 2 séquences de haute altitude, MUSISI KARASHOMA I (2200 m) et KALALA (2375 m) ; une de moyenne altitude KALWIRA (1920 m) pour faire la jonction avec les deux dernières situées à basse altitude : KAMAGEMA (1510 m) et MUGERA (1550 m). Ce choix permet de suivre l'évolution spatio-temporelle de la succession altitudinale des étages de végétation sur le versant oriental de la dorsale du Congo.

Les graphiques ont été adaptés à une méthode particulière de travail : considérer séparément l'évolution des groupes de taxons polliniques représentatifs de la flore régionale (en suivant les mouvements respectifs des milieux forestiers et des milieux ouverts de savanes) de celle de la flore locale (mouvement du marécage à Cyperaceae et ligneux associés, tels *Syzygium* et *Myrica* aux basses altitudes). Ainsi, les pourcentages de représentativité des taxons forestiers et de savanes sont calculés sur l'ensemble des genres recensés de la flore régionale, ubiquistes exclus, alors que le calcul des pourcentages des taxons marécageux se fait sur la globalité de l'assemblage palynologique.

Sur base de ces préalables, des datations ^{14}C dont on dispose et de l'estimation des taux de sédimentation et de compression de la matière organique (H.PAJUNEN, 1996), des zonations palynologiques ont été définies pour les différentes séquences et des corrélations établies entre elles. Les couches sédimentaires relatives aux zones palynologiques n'ont évidemment pas la même puissance dans les différents dépôts (sans exclure l'un ou l'autre hiatus ou arrêt de sédimentation momentané selon l'évolution de l'activité turfigène des marais), mais l'enchaînement des événements que l'on peut suivre dans chacune des séquences a permis de dégager une vue d'ensemble comparative de l'évolution des différents milieux étagés sur la dorsale.

PRESENTATION DES RESULTATS : MUSISI-KARASHOMA II

Analyse de la matière organique

Le principal objectif du travail étant une analyse palynologique classique de la séquence sédimentaire, des traitements chimiques spécifiques ont été appliqués aux échantillons pour en extraire les palynomorphes. Dès lors, une fraction importante des constituants de la matière organique a été éliminée par le traitement chimique ce qui en exclut une analyse quantitative, mais non qualitative comme l'a prouvé l'examen microscopique.

L'observation au microscope à 250x en lumière transmise de la matière organique issue des résidus de macération a permis d'identifier les constituants suivants :

Matière organique amorphe :

- amas opaques à contour diffus
- amas grumeleux plus ou moins translucides
- matière organique associée à une fraction minérale

Matière organique figurée :

- microfossiles : pollen, spores, diatomées
- fragments végétaux (ligneux ou herbacés) divers de couleur brune : particules ligneuses, parenchyme, membranes, cuticules
- débris noirs anguleux, opaques, oxydés ou carbonisés
- pyrofusinites : particules noires, à structure vasculaire et cellulaire visible, résultant d'une combustion
- filament fongiques, débris ambrés (résines)

L'examen de la séquence sédimentaire a permis d'établir une zonation correspondant à la dominance relative des constituants organiques à différents niveaux (à l'exception du pollen, présent partout en quantité).

Ainsi, six zones ont été définies (Fig. 6):

- Zone I (ZMo. 1) -10 à -60cm : fragments végétaux divers : dominance de débris noirs (pyrofusinites)
- Zone II (ZMo. 2) -60 à -70cm: éléments figurés brun-clair : fragments ligneux, parenchymes, membranes
- Zone III (ZMo. 3) -70 à -90cm: fragments végétaux à structure conservée ; dominance d'éléments ligneux
- Zone IV (ZMo.4) -90 à -140cm: amas opaques à contour arrondi ; petits débris noirs, anguleux
- Zone V (ZMo.5) -150 à -190cm: matière organique amorphe, grumeleuse, translucide
- Zone VI (ZMo.6) -190 à -220cm: matière organique amorphe associée à une fraction minérale sablo- argileuse

Interprétation et discussion

Le climat contrôle les facteurs hydrologiques régionaux déterminant la vie des tourbières car il joue un rôle essentiel dans la productivité végétale (J.J. CHATEAUNEUF et al. 1986).

L'évolution et la distribution des composantes de la matière organique sont révélatrices de l'évolution temporaire du milieu de dépôt et tributaires de l'environnement proche. Ce dernier est soumis à l'action du climat dont les épisodes humide-frais induisent le développement de dépôts importants, et de l'homme dont les activités perturbent le milieu environnant.

La séquence de MUSISI- KARASHOMA II se subdivise en deux parties sur base de l'aspect de la matière organique :

- De -10 à -90 cm : des éléments figurés dominants
- De -90 à -220cm : de la matière organique amorphe dominante

On y observe l'évolution suivante :

- Dans les couches supérieures de la séquence (zone I), on constate une abondance de pyrofusinites, matière organique noire ligneuse résultant d'une combustion. Cette abondance est révélatrice d'une secondarisation du milieu due à une action anthropique provocatrice d'incendies en forêt.
- Sous ce niveau à pyrofusinites, une matière organique peu évoluée brun clair constituée à la fois d'éléments ligneux et herbacés atteste d'apports respectivement exogènes et endogènes à la tourbière (zone II). La présence plus ou moins marquée de tissus herbacés suggère une expansion du marécage consécutive à une ouverture du milieu.
- Dans la zone III, la dominance de structures ligneuses conservées témoigne d'apports en provenance d'un milieu forestier environnant se développant sous climat frais. Ce type de matière organique constitue une fraction « fraîche » ayant échappé à la biodégradation (M. ROCHE 1995)
- Les amas opaques rencontrés dans la zone IV et les amas grumeleux de la zone V soulignent l'évolution de la matière organique telle qu'elle se produit après un séjour prolongé dans le sédiment. Dans la zone IV, on remarque une concentration importante de petits fragments noirs, anguleux. D'origine ligneuse (M. MOSCOL-OLIVERA, 1998), ces fragments seraient le résultat d'une oxydation ou aussi de la carbonisation d'une matière organique ligneuse exogène à la tourbière. Celle-ci pourrait provenir d'une forêt légèrement secondarisée soumise à des feux localisés et de faible ampleur, déclenchés par l'homme.
- Dans la zone VI, la matière organique est associée à une fraction minérale (argile, sable et graviers) provenant des pentes bordières du marais. Il pourrait s'agir de sédiments véhiculés par un apport d'eau soligène (F. DAMBLON, 2001). Cela se manifesterait davantage au début de l'activité turfigène ou à une reprise après un arrêt momentané de celle-ci.

MUSISI - KARASHOMA II

Altitude : 2200 m

Coordonnées géographiques : 2° 16' 16" S
(Co-ordinates) 28° 39' 37" E

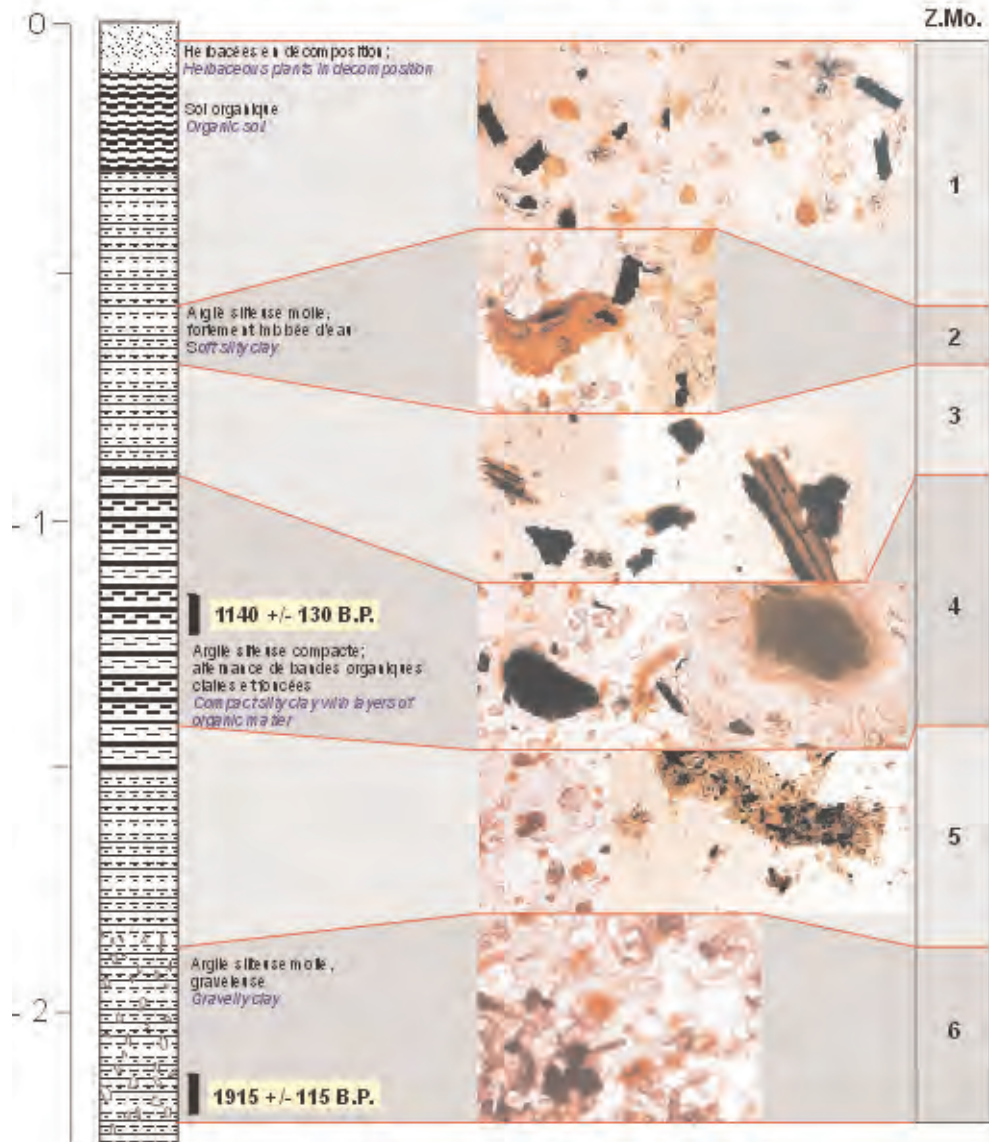


Fig. 6 : vues comparées de la matière organique à différents niveaux de la séquence
various aspects of the organic matter at different levels of the sequence

1. Microfossiles - Fragments de végétaux divers; débris noirs dominants (pyrofusinites)
Microfossils - Plant fragments; black ones prevailing
2. Fragments de végétaux divers, brun clair
Plant fragments, light brown
3. Fragments de végétaux à structure conservée
Plant fragments with preserved structure
4. Amas organiques opaques - Petits fragments noirs, anguleux
Opaque organic heaps - Little black fragments
5. Matière organique amorphe, grumeleuse, translucide
Amorphous organic matter, lumpy, translucent
6. Matière organique amorphe associée à une fraction minérale sablo-argileuse
Amorphous organic matter in sandy-clayey deposit

