

PALÉOENVIRONNEMENTS ET PALÉOCLIMATS DURANT LE PLÉISTOCENE SUPERIEUR ET L’HOLOCENE SUR LA DORSALE OCCIDENTALE DU KIVU EN RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO

Kabonyi Nzabandora Chantal

Université Officielle de Bukavu,
Département de Biologie, Bukavu, RD. Congo
Université de Liège, Département de Géologie, Unité de Paléobiogéologie-
Paléobotanique-Paléopalynologie, Belgique

Roche Emile

Gerrienne Philippe

Université de Liège, Département de Géologie, Unité de Paléobiogéologie-
Paléobotanique-Paléopalynologie, Belgique

Abstract

Palynological studies of sedimentary sequences issued from swamps located in the highlands of the KBNP (Kahuzi-Biega National Park) on the western divide of Kivu in Eastern D.R. Congo, revealed important environmental events that occurred during Upper Quaternary. The Cishaka sequence covers the last 35000 years. In the Upper Pleistocene, during the “Kalambo Interstadial” period (32000- 26000 years BP), a mixed forest spread out under a moderately warm-wet climate. In the course of the “Mount Kenya Hypothermal” regressive phase (25000- 15000 years BP), in the “Last Glacial Maximum” (20000-18000 years BP) takes place an exceptional expansion of open grasslands that evidenced an important drought. After that, the revival of an afro-montane forest growing under cold-wet climatic conditions is recorded, but that one is temporarily interrupted by the Young Dryas dry pulse. At the Humid Holocene Period (10000-7000 years BP), with the increase of rainfall, the Kivu Lake level is raising when the swamps in the highlands are transformed in lakes. Around 6500 yrs BP, the afro-montane rainforest invaded by afro-subalpine taxa turns into a secondary mixed forest as the result of a climatic deterioration. At 4000 yrs BP, an important spreading of grasslands in the highlands and of savannas in the lowlands testifies that an aridity peak occurs at the time. The changes that occurs from 3000 years BP to 2000 years BP in the

fromontane forest suggests a climatic instability that moreover speeds up erosion processes. In the course of the first millennium AD, rainforest grows again; that event being shortly interrupted by a drought around 500 years AD. At the beginning of the second millennium AD, the lower belt of the forest is yet deteriorated by anthropic action while middle and upper belts are stable but marked by a fresh climate resulting of the “Mount Kenya Neoglacial” influence. From 17th – 18th centuries, human impact increases progressively in the highlands.

Keywords: Palynological studies, Palaeoenvironement, Upper Pleistocene and Holocene periods, divide of Kivu in Eastern D.R. Congo

Résumé

L'étude palynologique de la séquence sédimentaire de Cishaka provenant du sondage réalisé dans le secteur « haute altitude » du Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB) sur la dorsale occidentale du Kivu en R.D. Congo a permis une reconstitution de 35000 ans d'histoire paléoenvironnementale régionale. Au Pléistocène supérieur, pendant la période dite du « Kalambo Interstadial » (32000-26000 ans BP), un ensemble forestier hétérogène occupe le terrain sous un climat modérément chaud-humide. Au cours de la phase régressive de l' « Hypothermal du Mont Kenya » (25000-15000 ans BP), le Dernier Maximum Glaciaire (DMG = LGM / 20000-18000 ans BP) voit se développer une importante extension de milieux ouverts herbacés, témoins d'une grande xéricité. Ensuite, le retour d'une forêt afro-montagnarde à connotation afro-subalpine, témoin de conditions climatiques froides-humides est temporairement interrompu par une nouvelle extension de milieux ouverts attestant une pulsation sèche qu'on peut assimiler au Dryas récent (DR = YD). A l'Optimum Humide Holocène (10000-7000 ans BP), avec l'accroissement des précipitations, le lac Kivu connaît une hausse importante alors que les dépressions en altitude sont transformées en lacs. La progression de la forêt ombrophile de montagne qui aurait dû s'ensuivre n'a pas été archivée par manque d'enregistrement sédimentologique. Les premiers dépôts marécageux de l'Holocène révèlent l'existence, vers 6500 ans BP, d'un milieu forestier ombro-mésophile en évolution régressive témoignant de conditions climatiques plus fraîches. Vers 4000 ans BP, une expansion importante des milieux ouverts naturels « climatiques », prairies en altitude et savanes sur les pentes inférieures des reliefs, souligne un déficit hydrique à mettre en relation avec la période d'aridité globale de l'Afrique à cette époque. Le retour à une certaine stabilité climatique au cours du premier millénaire AD permet à la forêt montagnarde de reprendre de l'ampleur. Celle-ci, au cours

du deuxième millénaire AD subira des déprédations anthropiques qui iront en s'accroissant au cours du temps.

Mots-clés : Etude palynologique, Paléoenvironnements, Pléistocène Supérieur et Holocène, dorsale occidentale du Kivu

Introduction

Parmi les régions d'Afrique intertropicale ayant fait l'objet d'études palynologiques dans un but de reconstitution paléoenvironnementale, celle des zones bordières du lac Kivu reste la moins bien connue malgré certaines tentatives d'approche du problème ces vingt dernières années. Le présent travail concerne la reconstitution de l'environnement forestier du Kivu au Pléistocène supérieur et à l'Holocène dans le secteur « haute altitude » du Parc National de Kahuzi-Biega car, dans cette région, les facteurs climatiques sont favorables à la genèse de dépôts tourbeux au sein d'un environnement naturel constitué d'une forêt ombro-mésophile montagnarde.

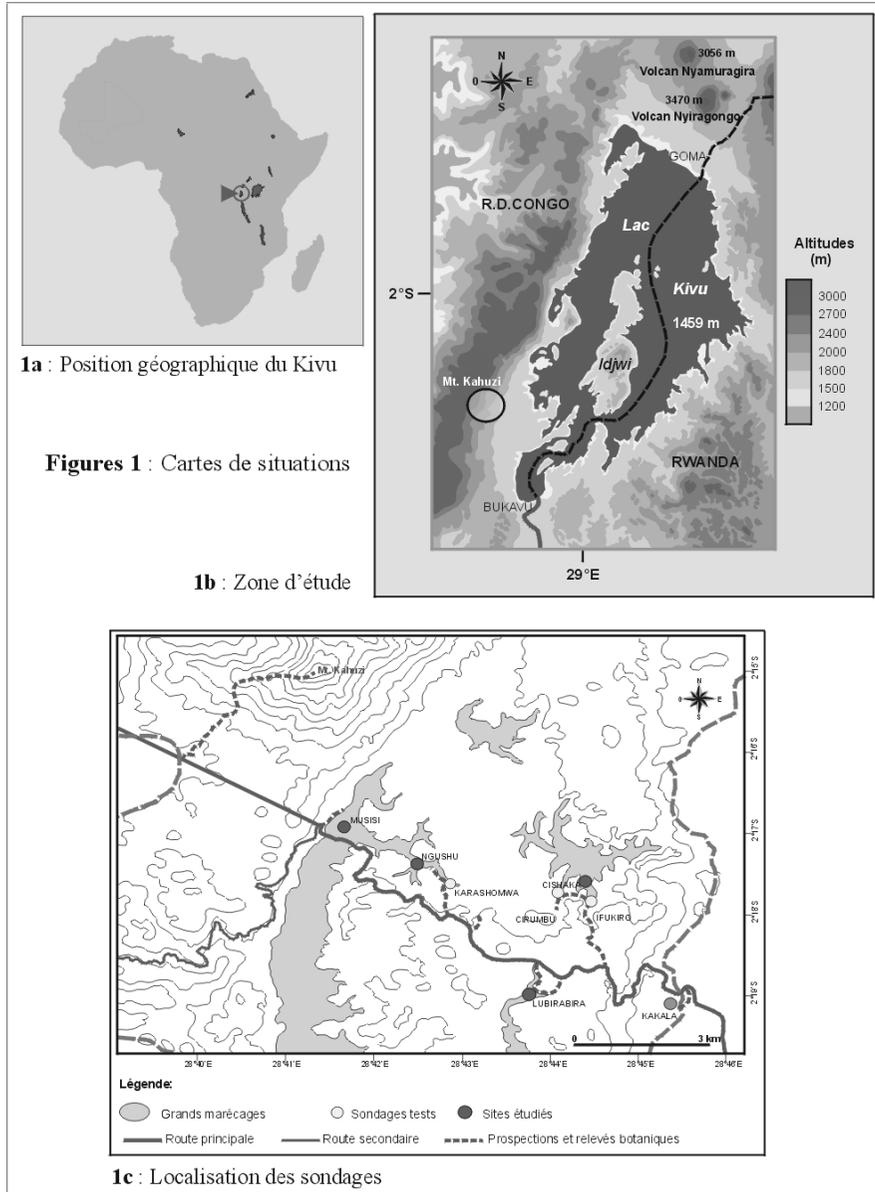
La recherche entreprise propose de cerner, sur base d'une étude palynologique, l'évolution du milieu forestier environnant, de situer les différentes phases évolutives de ce dernier dans un cadre chronologique et de distinguer les influences climatiques et anthropiques ayant façonné le paysage afro-montagnard au Quaternaire supérieur.