Fraction figurée
Figurative part

Fraction amorphe
Amorphous part

MUSISI - KARASHOMA II

Altitude: 2200 m

Coordonnées: 2° 16' 16" S
Co-ordinates: 28° 39' 37" E

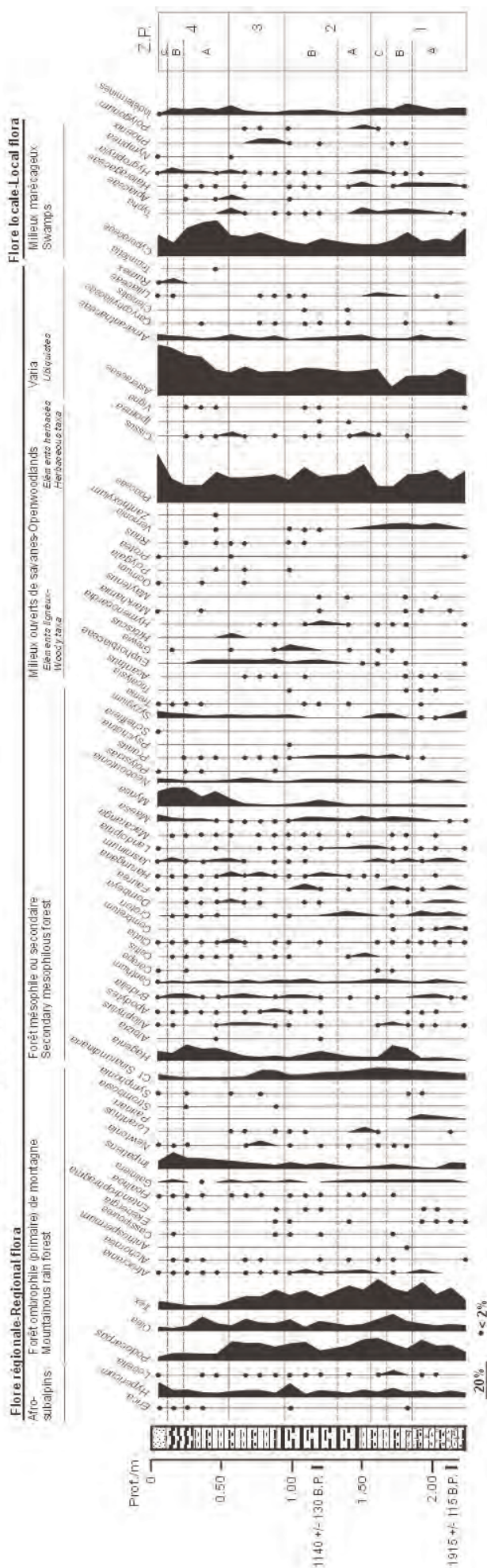


Fig. 7 : Diagramme pollinique détaillé
Detailed pollen percentage diagram

Analyse pollinique

Par suite du regroupement des taxons polliniques en assemblages représentatifs des groupements végétaux qui caractérisent les pentes de la dorsale congolaise du Kivu, quatre zones polliniques ont été déterminées, elles sont représentatives de la dynamique temporelle du milieu, de la base au sommet du sondage (Fig. 7 & 8).

Zone 1 (- 220 à - 160 cm)

Cette zone traduit une expansion de la forêt afro-montagnarde, surtout de sa composante ombrophile. Elle a été subdivisée en trois sub-zones, indicatrices de situations particulières :

Sub-zone 1a (- 220 à - 180 cm)

Dans cette sub-zone on observe une extension de trois genres, représentant principaux de la composante ombrophile de la forêt : *Podocarpus*, *Olea* et *Ilex*. Y sont associés, en moindre importance : *Afrocrania*, *Ekebergia*, *Galiniera*, *Strombosia*. La composante forestière mésophile présente une plus grande diversité que la composante ombrophile mais reste inféodée à cette dernière. A noter : une présence marquée de *Sinarundinaria*.

Sub-zone 1 b (- 180 à - 170 cm)

A ce niveau, *Hagenia* progresse avec la composante mésophile de la forêt, toujours aussi diversifiée que dans 1a, mais le pourcentage global des taxons forestiers ne régresse guère.

Sub-zone 1 c (- 170 à - 160 cm)

Phase de regain des principales composantes de la forêt primaire, *Podocarpus*, *Olea*, *Ilex*, qui enregistrent leur taux de développement maximal. Progression concomitante de *Sinarundiaria*. Appauvrissement de la composante mésophile, tant en nombre de taxons qu'en taux de représentativité.

Zone 2 (- 160 à 95 cm)

Dans cette zone, on enregistre un recul assez prononcé de la forêt primaire, au profit de la forêt secondaire mais aussi d'une légère avancée des milieux ouverts. Deux sub-zones caractérisent la période :

Sub-zone 2a (- 160 à - 140 cm)

La régression de la forêt est attestée ici par un retrait de *Podocarpus*, *Olea*, *Sinarundinaria* alors que *Hagenia* reste peu représenté. Conjointement, la progression modérée des Graminées souligne une légère ouverture du milieu.

Sub-zone 2b (- 140 à - 95 cm)

Un regain forestier se manifeste, visible par la diversité des taxons représentés. *Podocarpus* et *Olea* restent stables alors qu'*Ilex* régresse légèrement et que *Sinarundinaria* poursuit son recul. A l'inverse, *Hagenia*, *Myrica* et *Impatiens* progressent sans toutefois présenter un caractère dominant.

Zone 3 (- 95 à - 60 cm)

On assiste ici à une nouvelle progression des taxons afro-montagnards de forêt primaire. *Podocarpus* et *Olea* restent dominants, *Sinarundinaria* regagne du terrain alors qu'*Ilex* amorce son déclin. La composante mésophile est toujours très diversifiée mais, en pourcentage de représentativité, elle reste dominée par la composante ombrophile.

Zone 4 (- 60 à - 5 cm)

Cette dernière période représente une phase importante de l'évolution du milieu. Elle est marquée par une nette régression des taxons ombrophiles et par une progression des formations secondaires à *Hagenia*. La secondarisation du milieu évolue en trois phases :

Sub-zone 4a (- 60 à - 30 cm)

A ce niveau s'accroît le caractère forestier mésophile. On y enregistre une progression sensible de *Hagenia* et de *Myrica* mais aussi d'une diversité de taxons associés mieux représentés quantitativement que précédemment. La réduction notable de l'élément ombrophile est nettement perceptible. Le milieu s'éclaircit, comme le souligne l'extension du marécage à Cyperacées.

Sub-zone 4b (- 30 à - 15)

Dans cette sub-zone, le recul forestier se manifeste même dans sa composante mésophile alors que *Myrica*, *Impatiens* et les Asteraceae progressent.

Sub-zone 4c (- 15 à - 5 cm)

Au sommet du profil, l'ouverture du milieu s'accroît, attesté par la progression des Poaceae et des Asteraceae. Une forêt de type « Parc » à *Hagenia-Hypericum* s'installe dans laquelle l'élément ombrophile est fortement réduit.

Interprétation et discussion

L'analyse du diagramme pollinique met en évidence divers épisodes de l'évolution du milieu forestier afro-montagnard à MUSISI-KARASHOMA au cours des deux derniers millénaires.

La zone 1 (base : ca .2000 ans B.P.) révèle l'existence, à l'altitude de MUSISI, d'une forêt ombro-mésophile en expansion dans laquelle l'élément ombrophile domine nettement la composante mésophile. La présence dominante au sein de cette forêt de *Podocarpus*, *Olea* et *Ilex* suggère que celle-ci se développait sous un climat frais à température modérée et précipitations abondantes.

Au cours de cette évolution, on remarque toutefois une phase régressive (sub-zone 1b) de la composante ombrophile alors que *Hagenia*, associé à des taxons mésophiles variés, connaît une avancée sensible. Cet événement serait à considérer comme étant d'origine climatique et correspondrait à la phase froide et sèche reconnue au Rwanda ca. 500 ans A.D. (1500-1400 ans B.P.) ; à cette différence près qu'au Rwanda, cette phase climatique a cumulé ses effets à ceux d'une intense activité anthropique d'Age du fer ancien. Celle-ci y a entraîné une secondarisation importante du milieu arboré du plateau central et un léger retrait de la forêt montagnarde occupant la dorsale (M.C. VAN GRUNDERBEEK et al. 1982 ; E. ROCHE et al.1988 ; E. ROCHE, 1991 ; E. ROCHE. 1996). Rien de semblable ne se remarque à MUSISI-KARASHOMA où aucune occupation humaine d'Age du fer ancien n'a été signalée à l'altitude du site pour cette époque (Fig.1c). Les spectres palynologiques attestent que la forêt y reste un milieu fermé où le taux de représentativité des taxons ligneux demeure globalement inchangé.

Après cette courte pulsation sèche, la forêt primaire connaît une nouvelle phase d'expansion sous des conditions climatiques redevenues plus favorables, c'est-à-dire plus humides (sub-zone 1c)

La zone 2 se caractérise par un recul forestier modéré où l'élément ombrophile cède du terrain à la composante mésophile. Toutefois, la progression de cette dernière ne compense pas entièrement le retrait de la première. On constate dans cette zone une expansion modérée

des Poacées et des Asteracées, indicatrices d'une ouverture du milieu. Celle-ci pourrait être due à une action anthropique modérée comme semble l'indiquer l'avancée de *Myrica* qui, généralement en montagne, est liée à des abattages d'arbres. Par ailleurs, la création de clairières en forêt et/ou le recul des lisières serait confirmée par la progression d'adventices comme *Impatiens* et d'essences de remplacement comme *Bridelia* et *Macaranga* (cf. J. LEBRUN, 1936). Cet impact d'activités humaines sur le milieu forestier pourrait être lié au début de l'Age du Fer récent se situant au 8ème siècle A.D. (M.C. VAN GRUNDERBEEK & al., 1982 ; E. ROCHE, 1996), ce qui correspond à la datation du niveau -1.20 m de la séquence : (1140 ± 130 B.P). Avec l'avènement de cette période, la pression humaine serait plus incisive (E. ROCHE, 1996 ; E. ROCHE & C. NTAGANDA, 1999).

Avec la zone 3, on entre dans une nouvelle période d'importante expansion forestière. L'élément ombrophile reprend de l'ampleur mais la composante mésophile, quoique restant inféodée au premier, présente un ensemble de taxons très variés. Cet ensemble forestier fort diversifié devait être favorisé par un climat frais, favorable à son expansion, qui se serait installé au début de la période dite « néoglaciale » (1000-200 B.P.) définie au Mont Kenya (W.C .MAHANEY, 1989 ; H. OSMASTON, 1989) et caractérisée par une réactivation des glaciers sur les hautes montagnes d'Afrique orientale. Cette avancée forestière aurait ainsi bénéficié d'un certain abandon du milieu par des populations ayant quitté la région par suite de conditions de vie devenues défavorables.