L'étude palynologique en question concerne l'analyse d'un site tourbeux, le marais de Cishaka, localisé dans le secteur « haute altitude » du Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB) et couvrant une période de quelque 35 000 ans.

Matériel et Méthodes

Cadre géographique (Orographie)

La région du Kivu, située à l'Est de la République Démocratique du Congo, est dominée, dans sa partie extrême-orientale, par la dorsale occidentale du rift centrafricain (Runge, 1997), la chaîne des Mitumba, qui culmine à 3310 m d'altitude au Mont Kahuzi, au NO de Bukavu (2°30'50'' S – 28°50'37'' E), chef-lieu du Sud-Kivu (Figures 1).



Contexte environnemental

Le parc National de Kahuzi-Biega, d'une superficie de 6000 km², fut créé en 1970 pour protéger les gorilles des plaines orientales (*Gorilla beringei graueri*) et leur habitat (Mangambu et al., 2014). Il comprend 2 sommets principaux qui sont des volcans éteints, le Kahuzi d'une altitude de 3310 m et le Biega d'une altitude de 2790 m. Ce parc se situe dans la Province du Sud-Kivu, dans la partie sud de la chaîne Nord-Ouest de la ville de Bukavu , chef-lieu de la province du Sud-Kivu.

Le marais de Cishaka qui est le notre de zone prospectée se trouve dans ce Parc. On y accède après avoir parcouru 4 km de route depuis l'entrée du parc, puis en se déplaçant à pied, à travers la forêt sur une distance de 2,5 km vers le nord. On atteint ainsi la branche sud du marais où le sondage a été effectué (coordonnées géographiques : 2°17'34'' S –28°44'24'' E ; altitude : 2260 m).

Le marais de Cishaka se situe à 2260 m d'altitude au sein d'une forêt ombro-mésophile dans une zone (entre 2000 et 2400m) où la dorsale occidentale du Kivu subit les précipitations les plus intenses. En remontant les pentes du Mont Kahuzi, on rencontre des horizons à Bambous inclus dans l'étage supérieur de la forêt. A partir de 2800m jusqu'au sommet à 3200m, on passe à une végétation plus ouverte, herbacée et arborescente, d'abord de type afro-subalpin, ensuite de type afro-alpin ; à ces altitudes, les précipitations sont moins intenses mais les brouillards sont persistants, ce qui entretient une humidité atmosphérique quasi permanente.

Vers les altitudes plus basses, sous 2000m, le milieu afro-montagnard acquiert un caractère plus mésophile. Ce dernier s'accroît jusqu'à 1600m. Sous 1600m, le climat plus sec du fond du rift favorise le développement d'une flore sclérophylle.

Aujourd'hui, des forêts mésophile et sclérophylle, il ne reste que des lambeaux épars, l'espace étant très largement occupé par des cultures.

Ces différents étages de végétation constituent des ensembles écologiques dont le changement de composition et les déplacements à flanc de montagne au cours du temps constituent des indicateurs de modifications climatiques intervenant dans l'évolution du paléoenvironnement..

Echantillonnage

Au niveau des sites prospectés, des sondages (Fig.1c : localisation) ont été réalisés à l'aide d'une sonde de type « Russe». Des carottes de 50 cm de long ont été extraites puis préservées à l'état humide dans des ½ tubes PVC découpés dans le sens de la longueur et emballés dans des sacs en plastique pour éviter la dessiccation. En attendant les analyses, ces emballages ont été conservés au frigo. Pour chaque site, les coordonnées géographiques, l'altitude et l'orientation ont été relevées à l'aide d'un GPS. Une description succincte de la végétation des marais et de leurs alentours a été faite sur base d'investigations et d'inventaires botaniques effectués en cours de prospection.

Ensuite, les différentes carottes de sondage toujours incluses dans leurs tubes PVC, annotés « Haut »/ «Bas » avec mention des profondeurs ont été décrites en laboratoire et un à deux cm³ de sédiment ont été prélevés tous les 10 cm pour analyse. Des prélèvements ont été effectués également pour procéder à des datations ¹⁴C.

Méthodologie

Traitement de l'échantillonnage

L'extraction du matériel fossile a été réalisée par le procédé de l'acétolyse, technique mise au point par Erdtman (1960). Elle comporte :

- une déshydratation de l'échantillon par l'acide acétique glacial
- un traitement par le mélange acétolytique (9 volumes d'anhydride acétique + 1 volume d'acide sulfurique concentré)
- un chauffage au bain-marie pendant 15 minutes
- une dilution dans l'eau
- une filtration sur un tamis à mailles de 200 μ
- une filtration avec un filtre de 12 μ

Pour les échantillons contenant des particules minérales (silice, silicates...) l'acétolyse est précédée d'un traitement à l'HF (40%).

Analyse du graphique

En plus restreints, les groupements palynologiques sont le reflet des groupes écologiques représentatifs des différentes composantes d'une flore régionale. Leurs variations concomitantes peuvent donc servir à la reconstitution de l'évolution paléoenvironnementale d'une région déterminée ; en l'occurrence, ici, du secteur « haute altitude » du Parc National de Kahuzi-Biega sur la dorsale occidentale du Kivu.

En vue de procéder à l'interprétation palynologique de la séquence sédimentaire de Cishaka, les pollens ont été répertoriés dans les différents groupes suivants : Les afro-alpins/subalpins, la composante ombrophile de la forêt de montagne, sa composante mésophile, les milieux ouverts en distinguant les éléments ligneux des éléments herbacés et, enfin, la Flore marécageuse. Des variations subies par ces divers groupes tout au long de la séquence on pourra en déduire l'évolution paléoenvironnementale au cours du temps.

Résultats

Analyse palynologique de la séquence de marais Cishaka

L'analyse palynologique issue de la séquence de Cishaka ne concerne que cinq mètres de profondeur étant donné que l'argile grise, qui représente un mètre de la base du sondage, est très pauvre en pollens. Toutefois, cette base a été datée et couvre une période de 38800 +/- 4100-2700 BP, échantillon daté à -600 cm, base du profil.

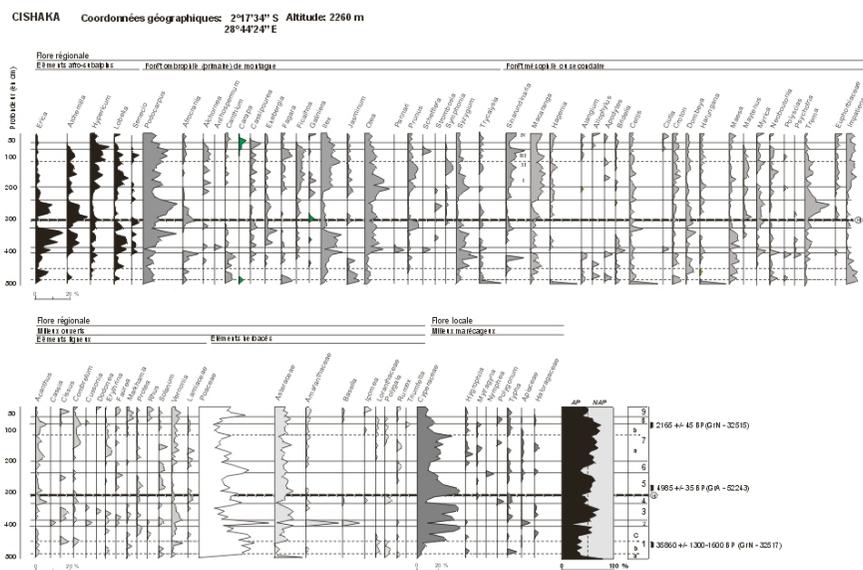


Figure 2. Diagramme palynologique de la séquence du marais Cishaka

L'évolution des différents taxons polliniques souligne neuf phases du développement forestier afro-montagnard (figure 2).

En fonction de la dynamique des principales composantes de la forêt au sein des zones précitées, la première zone, zone 1, a été subdivisée en trois sous-zones et la zone 7 en deux sous-zones.

Zone 1 : de – 500 cm à –390cm

La zone 1 pour laquelle on dispose d'une datation de 35860 +/- 1300-1600 BP (GrN-32517) à – 480 cm retrace l'évolution d'un couvert forestier en expansion qui s'accomplit en trois étapes.

- Sous-zone 1a : de – 500 cm à – 490 cm

Cette première sous-zone est révélatrice d'une association d'éléments ligneux plutôt disparates où on relève comme taxons dominants *Hagenia* (20%), *Celtis* (20%), *Harungana* (20%) et *Trycalysia* (20%) dans un contexte environnemental ouvert où dominent successivement Asteraceae (20%) et Poaceae (29%) et où la composante environnementale dense ne compte que peu de représentants significatifs : *Podocarpus*, *Fagara*, *Ilex*, *Jasminum*, *Olea*, *Syzygium*.

- Sous-zone 1b : de – 490 cm à – 450 cm

Dans cette sous-zone, le milieu forestier tend à se structurer ; on note une avancée d'*Erica* (5%), de *Podocarpus* (5%), de *Canthium* (1,5%), de

Jasminum (3,5%) et d'*Ilex* (3%) tandis que la composante mésophile du milieu, toujours dominante, se diversifie ; *Macaranga*, *Allophylus*, *Apodytes*, *Maesa*, *Vernonia*, en sont les principaux éléments alors que *Hagenia* disparaît. Les Poaceae (31,5%) sont encore en progrès dans un milieu toujours ouvert ; par contre, les Asteraceae (2%) régressent et les Cyperaceae (7,5%) stagnent à un niveau très bas.

- Sous-zone 1c : de – 450 cm à – 390 cm

Ici, une forêt hétérogène se met en place et le milieu a tendance à se resserrer. Les Poaceae connaissent un sérieux retrait et la composante forestière ombrophile prend de l'ampleur. *Podocarpus* restant stable, l'avancée est surtout marquée chez *Afrocrania* (6,5 %), *Canthium* (2,5%), *Cassipourea* (1%), *Ilex* (11%), *Syzygium* (12%) et *Sinarundinaria* (12,5%). Dans l'assemblage mésophile, on observe les progrès de *Macaranga* (4%), *Croton* (2%), *Dombeya* (3%) et *Maesa* (4%) et l'apparition de *Polyscias*. La forte progression des Cyperaceae (51%) s'accompagne d'une avancée d'*Erica*, d'*Hypericum* et de *Lobelia*.

Au terme de la zone 1, les AP (Arboreal Pollens), précédemment dominés, l'emportent sur les NAP (Non Arboreal Pollens).

Zone 2 : de – 390 cm à – 380 cm

Courte période où on enregistre une explosion des herbacées, Poaceae (48,5%), Amaranthaceae (22,5%), *Basella* (12,5%). La composante afro-subalpine, *Alchemilla* (3,5%), *Erica* (6,5%), *Lobelia* (1,5%) progresse simultanément alors que le retrait des Cyperaceae (4,5%) est très accusé. La majorité des éléments ligneux régresse drastiquement ; on note cependant le maintien, voire la progression de certains taxons comme : *Bridelia* (3,5%), *Cassia* (1%), *Clutia* (0,5%), *Cussonia* (0,5%), *Harungana* (1%), *Myrica* (2%), *Olea* (8%), *Parinari* (2%), *Schefflera* (1%) et *Vernonia* (3,5%).

Dans la zone 2, les NAP dominent très nettement les AP.

Zone 3 : de – 380 cm à – 310 cm

La zone 3 se caractérise par une reconquête du milieu largement ouvert de la zone 2 par un ensemble constitué de taxons de la forêt dense ombrophile et du milieu afro-subalpin dont certains manifestent une progression très sensible : *Podocarpus* (17%), *Ilex* (9,5%), *Syzygium* (6%), *Alchemilla* (8%), *Erica* (14%) et *Lobelia* (3%). Dans ce cortège, on constate une avancée plus modeste de *Cassipourea* (1,5%), d'*Ekebergia* (4,5%) et de *Sinarundinaria* (4,5%) ainsi que la stabilité d'*Olea* (4%). La composante mésophile se développe peu, de même que l'assemblage de ligneux de milieux plus ouverts. A remarquer toutefois la progression lente de *Macaranga* (2,5%), *Dombeya* (4,5%), *Maesa* (4%) et *Trema* (3,5%) et le

retrait de *Vernonia* (1,5%) qui évolue à l’opposé de l’extension forestière. Si les Asteraceae (9,5%) et les Cyperaceae (49%) sont en progrès, marqué pour les secondes, les Poaceae (7,5%) sont en sérieux recul.

Zone 4 : de – 310 cm à – 300 cm

En début de période, dans la zone 4, on relève un recul très accusé des Cyperaceae (4,5%), semblable à celui de la zone 2 alors que les Poaceae (27%) ne progressent pas proportionnellement.

On constate par contre une progression des Asteraceae (11%), dont *Senecio* (1%). Avec la régression du marais, on enregistre un retrait quasi total d’*Erica* (0,5%), mais moins prononcé d’*Alchemilla* (15,5%) et de *Lobelia* (2%). Excepté *Afrocrania* (3,5%), *Prunus* (5%), *Myrica* (1,5%) qui sont en progrès et *Olea* (3,5%) ainsi que *Macaranga* (1,5%) qui sont stables, tous les genres forestiers sont en recul : *Podocarpus*, *Cassipourea*, *Ekebergia*, *Syzygium*, *Sinarundinaria*, mais surtout *Ilex* (1,5%). En fin de période, les Cyperaceae (47%) repartent sérieusement à la hausse, entraînant celle d’*Alchemilla* (15,5%). Dans le milieu forestier, seul *Podocarpus* (8%) connaît un regain.

Zone 5 : de – 300 cm à – 240 cm

Cette période, datée de 4985 ± 35 B.P (GrAnr – 52243) à –290cm, atteste une recolonisation forestière de type afro-montagnard plutôt supérieur que souligne une nouvelle importante progression de *Podocarpus* (17,5%) et une discrète avancée de *Ficalhoa* (1,5%) ; *Olea* (5%) restant stable. Dans la composante mésophile, *Hagenia* (1,5%) affiche sa présence et *Myrica* (1,5%) se maintient. Le seul taxon vraiment représentatif de cette composante à ce niveau est *Trema* (16,5%) dont l’extension est particulièrement marquée. Le milieu, antérieurement ouvert, se resserre ; les Poaceae (15%) rétrogradent. Le recul mesuré des Cyperaceae (17,5%) s’accompagne d’une présence significative d’*Alchemilla* (8%) et d’une progression d’*Erica* (7 %).

Zone 6 : de – 240 cm à – 200 cm

Cette zone correspond à un important recul des pollens d’arbres alors que le taux de représentativité des Poaceae (30,5%) est particulièrement élevé. *Podocarpus* (4%) subit un tassement non négligeable dans un ensemble ombrophile réduit mais où *Olea* (12,5%) et *Syzygium* (6%) progressent cependant. Le seul mouvement important dans la fraction mésophile est le retrait de *Trema* (1,5%) auquel succède une avancée de *Macaranga* (5%) et de *Hagenia* (2%). Les Cyperaceae (11,5%) connaissent une baisse brutale dans un marais où *Alchemilla* (1,5%), *Erica* (1,5%) et *Lobelia* (0,5%) décroissent également.

Zone 7 : de – 200 cm à – 90 cm

La zone 7 traduit la présence marquée d'une association de taxons afro-montagnards de forêt dense intégrant des éléments afro-subalpins affirmés et des essences mésophiles largement inféodées à l'ensemble.

- Sous-zone 7a : de – 200 cm à – 140 cm

Cette phase correspond à un progrès de *Podocarpus* (9%) associé à *Ficalhoa* (2,5%), qui prend de la consistance, de même que *Ilex* (5%), *Prunus* (3%), *Symphonia* (1,5%) et *Syzygium* (4,5%) tandis que *Olea* (3%) est en nette récession. *Sinarundinaria* dont deux pics (3,5% et 3,5%) sont perceptibles suit la progression de *Podocarpus* mais on constate que ses fluctuations se manifestent en alternance avec ce dernier. Partie intégrante de l'ensemble ombrophile dense, on note la présence d'*Alchornea*, *Canthium*, *Cassipourea*, *Ekebergia*, *Fagara*, *Galiniera*, *Jasminum*. Quant à *Macaranga* (6,5%) et *Neoboutonia* (2%), ils sortent du lot d'un assemblage mésophile sans particularité évidente. Les Cyperaceae (29%) sont en expansion, conjointement à *Alchemilla* (6,5%), *Hypericum* (7%) et surtout *Lobelia* (10%) et contrairement aux Poaceae (11,5%), en recul sensible, alors que les Asteraceae (4%) sont stables.

- Sous-zone 7b : de – 140 cm à – 80 cm

Au niveau du marais, les Cyperaceae (42,5%) continuent leur progression, de même que *Podocarpus* (11,5%) et *Sinarundinaria* (12%) qui connaît un nouveau pic, (2165 ± 45 B.P (GrN – 32515) à – 80 cm), dans le milieu forestier dont l'aspect varie peu. A côté d'*Ilex* (9%), en net progrès, on enregistre celui de *Fagara* (3%), *Hagenia* (3%) et *Myrica* (2%) la stabilité d'*Alchornea* et de *Macaranga* et le retrait de *Prunus* et de *Syzygium*.