Dans la partie supérieure de la séquence (Zone pollinique 4), sous des conditions climatiques qui devaient être proches des actuelles, donc favorables au développement d'une forêt primaire, on observe l'expansion d'un milieu forestier où *Hagenia* devient l'élément dominant alors que les taxons ombrophiles sont en nette régression. Il est évident que cette situation est le reflet d'une forêt de montagne en voie de secondarisation : sous l'action anthropique, des déboisements ont créé des espaces libres favorables à la progression d'un genre héliophile comme *Hagenia*. Cette forêt secondarisée finit elle-même par se dégrader comme l'atteste la progression de *Myrica*, conséquence d'une pression humaine agressive et d'*Impatiens*, adventice des clairières.

Synthèse

En comparant les résultats de l'analyse palynologique à celle de la matière organique, on constate des correspondances entre les deux analyses.

A la ZP.1 correspondent les ZMo.6 et ZMo. 5 : l'analyse palynologique révèle l'existence d'une forêt en expansion. A la base du profil, la matière organique est associée à une fraction minérale importante en provenance de l'érosion des pentes ; ensuite, la matière organique devient grumeleuse et translucide, enrobée dans un sédiment plus fin, argileux, suggérant que la forêt en expansion assure la stabilisation des pentes autour du marécage.

La ZP.2 et la ZMo. 4 attestent une influence humaine modérée sur l'environnement. Avec le recul forestier remarqué par la palynologie, on observe la dispersion dans le sédiment de petits fragments organiques noirs, anguleux, ce qui peut être interprété comme étant de la matière organique carbonisée liée à des feux en forêt provoqués par l'homme.

La ZP.3 révélatrice d'une expansion forestière peut être associée à la ZMo.3 où se remarque une abondance de débris ligneux de MO « fraîche » bien conservés.

Enfin, la ZP.4 où on constate une secondarisation de la forêt, puis une régression forestière avec ouverture du milieu, correspond aux ZMo. 2 et ZMo. 1. Dans cette dernière, l'abondance des pyrofusinites est le fait d'un impact anthropique particulièrement agressif responsable d'incendies de forêt.

COMPARAISON DE RESULTATS

Sites de comparaison

Les séquences de comparaison retenues pour constituer les différentes phases évolutives de l'environnement au Sud Kivu présentent une distribution altitudinale allant de 1500 m à près de 2400 m, ce qui permet de recouvrir ainsi l'étagement originel de la végétation afro-montagnarde régionale (Fig. 1c) :

Sites	Altitudes	Taxons identifiés	Auteur de l'étude
KAKALA	2375 m 2° 18' S	81	S. VILIMUMBALO (1993)
MUSISI I	2200 m 2° 16' S 28° 39' E	90	M. MOSCOL (1998)
MUSISI II	2200 m 2° 16' S 28° 39' E	80	C. KABONYI
KALWIRA	1920 m 2° 32' S 28° 46' E	68	S. VILIMUMBALO (1993)
MUGERA	1550 m 2° 39' S 29° 52' E	70	S. VILIMUMBALO (1993)
KAMAGEMA	1510 m 2° 26' S 8° 48' E	82	S. VILIMUMBALO (1993)

Interprétation de l'évolution du paléoenvironnement dans les différents sites

Les diagrammes polliniques condensés, représentatifs de l'évolution du couvert végétal dans les différents milieux considérés, sont repris aux figures 9a (pour les sites de haute altitude) et 9b (pour les sites de moyenne et basse altitudes).

En comparant les sites de même altitude, on remarque des similitudes dans la succession des événements environnementaux mais ceux-ci peuvent être reconnus aussi entre sites d'altitudes différentes.

Sites de haute altitude

L'examen des diagrammes des trois sites de haute altitude (au-dessus de 2000 m) révèle une succession de phases semblables dans la transformation du couvert forestier (Fig. 9a). Les différentes zones polliniques définies dans l'étude de MUSISI-KARASHOMA II se retrouvent dans MUSISI-KARASHOMA I et KAKALA et les datations ¹⁴C dont on dispose permettent de dater les moments les plus importants de la succession.

Les diagrammes de MUSISI-KARASHOMA I et II résultant de l'analyse de deux séquences issues du même marais présentent des similitudes évidentes, notamment par la succession de six phases évolutives du milieu forestier avec des alternances de milieux fermés (forêt dense primaire) et ouverts (forêt mésophile ou secondaire) telles que décrites dans l'étude de MUSISI-KARASHOMA II.

La confrontation des analyses et les datations ^{14}C des deux séquences ont permis de préciser la chronologie des épisodes marquants de l'évolution forestière ; ainsi, la progression de *Hagenia* au 6^e siècle A.D., au cours de la pulsation climatique froide et sèche (2e phase) ; les premiers effets anthropiques, de faible ampleur, entre les 8^{ème} et 10^{ème} siècles A.D. (4e phase) et le début de la secondarisation de la forêt afro-montagnarde qui se situerait entre les 16^{ème} et 18^{ème} siècles (6e phase).

A KAKALA, l'enregistrement pollinique n'apparaît qu'avec la pulsation froide-sèche de ca 500 A.D., caractérisée ici par une expansion de milieux ouverts à Graminées. Il faut relever aussi que la base de la séquence, sablo-graveleuse et stérile, s'apparente sédimentologiquement à celle de MUSISI-KARASHOMA II. Elle serait le fait d'une érosion de pentes sous climat humide. Pour le reste, la succession des états forestiers relevée dans le diagramme présente des traits communs avec celles des deux autres séquences.

Sites de moyenne et de basse altitude

Aux moyennes et basses altitudes (Fig. 9b), la situation est plus hétérogène et moins simple à décrypter car événements climatiques et anthropiques ont leurs effets qui s'imbriquent depuis plus longtemps et de façon plus marquée. On doit aussi tenir compte de certains paramètres, comme l'éloignement estimé de la limite forestière par rapport au site du sondage. On sait que l'archivage des taxons de forêt dans les diagrammes polliniques est tributaire de la distance séparant les lisières forestières du lieu de l'échantillonnage (J.P. YBERT, 1975). Le balancement entre les genres ligneux et herbacés est, ainsi, indicateur de l'éloignement ou du rapprochement de la forêt et, par conséquent, des phénomènes environnementaux qui l'induisent. A cet égard, à l'origine des profils, la lisière forestière paraît plus proche à KALWIRA et à MUGERA qu'elle ne l'est à KAMAGEMA, site localisé près du lac, à l'inverse des deux premiers.

Bien que, dans les différents sites, l'enchaînement des événements environnementaux réponde à un schéma évolutif commun, des particularités locales apparaissent dans les différents profils. Ainsi, on compte huit changements successifs du milieu à KALWIRA, pour sept à MUGERA et onze à KAMAGEMA. Dans ce dernier site, deux phases ante-2000 ont été inventoriées alors qu'à MUGERA, la première phase post-2000 n'a pas été archivée.

A KALWIRA, proche par son altitude (1920 m) de l'horizon moyen de la forêt afro-montagnarde, on observe la succession suivante :

Ca. 2000 ans B.P.(estimation ; voir : Méthodes, « comparaison »), une formation boisée ombrophile évoluant vers un stade plus mésophile est à son optimum de développement, ce milieu est représentatif de l'état originel de l'horizon inférieur de la forêt de montagne.

Y fait suite, une phase régressive de la forêt concomitante d'une progression de milieux ouverts à Graminées. Sur base des observations faites pour la haute montagne, aucun changement climatique notoire ne peut justifier cette évolution de l'environnement. Cette savanisation ainsi que l'intensification du caractère mésophile de la forêt qui l'a précédée sont révélateurs du premier impact anthropique sur le milieu.

Après cette période de régression, la forêt ombrophile connaît une recrudescence importante du fait, probablement, de conditions climatiques favorables mais aussi d'un abandon du milieu par les populations qui avaient provoqué son déclin temporaire.

Vers les 9e -10e siècles survient un important retrait du milieu forestier s'accompagnant d'une forte expansion des milieux ouverts de savanes. Cet état des choses est, sans conteste, à mettre en relation avec l'installation de nouveaux arrivants dans la région. La pression exercée alors sur l'environnement va provoquer la secondarisation définitive du milieu au niveau du site.

Mis à part un petit sursaut de régénération au cours des derniers siècles, la dégradation du milieu va se poursuivre de manière irréversible et la forêt ne regagnera plus le terrain perdu.

Si l'on compare l'évolution de la végétation au site de KALWIRA à celle des sites de MUSISI-KARASHOMA et KAKALA, on peut établir les premières corrélations entre deux horizons de la forêt régionale. A KALWIRA, la pression anthropique agressive responsable de la secondarisation du milieu se manifeste dès la fin du premier millénaire A.D. A plus haute altitude, ces effets sont perçus mais sont d'une faible ampleur et disparaissent par la suite. La secondarisation définitive de l'horizon moyen de la forêt de montagne survient lorsque la dégradation irréversible de l'horizon inférieur a atteint son terme.

A MUGERA, site de basse altitude proche de la Ruzizi et surplombant la vallée, la première phase de l'évolution du milieu, c'est-à-dire son occupation par la forêt originelle, n'est pas archivée à la base de la séquence sédimentaire. Le premier événement perceptible est celui de la première extension des savanes d'origine anthropique qui a été reconnue à KALWIRA. A ces milieux ouverts succèdent deux périodes d'expansion de la forêt ombrophile encadrant une seconde phase de savanisation occasionnée par un climat plus froid et plus sec qui serait celui du 6^{ème} siècle A.D.

On assiste ensuite à une régression modérée du milieu forestier avec, dans un premier temps, une dominance de la composante mésophile ; cette tendance s'inverse ensuite alors que le marécage est envahi par une association à *Syzygium* et *Myrica*, climax des tourbières de moyenne altitude à nappe phréatique « oscillante » située légèrement en profondeur (P.DEUSE, 1966).

Un regain forestier modéré s'installe ensuite avant que n'apparaisse la secondarisation irréversible du milieu que traduit une expansion maximale des savanes au cours des derniers siècles.

KAMAGEMA est la séquence la plus étendue dans le temps et à l'évolution la plus diversifiée mais celle-ci n'étant supportée que par une seule datation, à sa base, elle ne peut être appréciée que par comparaison avec les autres diagrammes polliniques. L'analyse palynologique de la base de la séquence de KAMAGEMA révèle une évolution de la végétation en deux phases avant 2000 ans B.P. : la première, ca. 2800-2600 B.P., forestière sous climat humide, la seconde qui se situerait entre ca. 2500 et 2000 ans B.P. et qui correspond à une expansion importante des milieux ouverts de savanes dont serait responsable l'installation d'un climat sec. Cet événement a été reconnu notamment au Burundi (E. ROCHE & G. BIKWEMU, 1989) et en Afrique de l'Ouest (J. MALEY, 1992).