Zone 8 : de – 80 cm à – 50 cm

Dans la zone 8, la composante ombrophile paraît connaître une certaine instabilité alors que la mésophile n'évolue guère. Certains taxons forestiers accusent un recul tel *Podocarpus* (7%), *Fagara* (1%), *Ilex* (5%), *Prunus* (1%); ce recul est particulièrement sensible pour *Olea* (2%) et *Sinarundinaria* (5,5%).

Par contre, d'autres éléments progressent comme *Alchornea*, *Carapa*, *Cassipourea*. L'instabilité apparente n'influe pas sur une quelconque ouverture du milieu, les Poaceae (12,5%) restant limitées à des taux assez bas. La zone marécageuse semble se rétrécir, vu le faible pourcentage de Cyperaceae (11,5%) alors qu'*Hypericum* (10%) fait un bond en avant.

Zone 9 : de – 50 cm à – 32,5 cm

La zone 9 évoque une image compressée de l'évolution post 2000 BP du milieu dans lequel les NAP prennent le pas sur les AP. Les Poaceae (27,5%) sont en importante extension, surtout en début de zone et l'ensemble des genres ligneux régresse, sauf quelques héliophiles comme *Macaranga*, *Hagenia*, *Vernonia*. *Sinarundinaria* (5,5%) connaît un dernier accroissement tandis que le marais n'évolue pas, les Cyperaceae (6%) restant à des taux très bas.

Interprétation des résultats

Evolution de l'environnement local

Datée à sa base (-600 cm) de ca. 38000 ans BP, la séquence de Cishaka s'est révélée palynologiquement stérile pour son mètre inférieur. L'analyse pollinique ne commence donc qu'à –500 cm, niveau qu'on peut estimer remonter à quelque 36000 ans.

- Evolution de l'environnement dans la zone 1

La zone 1 révèle l'évolution d'un environnement forestier initialement très ouvert et se resserrant au cours du temps. Celui-ci met cependant du temps à se structurer, les deux premières sous-zones faisant état d'un ensemble qu'on ne peut assimiler à un aspect typique du milieu afro-montagnard tel qu'il est connu actuellement.

Au départ d'un groupement hétéroclite recelant des taxons qui se répandent dans des milieux découverts comme *Hagenia*, *Harungana*, *Fagara*, voire *Trycalysia*, on voit se profiler la mise en place d'un assemblage où les essences mésophiles, notamment *Macaranga*, *Alangium*, *Allophylus*, *Apodytes*, *Dombeya*, *Maesa* et *Vernonia* développent une dynamique d'occupation du terrain accrue alors que la composante ombrophile est encore diffuse.

Avec la sous-zone 1c apparaît un complexe forestier mixte ombromésophile réellement structuré où la fraction ombrophile domine cette fois la mésophile alors que les espaces herbacés sont en net recul. C'est ainsi qu'on voit progresser significativement *Podocarpus*, *Afrocrania*, *Canthium*, *Ilex*, *Syzygium* et *Sinarundinaria* attestant la constitution d'un horizon moyen de la forêt afro-montagnarde dans lequel *Macaranga* et *Maesa* progressent encore modérément. Au développement du marais souligné par l'importante extension des Cyperaceae pourrait être liée la progression de *Syzygium guineense* et/ou *rowlandi*, espèces qu'on peut retrouver dans la végétation bordière des marécages tandis que la poussée d'*Ilex* résulterait d'une humidification de l'environnement encore favorable, par ailleurs, au développement de genres héliophiles. Le pic de Bambous pourrait être, lui,

révélateur d'un fléchissement temporaire de la température et de l'humidité en cours de période.

- Evolution de l'environnement dans la zone 2

Dans la zone 2, l'expansion maximale des herbacées, principalement des Poaceae mais aussi des Amaranthaceae (*Sericostachys*) et de *Basella*, genres héliophiles qui envahissent lisières et clairières, traduit une ouverture exceptionnelle du milieu, ce que suggère également le recul de la plupart des éléments ligneux. On remarque cependant une avancée de certains genres comme *Erica*, *Alchemilla*, *Lobelia*, *Senecio*, *Shefflera*, liés au froid ; d'*Olea* et de *Myrica* qui occupent des milieux perturbés en déficit hydrique ou de *Cussonia*, *Harungana* et *Vernonia* qui profitent des espaces libres créés par ces conditions particulières. On aurait donc ici le reflet d'un environnement soumis à une détérioration climatique couplant à la fois une baisse de la température et une chute d'humidité. La faible représentativité des Cyperaceae montre que la sécheresse affecte aussi sérieusement le marécage. Cette période froide et sèche pourrait correspondre à la phase la plus aiguë de la détérioration climatique du dernier maximum glaciaire (DMG = LGM).

- Evolution de l'environnement dans la zone 3

Avec la zone 3 s'opère une reconquête du milieu se distinguant surtout par une poussée d'éléments ombrophiles et afro-subalpins ; les essences mésophiles restant fortement en retrait, de même que les Poaceae, en net recul. L'ensemble des taxons en progression conjointe de celle de *Podocarpus* présente l'aspect d'une végétation se développant sous des conditions climatiques, froides et humides, se situant à l'extrême de l'horizon supérieur de la forêt dense afro-montagnarde, proche du milieu afro-subalpin. On recense des éléments liés à une certaine humidité ambiante et pouvant s'étendre en altitude comme *Ekebergia*, *Ilex*, *Syzygium* (sp. *parvifolium*), *Trema*, ces trois derniers étant plutôt héliophiles. La progression de *Maesa*, associée à celle d'*Erica* et à la présence d'*Hypericum* pourrait aussi être le fait d'un climat froid et humide (Lebrun & Gilbert, 1954). Mais l'avancée peu marquée de *Sinarundinaria* suggère que le froid aurait été trop intense pour favoriser son développement. L'expansion du marais qui résulterait de ces conditions climatiques particulières, s'accompagne d'une progression conjointe d'*Alchemilla* et de *Lobelia*. On pourrait y inclure également celle de *Syzygium*, du moins si on considère qu'il s'agit des espèces *guineense* et/ou *rowlandi*, qui seraient alors des composantes de la végétation péri-marécageuse.

- Evolution de l'environnement dans la zone 4

L'assemblage pollinique de la zone 4 dénote une nouvelle période de dégradation climatique. On observe que les NAP dominant à nouveau les AP et que les seuls genres ligneux qui ne sont pas en recul sont ceux capables de supporter les basses températures de haute altitude (jusqu'à 3000 m) mais aussi un sérieux fléchissement de la pluviosité. Par ailleurs, ces taxons ont aussi la faculté de se propager dans des milieux ouverts. Si *Olea* résiste en maintenant ses taux antérieurs, on note par ailleurs la progression d'*Afrocrania*, *Cassipourea*, *Prunus*, *Myrica*, *Senecio* et les Asteraceae en général. La sécheresse influe sur l'étendue du marais, comme le suggèrent les faibles taux de représentativité des Cyperaceae et d'*Alchemilla*, proches de ceux atteints dans la zone 2. La comparaison entre les zones 2 et 4 ne vaut toutefois pas pour les Poaceae dont la progression est ici plus modeste, ce qui tend à démontrer que les conditions climatiques sont moins rudes. La brève phase de dégradation forestière de la zone 4 où le caractère du climat passe du froid-humide au froid-sec, créant une ouverture du paysage, pourrait être assimilée à l'épisode du Dryas récent (YD) enregistré dans les hautes et moyennes latitudes.

- Evolution de l'environnement dans la zone 5

Dans la zone 5, aux alentours de 5000 ans BP, on remarque une progression forestière soumise à une influence altitudinale froide à humidité ambiante. L'archivage pollinique révèle un assemblage de type horizon supérieur de la forêt montagnarde en évolution positive où *Podocarpus* et *Trema* sont les essences les plus dynamiques. *Macaranga*, habituellement présent à côté de *Podocarpus* dans des milieux perturbés régressifs, est remplacé ici par *Trema*, genre très plastique, à croissance rapide, colonisateur de clairières et lisières dans l'horizon supérieur de la forêt de montagne (Robyns, 1935), en série progressive d'un environnement modérément ouvert ainsi que le montre le taux assez moyen des Poaceae. Malgré l'humidité ambiante, une baisse relative des précipitations pourrait expliquer le recul du marais, envahi par *Alchemilla* et dont les abords exondés seraient occupés par *Erica*. L'expansion de *Podocarpus* et d'*Erica* suggère des conditions climatiques plutôt rigoureuses, se traduisant surtout par de basses températures (Ntaganda, 1991).

- Evolution de l'environnement dans la zone 6

L'importante expansion des Poaceae et la prédominance des NAP sur les AP caractérisent la zone 6. Conjointement, on constate un recul prononcé des taxons forestiers sauf *Olea*, *Prunus*, *Syzygium*, *Macaranga* et *Hagenia* qui sont en progrès assez marqué. L'avancée de *Macaranga* et de *Hagenia* témoigne d'une évolution forestière régressive, à l'inverse de celle constatée

à la zone 5 où *Trema*, ici en net recul, était particulièrement dynamique. L'évolution régressive pourrait être attribuée à des perturbations climatiques, vraisemblablement une pulsation fraîche associée à une instabilité hydrique comme le suggère l'extension d'*Olea*. Quant à *Prunus* et *Syzygium* (probablement *S. parvifolium*), ce sont des espèces susceptibles de s'adapter, sous des formes rabougries, à des conditions climatiques difficiles (Combe, 1977). La régression notable du marais, dans toutes ses composantes, serait consécutive à cette période de sécheresse qu'on pourrait assimiler à l'épisode OPP (Older Poaceae Period) de Runge (2001) survenu ca. 4000 ans BP.

- Evolution de l'environnement dans la zone 7

La zone 7 est révélatrice de l'expansion d'une forêt dense afro-montagnarde d'horizon supérieur intégrant des éléments afro-subalpins ainsi que des éléments mésophiles qui lui sont largement inféodés. Cet assemblage relève d'un climat aux températures assez fraîches et aux précipitations régulières mais non violentes. On y remarque la coexistence de *Podocarpus* et *Ficalhoa*, l'installation de façon stable de *Macaranga* ainsi que la progression par paliers de *Sinarundinaria*.

Dans la sous-zone 7a, l'ensemble formé par *Podocarpus*, associé à *Ficalhoa*, *Ilex*, *Prunus*, *Symphonia*, *Syzygium*, *Macaranga*, *Neoboutonia* est révélateur de la reconquête, sous des conditions redevenues plus humides (Marchant & Taylor, 1998), d'espaces ouverts (Habiyaremye, 1997) dégagés par la phase régressive antérieure. Les taxons associés à cet ensemble sont essentiellement ombrophiles : *Alchornea*, *Canthium*, *Cassipourea*, *Ekebergia*, *Fagara*, *Galiniera*, *Jasminum* ; le regain d'humidité pourrait expliquer le recul d'*Olea*. Les éléments mésophiles sont ici de peu d'importance. Au cours de la période, on observe deux pics de *Sinarundinaria*, probablement consécutifs d'une légère variabilité climatique. Le resserrement du milieu se traduit par un recul des Poaceae. La progression des Cyperaceae signale un marais en expansion envahi par *Alchemilla* et *Lobelia* dans les endroits les plus humides et les plus dégagés ; par *Hypericum* et *Maytenus* dans les zones plus sèches et plus boisées.

Dans la sous-zone 7b se manifeste une progression sensible de *Podocarpus* et de *Sinarundinaria*, lequel atteint un nouveau pic d'extension, ca 2100-2200 BP., plus important que les précédents. L'avancée simultanée de *Ficalhoa* souligne sa coexistence avec les deux genres précités dans un groupement mixte se développant au sein du massif forestier dense. Dans l'évolution de ce dernier, on enregistre une extension de certains genres tels *Alchornea*, *Fagara*, *Ilex*, *Macaranga* alors que d'autres régressent comme *Prunus*, *Symphonia*, *Syzygium* et qu'*Olea* poursuit son déclin. Cet aspect des choses pourrait être lié à une légère hausse de la température et de l'humidité. En cours de période, un environnement momentanément plus

ouvert expliquerait le pic de Poaceae observé ainsi que la progression de genres héliophiles : *Ilex*, *Myrica*, *Polyscias* et *Trema*. L'avancée postérieure de *Schefflera* serait liée à celle du Bambou. L'évolution du marais suit le même schéma : un recul après une extension des Cyperaceae. Si *Alchemilla* et *Lobelia* ne varient guère, *Hypericum* est en net progrès, ce qui pourrait signifier qu'un atterrissement se serait produit après la phase d'expansion, comme suite à l'ouverture temporaire du milieu et à l'expansion de la Bambousaie, moins fixatrice des sols.

- Evolution de l'environnement dans la zone 8

La zone 8 constitue l'amorce de l'évolution environnementale des deux derniers millénaires. Parmi le cortège des essences ombrophiles, pour la plus grande partie en recul, on remarque cependant un léger progrès de *Carapa*, *Cassipourea* et *Ilex*. Ces trois taxons, dont le dernier est héliophile et les deux autres habituellement dominés au sein de la forêt dense montagnarde, ont bénéficié d'un milieu largement ouvert qu'atteste l'importante expansion des Poaceae. Une légère progression est enregistrée également pour *Hagenia*, *Croton*, *Vernonia* et *Impatiens*, tous les quatre colonisateurs de clairières. Après sa régression antérieure, le marais se stabilise ; *Hypericum* y est toujours largement dominant. Globalement, à ce niveau, les NAP l'emportent sur les AP. A l'aube du premier millénaire de notre ère, en dehors de toute influence anthropique irréfutable, on peut suggérer que le recul forestier enregistré soit l'annonce d'un dérèglement climatique.

- Evolution de l'environnement dans la zone 9

Ce dérèglement se confirme dans la zone 9 où on relève, dans le diagramme pollinique, une expansion majeure des Poaceae à côté d'un ensemble forestier assez statique où seuls progressent quelque peu *Macaranga* et *Hagenia*. Ce pic de Poaceae qui serait assimilable au MPP (Medium Poaceae Period) de Ngushu précède de peu une dernière expansion de *Sinarundinaria*. Cet épisode pourrait être identifié comme les effets de la phase climatique sèche reconnue au Rwanda ca 500 ans AD. (Roche, 1996 ; Roche & Ntaganda, 1999).

A Cishaka, on ne dispose pas d'informations postérieures à cette période car l'échantillonnage de la partie supérieure de la séquence a été rendu aléatoire par la fluidité de la matière organique en décomposition, gorgée d'eau.

Discussion

Dans le cadre du présent travail ont été mises en évidence différentes phases de l'évolution du milieu montagnard du secteur « haute altitude » du

PNKB (Parc National de Kahuzi-Biega) pour les 35 derniers millénaires. Cette reconstitution réalisée par l'analyse palynologique de la séquence sédimentaire tourbeuse provenant de marais de Cishaka au pied du Mont Kahuzi (altitude : 3310 m) est basée sur la dynamique de la végétation liée aux variations climatiques. La chronologie des événements a été établie sur base de datations ^{14}C conventionnelles. Les faits marquants relevés au niveau local peuvent être intégrés de façon élargie à l'évolution paléoenvironnementale régionale et, dans un contexte plus vaste, à celle de l'Afrique de l'Est pour la période considérée.

Le Pléistocène supérieur

Au début de l'enregistrement pollinique dans la zone étudiée, vers 35000 ans BP, on remarque que le terrain est occupé par un ensemble forestier disparate dont émergent des essences colonisatrices comme *Celtis*, *Hagenia*, *Harungana*, *Tricalysia* tandis que l'élément ombrophile est peu significatif. L'abondance des Asteraceae et des Poaceae alors que le marais semble peu étendu attesterait l'existence d'un milieu très ouvert se développant sous une pluviosité plutôt modérée mais irrégulière (Livingstone, 1967 ; Brenac, 1988 ; Van Zinderen Bakker & Coetzee, 1988 ; Maley & Brenac, 1998 ; Taylor *et al.*, 1999)

On assiste ensuite à l'extension d'un assemblage hétérogène méso-ombrophile où des taxons pionniers comme *Macaranga*, *Alangium*, *Dombeya*, *Maesa* et *Vernonia* participent à la dynamique de colonisation du milieu alors que les éléments ombrophiles restent en retrait. Cet ensemble forestier, encore clairié, comme le montre l'importance des Poaceae, devait se développer sous une pluviosité devenue plus régulière.

Le processus évolutif aboutit finalement à l'installation d'un ensemble ombro-mésophile dont l'aspect rappelle un horizon moyen de forêt primaire où dominent les éléments ombrophiles et qui se serait installé sous des conditions climatiques relativement chaudes et humides. Un pic de Bambou soulignerait toutefois une pulsation plus fraîche en cours de période.

A cette évolution forestière fait suite un événement environnemental particulièrement marquant souligné par une ouverture exceptionnelle du milieu que traduit l'accroissement des herbacées (Poaceae, Amaranthaceae, *Basella*) conjoint d'un recul notable des taxons ligneux, à l'exception de ceux qui s'accommodent d'espaces libres comme *Bridelia*, *Clutia*, *Cussonia*, *Harungana*, *Vernonia* ou de milieux perturbés en déficit hydrique tels *Olea* et *Myrica* ou encore moins sensibles au froid, à savoir *Erica*, *Alchemilla*, *Lobelia*, *Schefflera*. Parmi les herbacées dominantes, *Sericostachys* et *Basella* sont des colonisateurs de clairières. Le recul très marqué des Cyperaceae suggère un assèchement majeur du marais. Quant aux Poaceae, en cas de déficit hydrique, *Exothea abyssinica*, *Eragrostis olivacea* et

Setaria sphacelata peuvent, à plus de 2000 m d'altitude, constituer de vastes prairies altimontaines, formations naturelles liées aux horizons moyen et supérieur du domaine afro-montagnard et d'origine climatique, à ne pas confondre avec des savanes qui sont généralement des formations secondaires submontagnardes ou planitiaies d'origines diverses (Leonard, 1962). La période froide et sèche responsable du développement d'un tel environnement peut être assimilée au DMG (Dernier Maximum Glaciaire), période au cours de laquelle on enregistre, avec de basses températures, un affaiblissement du cycle hydrologique (Gasse, 2000).