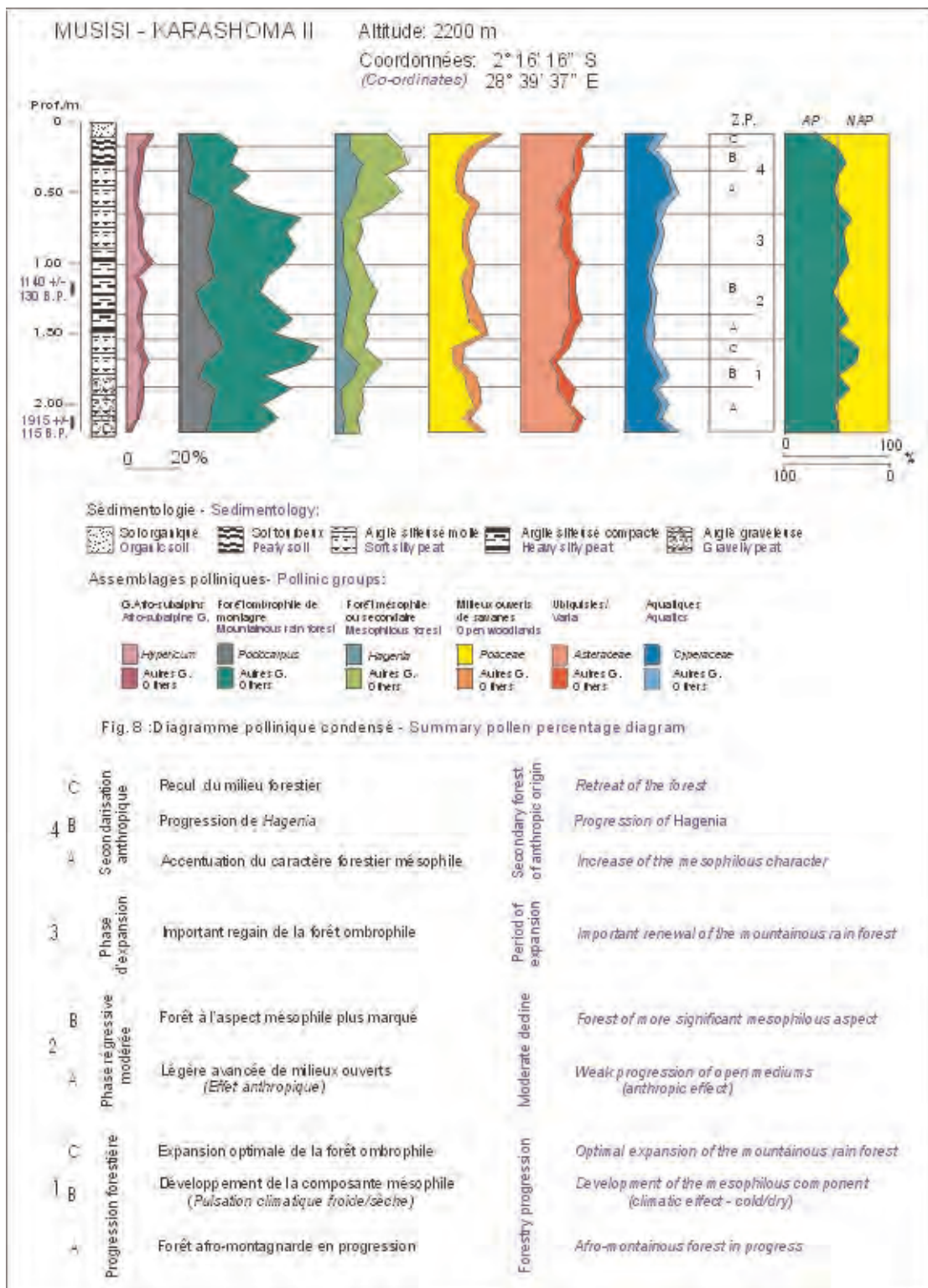
A partir de 2000 ans B.P., l'évolution du milieu à KAMAGEMA s'apparente à celui des deux sites précédents. La première phase, post-2000 B.P., correspond à l'installation de la forêt originelle sous un climat redevenu plus humide après la péjoration de 2500-2000 B.P.

A cette phase où les composantes forestières ombrophiles et mésophiles prennent tour à tour de l'importance succède une expansion savanicole, la première d'origine anthropique, telles que constatées à MUGERA et KALWIRA. Ensuite s'observe un regain forestier plutôt modéré jusqu'au niveau marquant l'origine de la secondarisation définitive du milieu.

Comme à MUGERA, on enregistre à KAMAGEMA la phase d'extension dans le marécage de la formation à *Syzygium-Myrica*. Toutefois, ce stade de développement du marais est précédé ici d'une phase d'expansion des Cypéracées qui ne se remarque pas à MUGERA où elle pourrait être masquée par un hiatus. P.DEUSE (1966) signale ce type d'évolution des marais de moyenne altitude où le « faciès » herbacé à Cypéracées sur nappe aquifère affleurante cède la place à un faciès boisé à *Syzygium-Myrica* là où la nappe aquifère descend en profondeur. Conjointement à cette évolution du milieu boisé local, on constate un retrait des milieux ouverts à Graminées.

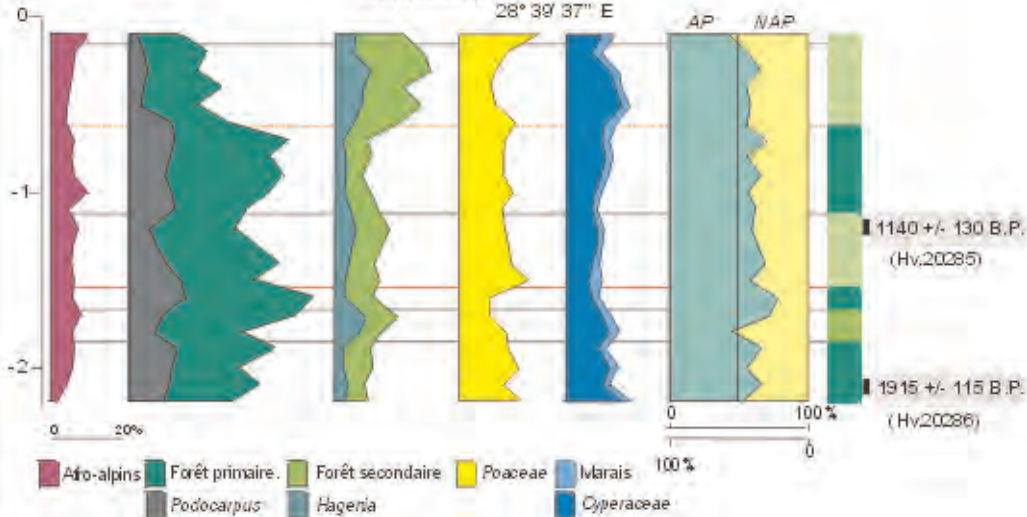
La phase suivante se caractérise par une reprise forestière mais celle-ci correspond à l'avancée d'une forêt secondaire à *Hagenia* occupant des espaces libres dans l'horizon inférieur du milieu montagnard.

Au sommet de la séquence, on remarque une forte régression de la forêt au profit des savanes.



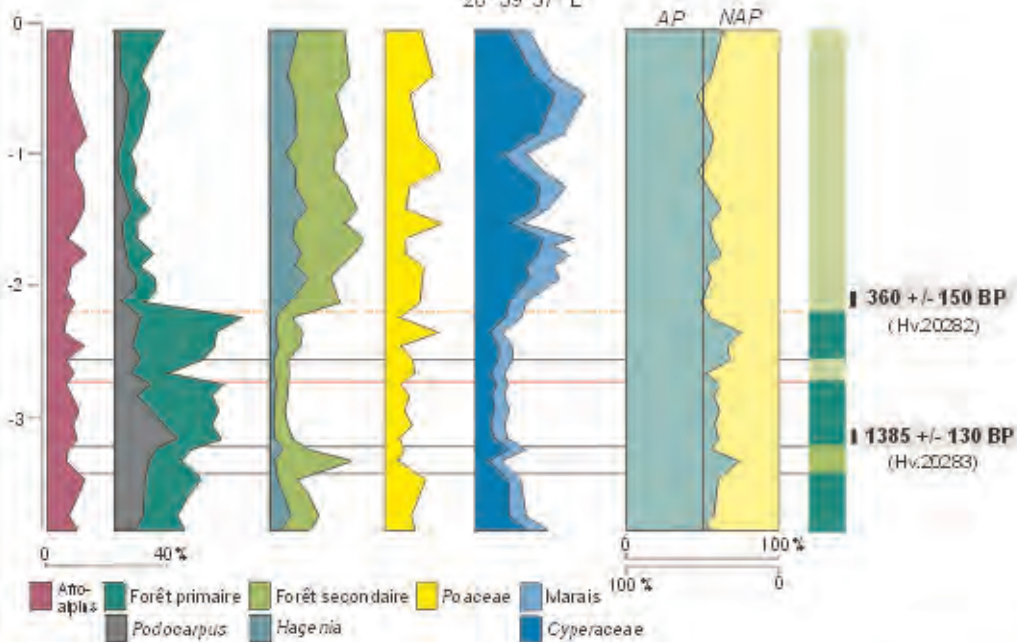
MUSISI - KARASHOMA II

Altitude: 2200 m
Coordonnées: 2° 18' 18" S
28° 39' 37" E



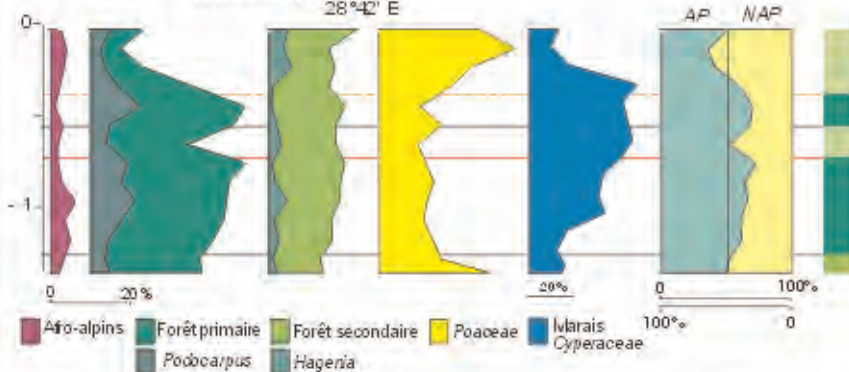
MUSISI - KARASHOMA I

altitude: 2200 m
coordonnées: 2° 16' 16" S
28° 39' 37" E



KAKALA

altitude: 2375 m
coordonnées: 2°18' S
28°42' E



Légende-Legend

(colonne de droite)
(column on the right)

VEGETATION:

Forêt afro-montagnarde
Afro-mountainous forest:

Ombrière-Rais forest

Mésophile-Mesophilites

Secundaire
Open woodland

Milieux ouverts
Open mediums:

Bolles
Wooded
Herbier
Grassy

Marais - Swamps (àwith):

Cyperaceae

Syzygium-Myrica

Myrica-Syzygium

Fig. 9a : diagrammes polliniques condensés de 3 sites de haute altitude du Sud-Kivu
Summary pollen percentage diagram of 3 highlands sites of Southern Kivu

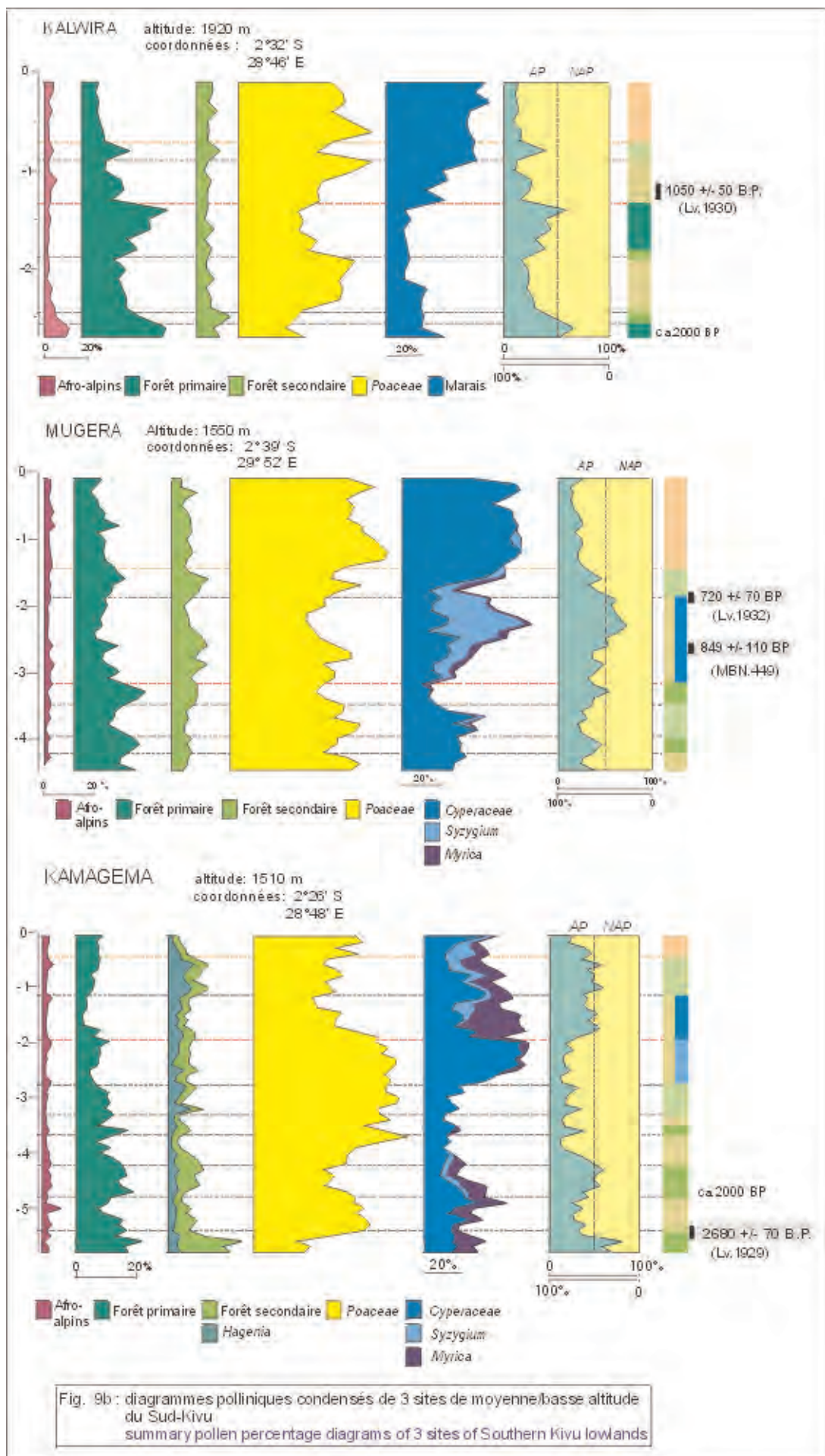
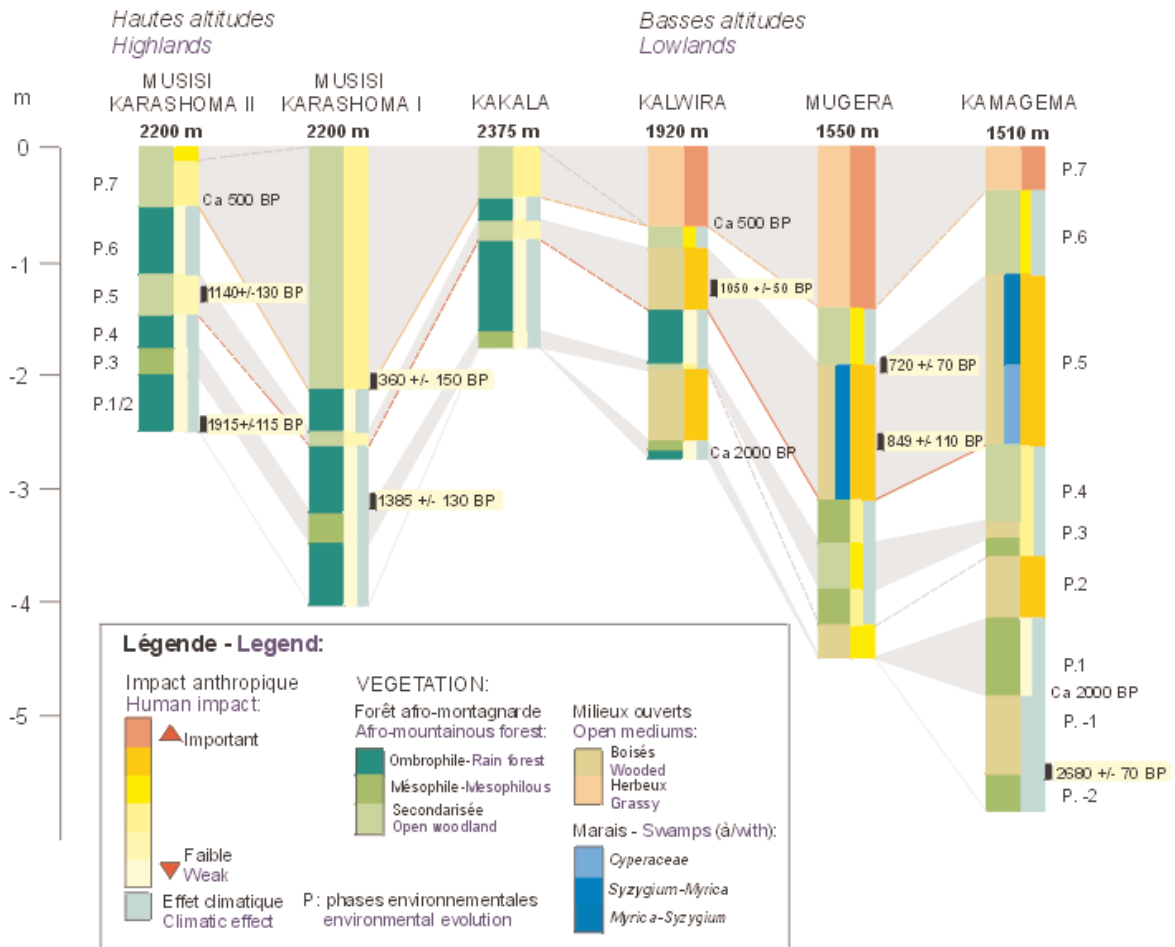


Fig. 10 : Corrélations entre les séquences sédimentaires
Correlations between the sedimentological sequences



Phases évolutives de l'environnement au Sud-Kivu (2 derniers millénaires)
Progressive environmental evolution of Southern Kivu (2 last millennia)



Corrélations entre les différentes séquences analysées

Les corrélations entre les différentes séquences analysées sont reprises à la Fig.10. Elles ont été établies sur base de datations ¹⁴C et d'événements environnementaux reconnaissables s'enchaînant entre eux.

Les phases évolutives (entre 2000 ans B.P. et l'époque sub-actuelle) des milieux respectifs de haute, moyenne et basse altitude entre 2400 m et 1500 m sont numérotées de P1 à P7. Deux phases antérieures à 2000 ans sont numérotées P -1 et P -2 ; seulement inventoriées à KAMAGEMA, elles soulignent l'évolution d'un milieu forestier sous climat humide (antérieur à 2500 ans) vers un milieu de savane sous climat sec (entre 2500 et 2000 ans B.P.).

La phase P1 est révélatrice d'une expansion forestière généralisée à tous les niveaux altitudinaux de la dorsale il y a 2000 ans. Elle n'a toutefois pas été archivée à KAKALA et à MUGERA.

A moyenne altitude (KALWIRA), on perçoit le passage de la forêt d'un état ombrophile à un état mésophile suggérant une secondarisation du milieu qui ne serait pas climatique.

En haute altitude la phase 2 (non reconnue à KAKALA) ne se distingue guère de la phase 1 ; le milieu afro-montagnard restant en son état sous climat humide.

En moyenne et basse altitude par contre, une régression sensible de la forêt s'observe; des savanes arborées prenant la place des formations mésophiles des bords du lac (KAMAGEMA, MUGERA) et empiétant même sur l'horizon inférieur du milieu montagnard (KALWIRA). Cette secondarisation du milieu serait à mettre en relation avec l'occupation de la région par des populations du premier Age du Fer (J. HIERNAUX & E. MAQUET, 1957, 1960).

A la phase 3, dans les sites de haute altitude, la forêt de montagne prend un aspect plus mésophile induit par la pulsation climatique froide/sèche, ca. 500 A.D. (E. ROCHE et al., 1988 ; E. ROCHE & BIKWEMU, 1989). Le phénomène est peu perceptible à KALWIRA ; par contre, à KAMAGEMA et à MUGERA, on observe une succession de deux événements : tout d'abord, le regain de milieux boisés hétérogènes sous le climat plus frais de la période précédente, puis une ouverture du milieu sous la pulsation sèche.

A la phase 4, le climat redevenu plus humide favorise une reprise forestière globale à tous les étages de la dorsale.