Une reprise forestière se déroule ensuite, sous des conditions de températures restant plutôt basses mais avec une humidité à la hausse. La dominance de *Podocarpus*, associé à des taxons tels *Ekebergia*, *Ilex*, *Syzygium* (type *parvifolium*) révèle la présence d'un ensemble forestier pouvant supporter des conditions rudes proches de l'étage afro-subalpin, ce que corrobore l'avancée d'éléments de cet étage comme *Alchemilla*, *Erica*, *Lobelia*, *Senecio*. L'importante progression du marais souligne également une hausse de l'humidité (Brenac, 1988 ; van Zinderen Bakker & Coetzee, 1988). Cet épisode pourrait correspondre au Tardiglaciaire.

Enfin, le dernier stade évolutif ramène à un paysage plus ouvert comme suite à une nouvelle déstabilisation climatique liée à la sécheresse. Tous les genres ligneux sont en recul sauf ceux capables de résister à de basses températures et à une chute des précipitations, comme *Afrocrania*, *Myrica*, *Prunus*, *Senecio*, *Syzygium* (type *parvifolium*). Le recul très important du marais souligne ce retour à la xéricité. L'extension de prairies altimontaines se remarque à nouveau ; toutefois, elles n'atteignent pas l'amplitude observée antérieurement. Cet événement sec pourrait être considéré comme l'épisode du Dryas récent (12000 – 11500 ans BP).

Si la partie de la séquence de Cishaka rapportée au Pléistocène comporte une base datée de ca. 35000 BP, par contre, elle manque de repères chronologiques pour déterminer le déroulement des événements qui en constituent les étapes évolutives. Cependant, il est possible de raccorder les faits majeurs marquant l'évolution de la végétation à des situations analogues tributaires des conditions climatiques caractéristiques de l'époque considérée. Les fluctuations des niveaux lacustres enregistrées au Kivu (Degens & Hecky, 1974 ; Hecky, 1978 ; Haberyan & Hecky, 1987 ; Runge, 2001) et au Tanganyika (Haberyan, 1980 ; Gasse et al, 1989 ; Gasse, 2000) permettent notamment d'établir une correspondance entre celles-ci et l'évolution environnementale du secteur étudié.

Si les variations du Kivu n'ont pu être suivies qu'à partir du DMG (= LGM), celles du Tanganyika l'ont été sur un plus long terme, de l'ordre de 30 000 ans. On remarque ainsi que, de 30 000 à 25 000 ans BP, le Tanganyika a connu de hauts niveaux ce qui correspond au premier stade

d'expansion de la forêt montagnarde observé à Cishaka, conséquence d'une phase climatique relativement chaude et humide. Vient ensuite une baisse progressive du niveau du lac jusqu'au DMG où une cote de -300m a été atteinte. Un tel niveau a été également enregistré au Kivu où il ne subit que de légères fluctuations jusqu'à 14 000 ans BP. Au cours du DMG, de basses températures liées à une importante aridité due à une chute drastique des précipitations ont été la cause de la grande expansion des prairies altimontaines archivée dans la séquence de Cishaka.

Les deux lacs accusent ensuite une importante remontée à partir de 13 000 ans jusqu'à 9 000 ans BP, sous des conditions climatiques plus humides mais restant plutôt froides comme l'atteste la deuxième phase forestière du secteur étudié. On constate cependant vers 12 000 ans BP, une chute modérée des niveaux des deux lacs : -86 m pour le Kivu, -70 m pour le Tanganyika. Cet épisode est rapporté à la période du Dryas récent (Haberyan & Hecky, 1987 ; Runge, 2001). C'est le dernier événement du Pléistocène enregistré à Cishaka : il correspond à un paysage plus ouvert suggérant une régression de la forêt accompagnée d'une nouvelle expansion des prairies d'altitude mais qui ne connaît pas l'ampleur de celle observée précédemment.

Une évolution paléoenvironnementale similaire a été observée par Runge (1992, 1997, 2001) dans la région d'Osokari, près de Walikale, à 630 m d'altitude au Nord-Kivu. Sous une couverture forestière récente, des processus morphodynamiques du DMG (=LGM) et du DR (=YD) ont été mis en évidence. L'auteur schématise l'évolution régionale comme suit : de 35 000 à 28 000 ans BP, des sédiments et des alluvionnements évoquent un climat plutôt froid et sec ; ce dernier évolue, entre 27 000 et 22 000 ans BP vers un stade plus chaud et plus humide permettant le développement de mosaïques forêt-savane.

Entre 21 000 et 18 000 ans BP, les conditions froides et assez arides du DMG (= LGM) amènent à la mise en place de savanes arborées très ouvertes. Une recolonisation forestière se situe ensuite, entre 17 000 et 13 000 ans BP, due à un réchauffement accompagné d'une hausse de l'humidité. Vers 13 000 – 12 000 ans BP un retour aux conditions plus sèches et plus froides d'un climat semi-humide, voire semi-aride considéré comme celui du DR (=YD) provoque des phénomènes érosifs importants.

Enfin, à partir de 11 000 ans BP, l'évolution vers la Période Humide Holocène favorise la reconquête du milieu par la forêt dense.

A la fin du Pleistocène, une succession d'événements climatiques, dont deux phases d'aridité marquée, induit d'importants changements environnementaux (fluctuations lacustres, phénomènes sédimentologiques divers, évolution forestière) concordants mais pas nécessairement concomitants car des particularités locales peuvent influencer sur la durée et

l'intensité des phénomènes. Mais globalement, la succession des événements s'enregistre partout de la même façon.

En ce qui concerne les deux phases sèches archivées au PNKB, la question est de savoir si des épisodes similaires n'existeraient pas à l'Holocène avec lesquels il serait possible de les confondre. La datation de ca 5000 ans BP obtenue pour –290 cm de profondeur dans la séquence de Cishaka exclut toute comparaison avec la phase d'aridité qui a frappé toute l'Afrique ca. 4000 ans BP. Reste alors l'épisode abrupt de 8.2 cal BP dû à un ralentissement de la circulation thermohaline dans l'Atlantique (Pissart, 2002) qui se traduit par un refroidissement dans l'hémisphère nord (Alley et *al.*, 1997) et par un pic de sécheresse en Afrique intertropicale affectant les niveaux lacustres (Gasse, 2000 ; Shanahan et *al.*, 2006). Ce phénomène ne se manifeste semble-t-il que pour des lacs situés à basse altitude ou dans des régions à saisons contrastées. Pour le Kivu, un léger fléchissement du niveau du lac se situe ca 8000 ans BP annonçant une décrue progressive mais lente jusqu'à 5000 ans BP (Degens & Hecky, 1974) alors que le Tanganyika subirait une baisse temporaire de quelque 50 m, moindre que celle enregistrée au DR (=YD). Même s'il est perçu au Nord du Rwanda dans la séquence Kiguhu II (Roche & Ntaganda, 1999) attesté par une avancée de la composante mésophile de la forêt de montagne et par une descente des éléments afro-alpins, l'épisode 8.2 n'atteint pas l'ampleur des phases régressives enregistrées à Cishaka. Ces dernières doivent donc bien être considérées comme d'âge Pléistocène supérieur.

Des considérations qui précèdent, il faut admettre que les régions montagneuses du Congo oriental généralement présentées comme refuges forestiers au cours de la période aride du DMG (Hamilton, 1976 ; van Zinderen, 1976 ; Livingstone, 1979 ; Maley, 1987 ; Roche, 1991 ; Runge, 1996) ne le sont pas globalement, le versant oriental des Mitumba pouvant difficilement être reconnu comme tel, au vu des résultats obtenus. Les refuges forestiers se situeraient plutôt dans des fonds de vallées humides de moyenne altitude, principalement sur le flanc occidental de la chaîne. Pour sa part, Maley (1987) estime qu'au Pléistocène supérieur, des biotopes montagnards ont pu s'étendre à basse altitude formant des mosaïques forestières hétérogènes selon les conditions topographiques et microclimatiques locales. Par ailleurs, la forêt dense d'Afrique centrale a été fortement réduite au DMG (=LGM) en raison d'une baisse de température, de 2° à 4°C, et des précipitations réduites de moitié (Partridge et *al.*, 1999 ; Runge, 1992 ; 2001). Il est aussi communément admis que la forêt dense s'est fragmentée (Hamilton, 1982 ; Maley, 1987), refoulée par les écosystèmes savanicoles largement prédominants dans le bassin du Congo (Alexandre et *al.*, 1992)

L'Holocène

L'Optimum Humide Holocène a été identifié par RUNGE (2001a, 2001b) sur base de la progression de la forêt dense guinéenne enregistrée à Osokari entre 11 000 et 5 000 ans BP et de la forêt afro-montagnarde à Musisi, marécage voisin de celui de Cishaka, entre 6 500 et 5 000 ans BP ; ces progressions étant favorisées par l'installation de conditions climatiques chaudes et humides.