Un phénomène généralisé qui se situerait ca. 1000 ans B.P. apparaît dans tous les sites à la phase 5. Au-dessus de 2000 m, la forêt acquiert un aspect plus mésophile qui serait un signe de secondarisation temporaire alors qu'en dessous de cette altitude, une savanisation des milieux de moyenne et de basse altitude se développe de façon sensible, annonçant une régression irréversible de l'espace naturel. A MUGERA et à KAMAGEMA, le milieu marécageux local évolue en formation boisée à *Myrica-Syzygium*. A KAMAGEMA, cet état boisé est précédé d'un stade herbacé à Cyperaceae qui ne semble pas avoir été archivé à MUGERA. A cette époque, l'évolution régressive de l'environnement, plus sévère que la précédente (2e - 4e siècle) serait due à l'immigration, en région interlacustre, de populations sud-nilotiques venues du nord, ce qui correspondrait aux débuts d'un second Age du Fer, l'Age du Fer récent (C. DESMEDT, 1991).

A haute altitude, la forêt primaire de montagne se régénère complètement et même progresse à la phase 6, sous des conditions climatiques fraîches favorables à son expansion. A moyenne et basse altitude, une certaine régénération de la végétation s'installe également ; des ensembles boisés hétérogènes se substituent aux savanes herbeuses et/ou arborées de l'époque précédente. L'évolution de l'environnement observée à la phase 6 correspondrait à la période dite « néo glaciaire » définie en Afrique de l'Est (OSMASTON, 1989).

Enfin, la phase 7 correspond à une régression environnementale généralisée se manifestant à haute altitude par la secondarisation définitive de la forêt et, à moyenne et basse altitude, par une large expansion des savanes herbeuses. Ces événements sont concomitants d'une deuxième vague d'immigration, dans la région des Grands-Lacs, de populations sud-nilotiques qui s'y seraient installées aux 16^{ème} et 17^{ème} siècles.

DISCUSSION

Evolution de l'environnement au Sud-Kivu au cours des deux derniers millénaires

La figure 11 synthétise l'évolution du milieu régional au Sud-Kivu au cours des deux derniers millénaires. L'échelle chronologique établie pour cerner les différents événements environnementaux qui se sont succédés au cours du temps se réfère aux datations ¹⁴C conventionnelles effectuées sur un échantillonnage des différentes séquences comparées et, complémentaiement, sur des repères archéologiques et historiques.

Il y a deux mille ans, après la péjoration climatique favorable au développement de savanes et se situant entre 2500 et 2000 B.P., s'est installé autour du lac Kivu, sous un climat proche de l'actuel, un ensemble forestier que l'on peut considérer comme originel. A l'époque, les pentes bordières des dorsales orientale et occidentale étaient entièrement couvertes de forêts.

D'après les analyses polliniques des différentes séquences étudiées, on peut estimer que l'étagement de la végétation sur la dorsale occidentale du lac se présentait comme suit :

- du bord du lac jusqu'à 1700 m : des formations boisées mésophiles
- de 1700 à 2600 m : une forêt dense ombrophile
- de 2600 à 3000 m : des formations afro-subalpines sclérophylles
- au-dessus de 3000 m : des formations afro-alpines.

Au cours de son histoire, cette végétation originelle va subir des transformations successives dues au climat et/ou à l'action anthropique pour aboutir à la situation actuelle.

Entre 2000 et 1800 ans B.P., on observe les premiers signes de transformation du milieu forestier, surtout dans ses horizons inférieurs où la composante mésophile prend de l'ampleur. Ensuite, entre 1800 et 1550 ans B.P., soit entre le milieu du 2^{ème} siècle A.D. jusqu'à la fin du 4^e siècle A.D., le milieu se secondarise une première fois, dans la zone des formations boisées mésophiles où une expansion des milieux ouverts de savanes se manifeste.

A cette époque, dite de l'Age du fer ancien, sur les plateaux centraux du Rwanda et du Burundi, des populations s'adonnaient à des activités métallurgiques et agro-pastorales à l'interface forêt-savane (M.C. VAN GRUNDERBEEK et *al.*, 1982). L'Age du Fer ancien se caractérise par une céramique spécifique que l'on retrouve dans tous les sites d'occupation de la période : la céramique « Urewe » à ornementation par incision. Ce type de céramique a été retrouvé à l'Ouest du Rwanda, au sud de Cyangugu (I. BOUTAKOFF, 1937; J. NENQUIN, 1967) et au Kivu, au sud de Bukavu et en territoires Havu et Hunde, au nord du lac (J. HIERNAX & E. MAQUET, 1957, 1960 ; E. MAQUET & J. HIERNAX, 1969). Au Rwanda ont été mis à jour de nombreux restes de fourneaux de fonte de fer, concentrés surtout dans la région de Butare. Au Kivu, les seuls débris découverts l'ont été à Tshamfu, au sud-ouest de Bukavu.

On peut penser qu'au Kivu, comme au Rwanda voisin, les populations pratiquaient la déforestation pour développer une agriculture céréalière naissante (*Eleusine, Sorgho*) et offrir des herbages à leur bétail. La proximité de la forêt leur permettait en outre de s'adonner à la cueillette et à la chasse.

Le déclin de la culture « Urewe » se manifeste au Rwanda dès le début du 5^{ème} siècle A.D. mais on en retrouve des traces jusqu'à la première moitié du 7^{ème} siècle. Les causes du déclin seraient dues à une exploitation agressive du milieu mais aussi à une pulsation climatique froide et sèche du début du 6^{ème} siècle qui aurait causé des conditions de vie difficiles, poussant les populations à émigrer. Cet abandon du milieu se remarque au Rwanda par un regain des formations boisées. Au Kivu, le regain forestier se situe entre ca. le 6^{ème} siècle et ca. le 7^{ème} - 8^{ème} siècle A.D. On assiste d'abord à une progression de formations boisées hétérogènes sous climat sec, puis à une réoccupation des bords du lac par la forêt mésophile alors que la forêt ombrophile progresse en altitude sous un climat redevenu plus humide.

Un deuxième Age du Fer ou Age du Fer récent apparaît dans la région des Grands lacs à la fin du 8^{ème} siècle A.D. Il se caractérise par une céramique associée d'un nouveau type, la céramique décorée à la « roulette tressée » introduite par des populations sud-nilotiques

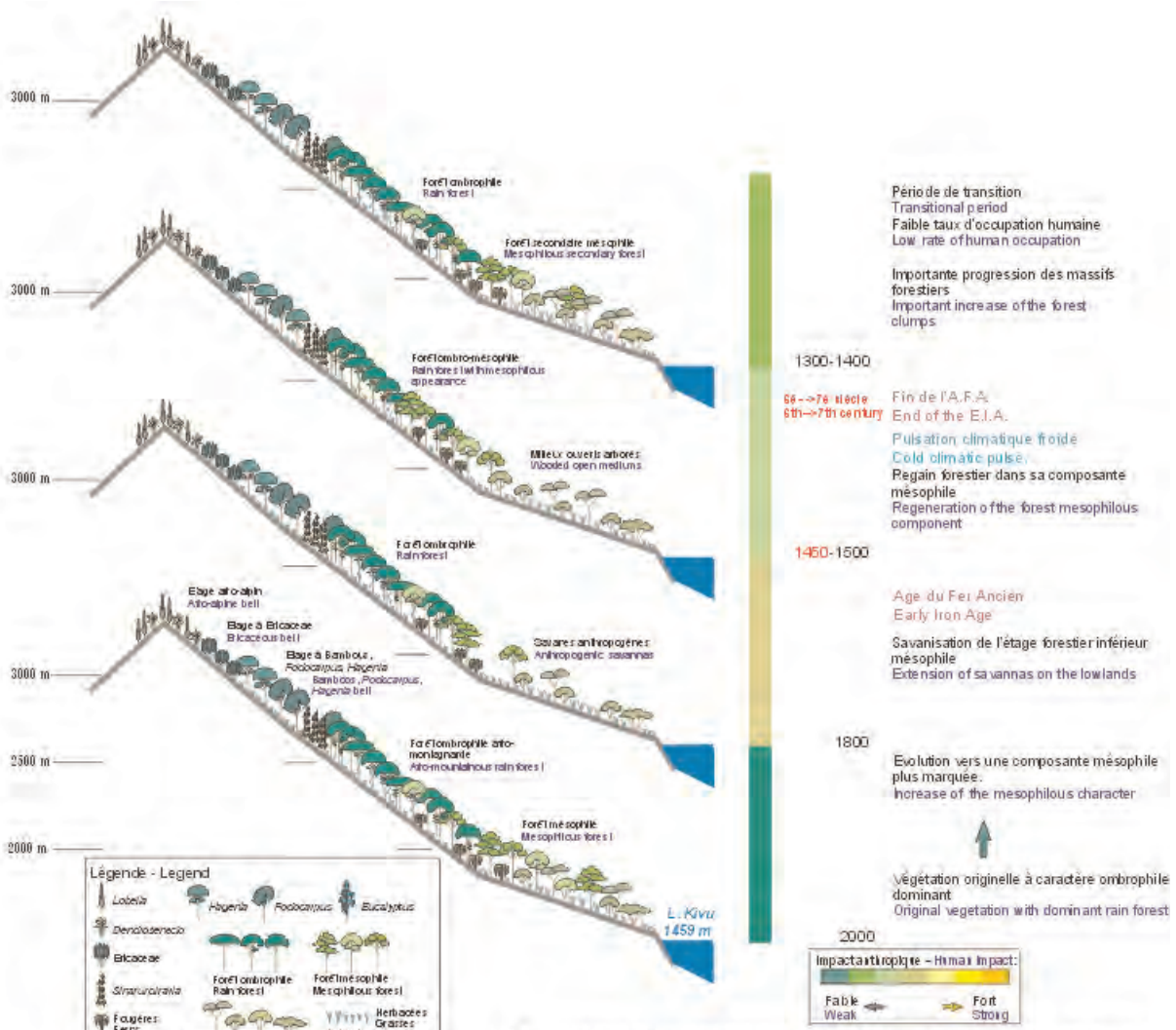
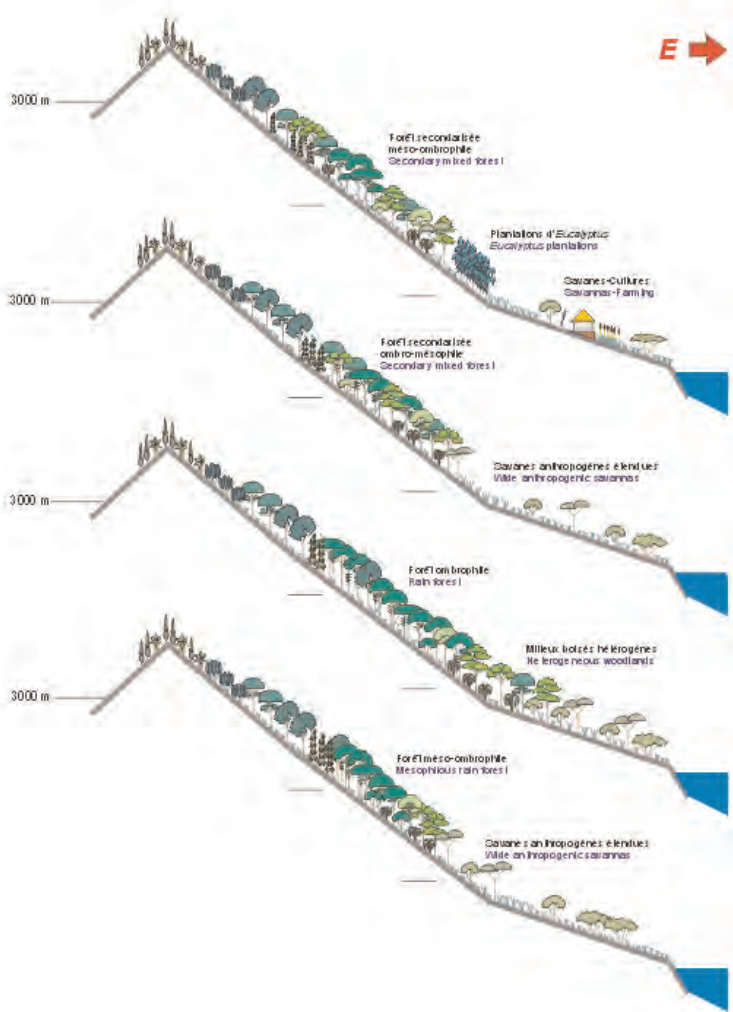
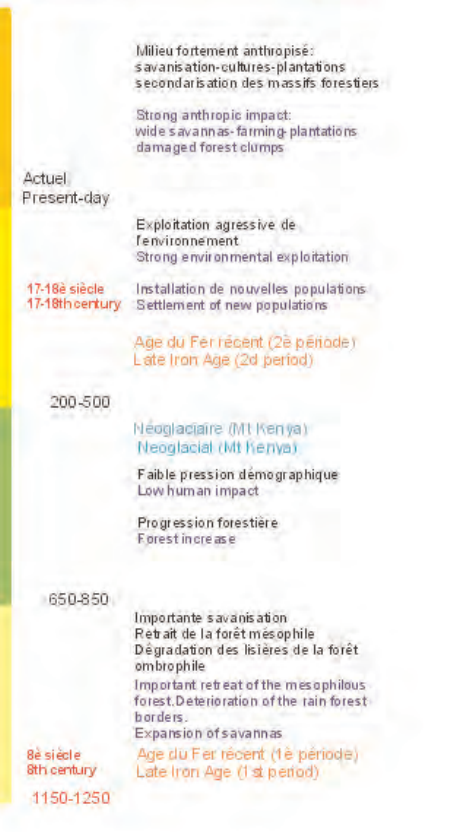