L'archivage palynologique que l'on observe dans la séquence de Cishaka ne relève pas vraiment un événement marquant qui correspondrait à la PHH (Période Humide Holocène) dont le début se situe vers 9000 ans ¹⁴C BP et la fin vers 6000 ans ¹⁴C BP et qui devrait se traduire par l'extension d'une forêt ombrophile diversifiée.

L'Holocène n'a pas été archivé dans sa totalité dans ce sondage. Pratiquement, la majeure partie de la Phase Humide Holocène (PHH) qui culmine entre 9000 et 6000 ans BP, est éludée dans cette séquence analysée. Toutefois, la fin de la période a pu y être observée.

A Cishaka, le passage brutal d'un paysage ouvert à un milieu forestier ombro-mésophile suggère qu'un hiatus correspondant à l'Optimum Humide Holocène se situerait entre le DR (=YD) et ca 5 000 ans BP, date à laquelle l'archivage palynologique a repris. Cet hiatus se situe entre les zones 4 et 5 et correspondrait à la PHH.

La première période, supportée par les datations ¹⁴C 4985 +/- 38 BP (GrA-52243) relatives à la zone 5 de Cishaka, se caractérise par l'extension d'une forêt ombro-mésophile diversifiée à dominante ombrophile mais dans laquelle s'insèrent des éléments afro-subalpins ; cela peut être interprété comme un début de déstabilisation climatique se situant à la fin de la PHH.

Les observations effectuées à Cishaka et à Musisi tendent à prouver que la formation de ces marécages n'a débuté qu'à la fin de l'Optimum Humide Holocène (RUNGE, 2001b) et qu'ils seraient dérivés d'anciens lacs, comme proposé pour Musisi par BOUTAKOFF (1939). Cette période « lacustre », concomitante des hauts niveaux enregistrés au lac Kivu (+ 100 m) entre 10 000 et 7 000 ans BP serait due à une augmentation sensible des précipitations, supérieures aux actuelles (RUNGE, 2001b) alors que l'élévation des températures serait plutôt modérée.

La première phase Holocène reconnue dans le sondage se caractérise par une poussée des taxons à connotation afro-subalpine et de *Podocarpus* au sein d'une forêt hétérogène ombro-mésophile. Cet événement qui coïncide avec le commencement de la régression du lac Kivu pourrait être assimilé à la petite avancée glaciaire signalée entre ca. 6 500 et 5 500 ans BP au Mont Kenya par MAHANEY (1989,1990). Au Kivu on enregistrerait à cette époque une chute conjointe de la température et des précipitations mais avec

le maintien d'une humidité atmosphérique qui serait entretenue par des pluies fines et des brouillards.

La deuxième période se distingue par une ouverture du milieu affectant la zone 6 de Cishaka. Le phénomène se remarque par une progression sensible des Poaceae qui se termine par un pic caractéristique bien visible. L'expansion des Poaceae qu'on peut assimiler à l'OPP (Older Poaceae Period) définie par RUNGE (1999; 2001b) atteint son maximum ca 4000 ans BP. Elle est le reflet ici d'une expansion de prairies altimontaines, espaces herbeux naturels dont le développement est lié à une période de déficit hydrique. Dans le cas présent, ce dernier trouve son équivalent dans une sérieuse baisse de niveau du lac Kivu (HABERYAN & HECKY, 1987).

Une évolution particulière de l'environnement est perceptible dans la zone 7 de Cishaka. Elle attire l'attention, entre ca 2600 ans BP et 2200 ans BP (datations 14C 2165 +/- 45 BP – GrN-3251, sous-zone 7a) par une succession d'avancées de *Sinarundinaria* interrompues par des intervalles forestiers diversifiés. Ce phénomène non linéaire serait dû à une instabilité climatique pendant la période précitée. Deux pics de Bambous sont identifiés dans la sous-zone 7a de Cishaka. Un troisième pic de Bambous, associé à une progression d'éléments afro-subalpins et de *Podocarpus* se retrouve dans la sous-zone 7b. La sédimentation au sein du marais, faite d'une succession de couches argileuses et tourbeuses suggère une instabilité climatique qui aurait agi sur l'érosion des pentes bordières du marécage. Un phénomène analogue est observable au lac Kivu durant cette même période, quand le lac connaît son niveau le plus bas de l'Holocène (-30 m), entre 3000 et 2000 ans BP (DEGENS & HECKY, 1974). L'abaissement du niveau lacustre s'accompagne d'une vitesse de sédimentation accrue en dépôts terrigènes grossiers. A noter qu'une certaine irrégularité dans le régime des précipitations aurait pu s'installer avec des variations saisonnières plus contrastées, accentuant l'érosion à certaines périodes de l'année.

Dans la zone 9 de Cishaka est repéré un quatrième pic de Bambous. Ce dernier est précédé de peu (zone 8) d'un pic de Poaceae représentant ce qu'on peut qualifier de MPP (Medium Poaceae Period). Cet épisode serait dû à une pointe d'aridité reconnue plus nettement au Rwanda (Roche et Ntaganda, 1999). Ensuite, la forêt afro-montagnarde regagne du terrain avec toutefois une tendance mésophile plus sensible qu'auparavant. Ce phénomène est plus perceptible à Muisi du fait que la partie plus récente de la séquence est tronquée à Cishaka, la fluidité des sédiments n'ayant pas permis une analyse sérieuse.

Conclusion

L'étude palynologique de la séquence sédimentaire de Cishaka située au pied du Mont Kahuzi a permis la reconstitution de l'histoire

environnementale de la zone « haute altitude » du PNKB depuis 35000 ans. La chronologie des événements a été établie sur base de datations ¹⁴C.

Vers 35000 ans, un milieu forestier disparate à essences colonisatrices occupe le terrain. Il évolue vers un assemblage hétérogène méso-ombrophile à ombro-mésophile dont la correspondance climatique, modérément chaude et humide, serait la période dite du « Kalambo interstadial » (32000 – 26000 ans BP).

S’amorce ensuite la phase régressive de l’ « Hypothermal du Mont Kenya » (25000 – 15000 ans BP), incluant le dernier Maximum Glaciaire.

Au DMG (=LGM), dans le secteur du Kahuzi, on assiste à une expansion exceptionnelle de milieux ouverts herbacés. Cela se révèle être un développement de prairies « altimontaines » naturelles à Poaceae dominantes, phénomène reconnu lorsque s’installent des conditions climatiques sèches et froides. Cela semble se confirmer par la persistance dans l’environnement de taxons ligneux résistant au froid et à un déficit hydrique. Dans le cas présent, ce développement peu ordinaire de milieux ouverts serait le reflet d’une grande xéricité. Si bien qu’il paraît peu vraisemblable que la face orientale de la dorsale du Congo ait pu abriter des refuges forestiers au cours du DMG. Ceux-ci seraient plutôt à localiser dans des vallons abrités au sein même de la chaîne des Mitumba ainsi que sur la face occidentale de cette dernière.

L’environnement redevient forestier par la suite mais la dominance de *Podocarpus*, associé à des éléments afro-subalpins atteste de conditions restant froides mais devenant plus humides, ce que traduit aussi l’expansion de la flore marécageuse. Cet événement peut être assimilé au Tardiglaciaire.

Dans la reprise forestière du Pléistocène terminal intervient une nouvelle phase d’extension de prairies naturelles, moins importante que la précédente mais bien révélatrice d’une période de sécheresse ; celle-ci pouvant être considérée comme contemporaine du Dryas récent.

Durant l’Optimum Humide Holocène se situant au Kivu entre ca. 10000 ans et ca. 7000 ans BP, le site n’a archivé aucune information paléoenvironnementale. L’importante montée du niveau du lac Kivu (+ 100m) à cette époque suggère que le marais s’était alors transformé en étendue lacustre par suite d’un accroissement très sensible des précipitations.

Ce n’est qu’à partir de ca. 7000 ans BP, avec l’atténuation de la phase humide qui se prolongera jusqu’à ca. 5000 ans BP, que des marécages ont commencé à se développer, favorisant l’enregistrement pollinique.