Fig. 11: Evolution de l'environnement au Sud-Kivu au cours des deux derniers millénaires
 Environmental evolution of Southern Kivu during the two last millennia



Chrono-Zones
 Années BP (conventionnel)
 Years BP (conventional)

Repères archéologiques et historiques
 Archaeological and historical references
 (en rouge/in red):
 1450 17^e siècle
 17th century



venues du nord (C.DESMEDT, 1991). Les arrivées successives en région interlacustre (entre le lac Victoria et la branche occidentale du rift) se remarquent aux variantes dans la décoration des poteries, notamment : de ca.800 A.D. à ca. 1300 A.D., la roulette tressée simple et, à partir de 1500 A.D., la roulette tressée fine. La première période d'installation de ces populations au Sud-Kivu se manifeste par un nouveau développement des savanes anthropogènes qui, cette fois remontent davantage en altitude, en concomitance avec l'accentuation du caractère mésophile de la forêt afro-montagnarde. Cet événement se situe entre ca. le 9^{ème} - 10^{ème} siècle A.D. et ca. le 12^{ème} siècle A.D.

Vient ensuite une nouvelle reconquête, plus modérée toutefois, du flanc de la dorsale par les formations boisées : milieux boisés hétérogènes avec espaces de savanes à basse altitude ; regain du caractère ombrophile en forêt primaire. Ce phénomène pourrait être mis en relation avec des effets climatiques de la période néoglaciale caractérisée dans les hautes montagnes de l'Afrique orientale par une réactivation des glaciers : l'avancée de Tyndall au début du 2^{ème} millénaire A.D. et l'avancée de Lewis à partir de 1500 A.D. (OSMASTON, 1989). Ces changements climatiques auraient pu créer des conditions de vie défavorables aux populations locales, provoquant l'exode de celles-ci. La pression anthropique se faisant moins forte sur le milieu, on assiste à une régénération de ce dernier.

Une nouvelle arrivée de populations allochtones dans la région des Grands lacs se situerait au cours des 16^{ème} et 17^{ème} siècles A.D. Cela aurait eu pour effet une redistribution démographique en région interlacustre. Une des manifestations en serait l'expansion du Royaume Rwanda au Nord-Kivu dès le 16^{ème} siècle (A. KAGAME, 1981). A partir de ce moment, s'est enclenché un processus de dégradation irréversible de la végétation qui s'enregistre à tous les étages de la dorsale du Congo : les bords du lac et l'étage inférieur de la forêt de montagne sont tout d'abord envahis par les savanes alors que la secondarisation des étages supérieurs se manifeste ensuite par la progression d'une forêt mésophile à *Hagenia* qui se substitue à la forêt dense originelle.

Il faut malheureusement constater que la démographie galopante de ces dernières années et les besoins accrus en bois de chauffe et en espace à cultiver qu'elle entraîne, réduit pratiquement la superficie forestière du Kivu à la seule zone du parc national de Kahuzi-Biéga que seul son statut, quoique précaire, protège encore d'une dégradation plus intense, voire d'une disparition à terme.

CONCLUSIONS

Les résultats de l'analyse palynologique de la séquence sédimentaire de MUSISI-KARASHOMA II ont permis de cerner les différentes phases de l'évolution du milieu montagnard au cours des deux derniers millénaires :

- après la péjoration climatique de 2500-2000 B.P., reconnue en Afrique centrale et en Afrique de l'ouest, un climat humide favorise, ca. 2000 ans B.P., l'expansion forestière sur la dorsale congolaise du Kivu ;
- ca. 500 ans A.D., une pulsation climatique froide se traduit par la descente de *Hagenia* de l'étage afro-subalpin dans l'étage montagnard ;
- à une recrudescence temporaire de la forêt fait suite, vers le 9^{ème} siècle A.D., une régression d'origine anthropique de faible ampleur attestée par l'ouverture de clairières par des feux courants ;
- un renouveau du milieu montagnard se manifeste ensuite, allant de pair avec une large expansion de la forêt primaire ;
- à partir des 17^{ème} - 18^{ème} siècles, une avancée sensible de *Hagenia* s'observe dans le milieu montagnard. Celle-ci correspond à l'occupation d'espaces libres créés par l'homme comme l'indique la progression d'espèces adventices dans les spectres polliniques et la présence marquée de pyrofusinites, indicatrices de feux de forêt, dans les couches supérieures de la séquence.

En comparant les analyses effectuées sur différentes séquences sédimentaires relevées dans

des marais situés à des altitudes variables sur la dorsale au Sud-Kivu, on constate que :

- l'environnement des régions bordières du lac Kivu était très largement forestier il y a deux mille ans ;
- l'assertion selon laquelle les savanes herbeuses du Kivu seraient d'origine anthropique est confirmée ;
- la secondarisation irréversible du milieu s'amorce au 10^e siècle à moyenne et basse altitude, à partir des 17^{ème} - 18^{ème} siècles à haute altitude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ATLAS DU RWANDA, 1981. Prioul et Sirven Edts., 33 pl. Kigali-Paris
- BIKWEMU, G. 1991. Paléoenvironnements et paléoclimats au Burundi occidental au cours des quatre derniers millénaires par l'analyse palynologique de dépôts tourbeux. Thèse de doctorat en Sc. Botaniques. Université de Liège. 239p.
- 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 40 000 years 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 Zaire-Nil (Burundi). *Rev. Palaeobot. Palyno.*, 67 : 315-330
- BOUTAKOFF, I. 1937. Premières explorations méthodiques des gisements de l'Age de la Pierre au Ruanda-Urundi. Abris sous roche, ateliers et stations en plein air-Communication préliminaire. *Bull. Inst. Royal colonial belge*, VIII, 1 : 179-201
- BUJAK, J.P., BARSS M.S. & WILLIAM, G.L. 1977. Offshore East Canada's organic type color and hydrocarbon potential. *Oil & Gas J.* April 4, 1977: 198-202; April 11, 1977: 96-100
- BULTOT, F. 1950. Carte des régions climatiques du Congo Belge, établie d'après les critères de Köppen. INEAC. Bur. Climatol. Communication n°2
- CHATEAUNEUF, J.J. 1988. La tourbe : caractérisation, prospection et analyse. *Pangea*, 12/13 : 7- 37
- CHATEAUNEUF, J.J., MARTEAU, P., PEZERIL, G. ROCHE, E., BALIHE, M.R., BIKWEMU, G., DIOP, C.E.M., KAREGA, E. & TCHOTA, K. 1988. Gîtologie et qualités des tourbes africaines. *Pangea*, 12/13 : 39-92
- DAMBLON, F. 2001. Les tourbières et leur histoire. *Bulletin du C.E.A.H.*, 40 : 12-24
- DESMEDT, C. 1991. Poteries anciennes décorées à la roulette dans la Région des Grands Lacs. *African Archaeological Review*, 9 : 161-196
- DEUSE, P. 1966. Contribution à l'étude des tourbières du Rwanda et du Burundi. Institut National de la Recherche Scientifique-Butare, Rwanda. Publication n°4, pp.53-115
- DEVRED, R. 1958. La végétation forestière du Congo belge et du Rwanda-Urundi *Bull. Soc. Royale Forest. Belg.*, 6 : 409-468.
- DUPIEUX, N. 1998. Le conservatoire des tourbières. Espaces naturels de France, 244p.
- ERDTMAN, G. 1960. The acetolysis method, a revised description. *Swensk Botanisk Tidskrift*, 54: 561-564
- 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-Biéga, Sud-Kivu, Zaïre. Franz Steiner Verlag. Stuttgart. 239p.
- GERMAIN, R. 1952. Les associations végétales de la plaine de la Ruzizi (Congo belge) en relation avec le milieu. INEAC, Sér. Scientifique, 52, 321p.
- HIERNAUX, J. & MAQUET, E. 1957. Cultures préhistoriques de l'Age des métaux du Ruanda-Urundi et du Kivu-Première partie. *Bull. Acad. Roy. Sc. Coloniales*, n.s., II, 1956-6: 1126-1149
- HIERNAUX, J. & MAQUET, E. 1960. Cultures préhistoriques de l'Age des métaux du Ruanda-Urundi et du Kivu-Deuxième partie. *Mém. Acad. Roy. Sc. Outre-Mer-CI.Sc. Naturelles et Médicales*, n.s., X, 2 : 5-102
- ILUNGA, L. 1991. Morphologie, Volcanisme et sédimentation dans le rift du Sud-Kivu. *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 27 : 209-228
- ILUNGA, L., MUHIRE, I. & MBARAGIJIMANA, C. 2004. Saisons pluviométriques et origine des pluies au Rwanda. *Geo-Eco-Trop.* 28, 1-2 : 61-68
- JOLLY, D. & BONNEFILLE, R. 1992. Histoire et dynamique du marécage tropical de Ndurumu (Burundi), données polliniques. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 75 : 133-151
- JOLLY, D., BONNEFILLE, R. & ROUX, M. 1994. Numerical interpretation of high resolution Holocene pollen record from Burundi. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109/2-4: 357-370