L’important accroissement des Poaceae dans les spectres polliniques, identifié en tant que l’OPP (Older Poaceae Period) et daté de ca. 4000 ans BP souligne à nouveau une sensible expansion des prairies naturelles en altitude ; cette dernière étant accompagnée d’un développement de savanes

« climatiques » en bordure du Kivu. En l'absence d'une occupation humaine effectivement reconnue sur la dorsale du Congo, cette avancée de milieux ouverts savanicoles doit, en conséquence, être considérée comme nécessairement naturelle. L'événement serait consécutif à un sensible affaiblissement du régime hydrologique local, à mettre en parallèle avec le phénomène global d'aridité ayant frappé l'ensemble de l'Afrique à cette époque.

A l'aube du premier millénaire de notre ère, en dehors de toute influence anthropique irréfutable, on peut suggérer que le recul forestier enregistré soit l'annonce d'un dérèglement climatique. Ce dérèglement se confirme à Cishaka où on relève, dans le diagramme pollinique, une expansion majeure des Poaceae à côté d'un ensemble forestier assez statique où seuls progressent quelque peu *Macaranga* et *Hagenia*. Ce pic de Poaceae qui serait assimilable à un MPP (Medium Poaceae Period) précède de peu une dernière expansion de *Sinarundinaria*. Cet épisode pourrait être identifié comme les effets de la phase climatique sèche reconnue au Rwanda ca 500 ans AD.

A Cishaka, on ne dispose pas d'informations postérieures à cette période car l'échantillonnage de la partie supérieure de la séquence a été rendu aléatoire par la fluidité de la matière organique en décomposition, gorgée d'eau.

Remerciements

Le présent travail a pu être réalisé grâce à l'appui matériel et financier accordé par la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGCD) à travers la Coopération Technique Belge (CTB).

References :

- Alexandre J., Aloni K. & De Dapper, M. (1992). Géomorphologie et variations climatiques au Quaternaire en Afrique centrale. *Geo-Eco-Trop*, 16, 1-4: 167-205
- Alley R.B., Mayewski P.A., Sowers T., Stuiver M., Taylor K.C. & Clark P.U. (1997). Holocene climatic instability : A prominent widespread event 8200 yr ago. *Geology*, 25, 5: 483-486
- Brenac P. (1988). Evolution de la végétation et du climat dans l'Ouest – Cameroun entre 25000 et 11000 ans BP. *Inst. Fr.Pondichéry, Trav. Sect. Sci. Tech.*, XXV : 91 – 103. Actes Xè Symposium APLF Bordeaux, 28 sept. – 2 oct. 1987
- Degens, E.T. & Hecky, R.E. (1974). Paleoclimatic Reconstruction of Late Pleistocene and Holocene Based on Biogenic Sediments from the Black Sea and a Tropical African lake. *Colloques Internationaux du C.N.R.S.*, 219: 13 –

24 (les méthodes quantitatives d'étude des variations du climat au cours du Pléistocène). Paris.

Erdtman G. (1960) – The acetolysis method, a revised description. *Swensk Botanisk Tidskrift*, 54: 561–564

Gasse F. (1977). Evolution of lake Abhé (Ethiopia and T.F.A.I.) from 70 000 BP. *Nature*, 2:42–47

Gasse F. (2000). Hydrological changes in the African tropics since the Last Glacial Maximum. *Quat. Sc. Rev.*, 19: 189–211

Gasse F., Ledee V., Massault M. & Fontes J.Ch. (1989). Water – level fluctuations of lake Tanganyika in phase with oceanic changes during the last glaciation and deglaciation. *Nature*, 342: 57–69

Haberyan K. A. & Hecky R.E. (1987). The late Pleistocene and Holocene stratigraphy and paleolimnology of lakes Kivu and Tanganyika. *Palaeog. Palaeocl. Palaeoec.*, Amsterdam, 61, 169–197

Haberyan K.A. (1980). The diatoms of Lake Tanganyika. A paleolimnological record. Thesis Duke University

Habiyaremye F.X. (1997) – Etude phytocoenologique de la dorsale orientale du lac Kivu (Rwanda). *Annales Sc. Econ.*. Vol. 24, Musée Royal de l'Afrique centrale, 276 p.

Hamilton A.C. (1976). The significance of patterns of distribution shown by forest plants and animals in Tropical Africa for the reconstruction of Upper Pleistocene palaeoenvironments. A review. *Palaeoec. Africa*, 9: 63–97

Hamilton A.C. (1982). Environmental history of East Africa. A study of the Quaternary. *Academic Press*, London: 328p.

Hecky R.E. (1978). Kivu Tanganyika basin: the last 14 000 years. *Polskie Archiwum Hydrobiologie*, 25, 1-2, 159–165

Lebrun J. & Gilbert G. (1954). Une classification écologique des forêts du Congo. *I.N.E.A.C., série scientifique n° 63*, 189 p.

Leonard A. (1962). Les savanes herbeuses du Kivu. *Publication INEAC (Bruxelles), Sér. Scientifique*, 95, 87 p

Livingstone D.A. (1967). Postglacial vegetation of the Ruwenzori mountain in Equatorial Africa. *Ecol. Monog.* 37, 1: 25–52

Livingstone, D.A. (1979). Quaternary geography of Africa and the refuge theory. In: *Prance G.T. (Ed). Biological diversification in the tropics*. New York, 523–536

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*

MAHANEY, W.C. 1990 – Cadre stratigraphique, géochronologique et paléoclimatique de la fin du Pléistocène et de l'Holocène dans les régions montagneuses de l'Est Africain. *L'Anthropologie (Paris)*, Tome 94, n° 2, 211–228

- Maley J. (1987). Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent : nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeoec. Afr.*, 18: 307–334
- Maley, J. & Brenac, P. (1998). Vegetation dynamics, palaeoenvironments and climatic changes in the forests of West Cameroon during the last 28000 years. *Rev. Palaeob. Palynol.*, 99: 157–188
- Mangambu M., Robbrecht E., Ntahobavuka H. et Van Diggelen R. (2014). Analyse phytogéographique des Ptéridophytes d’Afrique Centrale : cas des étages des montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega (République Démocratique du Congo). *Europ. Sc. J.*, 10: 84-108.
- Marchant R. & Taylor D. (1998). Dynamics of montane forest in central Africa during the late Holocene: a pollen-based record from western Uganda. *The Holocene*, 8, 4: 375–381
- 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.
- Pissart A. (2002). Concernant la disparition du Gulf Stream pendant la dernière glaciation et le danger de voir se reproduire ce phénomène catastrophique pour l’Europe. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 42 : 79–83
- Robyns W. (1935). Les essences forestières des régions montagneuses du Congo oriental – Catalogue descriptif des genres et espèces. *INEAC., série scientifique*, n°1 : 39–264
- Roche E. (1991). Evolution des paléoenvironnements en Afrique centrale et orientale au Pléistocène supérieur et à l’Holocène. Influences climatiques et anthropiques. *Bull. Soc. Géogr. 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. & 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
- Runge J. (1992). Geomorphological observations concerning palaeoenvironmental conditions in Eastern Zaïre. *Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd.*, 91: 109–122
- Runge J. (1996). Palaeoenvironmental interpretation of Geomorphological and pedological studies in the rain forest « core – areas » of Eastern Zaïre (Central Africa), *South Afr. Geogr. J.*, 78(2), 91–97
- Runge J. (1997). Alterstellung und paläoklimatische Interpretation von Decksedimenten, Steinlagen (stone-lines) und Verwitterungsbildungen in Ostzaïre (Zentralafrika). *Geoökodynamik*, 18 : 91–108

- Runge J. (2001a). Landschaftsgenese und Paläoklima in Zentralafrika. *Relief, Boden, Paläoklima*, 17, 294 p. Gebr. Borntraeger. Berlin–Stuttgart.
- Runge J. (2001b). On the age of stone-lines and hillwash sediments in the Eastern Congo basin-palaeoenvironmental implications. *Palaeoec. Afr.*, vol, 27: 19–36
- Shanahan T.M., Overpeck J.T., Wheeler C.W., Beck J., Pigati W.J.S., Talbot M.R., Sholz, C.A., Peck J. & King J.W. (2006). Paleoclimatic variations in West Africa from a record of late Pleistocene and Holocene lake level stand of lake Bosumtwi, Ghana. *Palaeog. Palaeocl. Palaeoec.* 242: 287–312
- Taylor D.M, Marchant R. & Robertshaw, P. (1999). A sediment-based history of medium altitude forest in central Africa: a record from Kabata Swamp, Ndale volcanic field, Uganda. *Journal of Ecology*, 87: 305–315
- van Zinderen Bakker E.M. (1976). Tentative vegetation maps of Africa South of the Sahara during a glacial and an interglacial maximum. *Palaeoec. Afr.*, 9: IV.
- van Zinderen Bakker E & Coetzee J. (1988). A review of late Quaternary pollen studies in East, Central and Southern Africa. *Rev. Palaeob. Palynol.* 55 : 155–174