- JOLLY, D., TAYLOR, D., MARCHANT, R., HAMILTON, A., BONNEFILLE, R., BUCHET, G. & RIOLLET, G. 1997. Vegetation dynamics in Central Africa during the Last Glacial and Holocene periods: pollen records from the interlacustrine highlands of Burundi, Rwanda and Western Uganda. *Journ of Biogeography*, 24: 495-512
- KABONYI, C. 2004. Etude floristique d'une végétation naturelle en milieu anthropisé : cas de la formation arbustive xérophile de Cibinda, au Nord de Bukavu. Mémoire inédit, Université de Kisangani, Centre Universitaire Extension de Bukavu (C.U.B.), Faculté des Sciences, Département de Biologie, 72p.
- KAGAME, A. 1981. L'évolution du Royaume Rwanda de 1312 à 1925. In : Atlas du Rwanda, Prioul et Sirven, Edts. -Kigali, Paris
- LIBEN, L. 1962. Nature et origine du peuplement végétal (Spermatophytes) des contrées montagneuses du Congo oriental. *Mém. Acad. Roy. Belge, classe des Sciences, 2^è série*, 15, 3 : 1-195
- LEBRUN, J. 1935. Les essences forestières du Congo belge : Les essences forestières des régions montagneuses du Kivu. INEAC. Sér. Scientifique, 1, 264p.
- LEBRUN, J. 1936. Répartition de la forêt équatoriale et des formations végétales limitrophes. Ministère des Colonies. Publ. Direction générale Agriculture et Elevage, Bruxelles, 195p.
- LEBRUN, J. 1956. La végétation des territoires botaniques du Ruanda-Urundi. *Les Naturalistes belges*, Vol.spécial, 22-48
- LEBRUN, J. 1960. Sur une méthode de délimitation des horizons et étages de végétation des montagnes du Congo oriental. *Bull. Jard. Bot. Etat Brux.*, 30 : 75-94
- LEONARD, A. 1962. Les savanes herbeuses du Kivu. Publication INEAC (Bruxelles), Sér. Scientifique, 95, 87p
- LEWALLE, J. 1972. Les étages de végétation du Burundi Occidental. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 42 : 1-247
- MAHANEY, W.C. 1989. Quaternary glacial geology of Mount Kenya. In: *Quaternary and Environment Research on East African Mountains* (Mahaney Ed.- Balkema, Rotterdam):121-140
- MALEY, J. 1992. Mise en évidence d'une péjoration climatique entre 2500 et 2000 ans B.P. en Afrique tropicale humide. *Bull. Soc. Géol. France*, 163, 3 : 363- 365
- MAQUET, E. & HIERNAUX, J. 1969. Céramique ancienne en territoires Havu et Hunde (Kivu, R.D. Congo). *Africa Teruuren*, XIV- 1968/4 : 111-116
- MOSCOL-OLIVERA M. 1998. Analyse palynologique d'une séquence sédimentaire holocène à Musisi-Karashoma (Kivu-R.D.Congo) .Influences climatiques et anthropiques sur l'environnement. Mémoire inédit de DEA, Université de Liège, Faculté des Sciences, 51p.
- MOSCOL-OLIVERA M. & ROCHE, E. 1997. Analyse palynologique d'une séquence sédimentaire holocène à Musisi-Karashoma (Kivu,R.D.Congo) .Influences climatiques et anthropiques sur l'environnement. *Geo-Eco-Trop*, 1-4 : 1-26
- NENQUIN, J. 1967. Contribution to the study of the Prehistoric cultures of Rwanda and Burundi. Musée royal de l'Afrique centrale, *Ann. Sc. Humaines*, 59: 257-271
- NTAGANDA, C. 1991. Paléoenvironnements et paléoclimats du Quaternaire supérieur au Rwanda par l'analyse palynologique de dépôts superficiels. Thèse de doctorat en Sc. Botaniques. Université de Liège. 281p.
- OSMASTON, H. 1989. Glaciations and equilibrium line altitudes on Kilimanjaro. In: *Quaternary and Environmental Research on East Africa Mountains*, Balkema (Rotterdam): 7-30
- OSMASTON, H. 1989. Glaciations and equilibrium line altitudes on the Ruwenzori. In: *Quaternary and Environmental Research on East Africa Mountains*, Balkema (Rotterdam): 31-104
- PAJUNEN, H. 1996. Mires as late Quaternary accumulation basins in Rwanda and Burundi, Central Africa. Geological Survey of Finland, Bulletin 384, pp. 5-104
- PECROT, A. & LEONARD, A. 1960. Carte des sols et de la végétation du Congo Belge et du Rwanda-Urundi.16. Dorsale du Kivu. A, B et C. Notice explicative. INEAC(Bruxelles) 124p.
- ROBYNS, W. et al. 1948. Flore du Congo-Belge et du Rwanda-Urundi, Spermatophytes. Vol. 1 à 10, INEAC, Bruxelles
- ROCHE, E. 1991. Evolution des paléoenvironnements en Afrique Centrale et Orientale au Pléistocène supérieur et à l'Holocène. Influences climatiques et anthropiques. *Bull. Soc. Géographique 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
- ROCHE, E. 1998. Evolution du paléoenvironnement holocène au Rwanda. Implications climatiques déduites de l'analyse palynologique de séquences sédimentaires. *International Conference « Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology »* (Brussels, 22-24 May 1996): pp. 108-127

- ROCHE, E. & VAN GRUNDERBEEK, M.C. 1987. Apports de la palynologie à l'étude du Quaternaire supérieur au Rwanda. *E.P.H.E. Mémoires et Travaux Institut de Montpellier*, 17 : 111-127
- 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.sci. tech.*, XXV: 105-123
- ROCHE, E. & BIKWEMU, G. 1989. Paleoenvironmental change on the Zaïre-Nile ridge in Burundi, the last 20 000 years: an interpretation of palynological data from the Kashiru core, Ijenda, Burundi. In: Quaternary and Environmental Research on East African Mountains. (Ed: W.C. Mahaney)-A.A.Balkema/Rotterdam/Brookfiel, pp.231-242
- ROCHE, E & NTAGANDA, C. 1999. Analyse palynologique de la séquence sédimentaire Kiguhu II (Région des Birunga, Rwanda). Evolution du paléoenvironnement et du paléoclimat dans le domaine afro-montagnard du Rwanda au cours de l'Holocène. *Geo-Eco-Trop.* 22: 71-82
- ROCHE, M. 1995. A short lesson on palynofaciès (non published)
- RUNGE, J. & RUNGE, F. 1995. Phytolithanalytische und klimageschichtliche untersuchungen im Musisi-Karashoma- Sumpf, Kahuzi-Biega-Nationalpark, Ost-Kongo(ex-Zaïre). *Paderborner Geographische Studien*, 11: 79-104
- RUNGE, J. 2001. Landschaftsgenese und Paläoklima in Zentralafrika. *Relief, Boden, Paläoklima*, 17, 294 p. Gebr. Borntraeger.Berlin-Stuttgart.
- SCAËTTA, H. 1933. Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du Fossé tectonique (Afrique centrale équatoriale). Communication préliminaire. *Inst. Roy. Col. Belge ; Sect. Sci. Nat. Méd.*, Mém. In-4°, 2 (2), 108p.
- SCAËTTA, H. 1934. Le climat écologique de la dorsale Congo-Nil (Afrique centrale équatoriale), *Mém. Inst.Roy. Congo belge*, 335p.
- TRAVERSE, A. 1988. Paleopalynology, Boston, London, 600p.
- TROUPIN, G. 1978, 1983, 1985, 1988. Flore du Rwanda. Spermatophytes, Vol. I ,403p. ; vol. II , 603 p. ; vol. III , 729p. et vol. IV 651p. ACCT, Musée Royal de l'Afrique Centrale et I.N.R.S. Butare
- VAN GRUNDERBEEK, M.C., ROCHE, E. & DOUTRELEPONT, H. 1982. L'Age du Fer ancien au Rwanda et au Burundi, archéologie et environnement. *Journal des Africanistes*, 52, 1-2 : 5-58
- VAN GRUNDERBEEK, M.C., DOUTRELEPONT, H. & ROCHE, E., 1984. Influence humaine sur le milieu au Rwanda (665 A.D.) -Apport de la palynologie et de l'étude des charbons de bois. *Revue de Paléobiologie-vol. special*: 221-229-Genève
- VILLENEUVE, M. 1977. Précambrien du Sud-Kivu (Région du Kivu, Rép. du Zaïre). Etude pétrographique, stratigraphique et tectonique. Thèse de doctorat 3è cycle, Univ.Aix-Marseille III.
- VINCENS, A., 1989. Paléoenvironnements du bassin Nord-Tanganyika (Zaïre, Burundi, Tanzanie) au cours des 13 derniers mille ans : apport de la palynologie. *Rév. Palaeobot. Palynol.* , 61 : 69-88
- VILIMUMBALO, S. 1993. Paléoenvironnements et interprétations paléoclimatiques des dépôts palustres du Pléistocène supérieur et de l'Holocène du Rift Centrafricain au sud du lac Kivu (Zaïre). Thèse de doctorat en Sc. Géographiques. Université de Liège, 212p.
- 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 (Belgique). CIFEG-Orléans, Publ. Occas., 31 :145-157
- WHITE, F. 1986. La végétation de l'Afrique. AETFAT/ORSTOM-UNESCO. Recherches sur les ressources naturelles, XX, 384p.
- YBERT, J.P. 1975. Emissions polliniques actuelles dans la zone du contact forêt-savane en Côte d'Ivoire. *Bull.Soc. Bot. Fr.*, 122 : 251-265