Geo-Eco-Trop., 2020, 44, 1 : 43-63

De la Dorsale Congo-Nil à la Région des collines : 2500 ans d'évolution environnementale au sud du Rwanda

From the Congo-Nile Ridge to the Hills area : 2500 years of environmental evolution in Southern Rwanda

Emile ROCHE * & Chantal KABONYI NZABANDORA **

Abstract : The palynological analysis of two clayey-peaty sedimentary sequences located in the Southern Rwanda and whose basis date back to ca. 2500 year BP, the first one located on the Congo-Nile Ridge, the second one in the Hills area, has allowed to elaborate a synthesis of the palaeo-environmental story of the Southern Rwanda regarding the end of the Holocene. Before 2200 years BP, under cold and dry climatic conditions, a heterogenous meso-ombrophilous forest occupies the Ridge while wooded grassy savannahs cover the hills of the Central plateau. Between 2200 yrs BP and 1800 yrs BP, a noticeable increase of the raininess favours the development of an afro-montaneous ombrophilous forest and of dense wooded savannahs for which the optimum of expansium takes place round about 2000 years BP. From the third to the fifth century, under a climate with more contrasted seasons, the forest appears less dense and the savannah presents an appearance more herbaceous, intensified by an anthropic impact. During the sixth centuary, a cold and dry climatic pulsation stands out by an intrusion of afro-alpine elements in forest and by an increase of the herbaceous character of the savannah. On the seventh centuary, the return of a more wet climate is enregistred, but always cold, favouring the regeneration of the forest on the mountain and a wooded savannah on the hills. At the time of the change from the seventh to the eighth centurary a major environmental event takes place, that afterwards went on, namely the evolution of the forest to its presently aspect, with an inverted level of « forest-park », similar to the « *Hagenia-Hypericum* park-forest » in the Virunga , under climatic fresh conditions kept going by fogs. Moreover, the wooded character of the savannah intensified by a climate with moderate rainfalls, with mild temperatures and alternate seasons, closely related to the actual climate. At the dawn of the second millenium of our era, the afro-mountain environment see the « forest-park » perpertuates, that nevertheless evolves to a secundary stage of « forest-meadow », as regards the savannah environment of the hills, its becomes more marked under the pressure of the pastoralism. Its only later that the mountain forest presents « secundarisation » marks resulting of an increasing demographic growth.

Keywords : Southern Rwanda, Congo-Nile Ridge, Hills area, Sedimentary sequences, Palynological analysis, Climate, Palaeoenvironment, Human impact.

Résumé : L'analyse palynologique de deux séquences sédimentaires argilo-tourbeuses située dans le sud du Rwanda et dont la base remonte à ca. 2500 ans BP, l'une sur la dorsale Congo-Nil, l'autre sur le Plateau central, a permis d'élaborer une synthèse de l'histoire paléoenvironnementale du Rwanda méridional pour la fin de l'Holocène. Avant 2200 ans BP, sous des conditions climatiques froides et sèches, une forêt hétérogène méso-ombrophile occupe la dorsale tandis que des savanes herbeuses arborées couvrent les collines du Plateau central. Entre 2200 et 1800 ans BP, une augmentation sensible de la pluviosité favorise le développement d'une forêt ombrophile afro-montagnarde et de savanes densément boisées dont l'optimum d'expansion se situe aux alentours de 2000 ans BP. Du 3ème au 5ème siècle, sous un climat à saisons plus contrastées, la forêt apparaît moins dense et la savane présente un aspect plus herbacé, intensifié par un impact anthropique. Au 6ème siècle, une pulsation climatique froide et sèche se signale par une intrusion d'éléments afro-subalpins en forêt et par un accroissement du caractère herbacé de la savane. Au 7ème siècle, on enregistre le retour d'un climat plus humide, mais toujours froid favorisant la régénération de la forêt en montagne et d'une savane arborée sur les collines. Lors du passage du 7ème au 8ème siècle se produit un événement environnemental majeur, qui se poursuivra ensuite, à savoir l'évolution de la forêt vers sa configuration actuelle, avec un étage inversé de « forêt-parc », similaire de la « forêt-parc à *Hagenia-Hypericum*» des Virunga , sous des conditions climatiques fraîches entretenues par des brouillards. Par ailleurs, le caractère boisé de la savane s'intensifie sous un climat à précipitations modérées, à températures clémentes et à saisons alternées, proche du climat actuel. A l'aube du deuxième millénaire de notre ère, le milieu afro-montagnard voit se pérenniser les enclaves de « forêt-parc » qui évoluent toutefois vers un stade secondaire de « forêt-prairie » ; quant au milieu savanicole des collines, son caractère herbacé s'accentue sous la pression du pastoralisme.

* Chef de Service honoraire de l'Africamuseum, Tervuren (Belgique)
Membre de l'Académie royale belge des Sciences d'Outre-Mer / rocheemile@yahoo.fr

** Professeur titulaire à l'Université Officielle de Bukavu (R.D.Congo), Lauréate du prix Emile Laurent (Flore africaine) décerné par l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique / chantalkabonyi@gmail.com

Ce n'est que plus tardivement que la forêt de montagne présente des marques de secondarisation consécutives à une pression démographique croissante.

Mots-clés : Sud-Rwanda, Dorsale Congo-Nil, Région des collines, Séquences sédimentaires, Analyse palynologique, Climat, Paléo-environnement, Anthropisme.

INTRODUCTION

Le territoire du Rwanda, situé en Afrique centrale entre les parallèles 1° 04'S et 2° 51'S et les méridiens 28° 53'E et 30° 53'E., est adossé à la partie est de la branche occidentale du grand rift africain, en bordure du Lac Kivu. Le Rwanda est une portion du socle africain, constitué de roches précambriennes, dont le relief est le résultat de mouvements tectoniques qui lui ont modelé un aspect tourmenté. Au nord-ouest du pays, la chaîne des volcans Virunga orientée SO-NE, d'âge Pléistocène, barre le rift albertin (la branche occidentale du rift) sur toute sa largeur, surplombant le reste du massif rwandais. Le drainage actuel des eaux consécutif à cet événement orographique se répartit en deux bassins : celui du Kivu, tributaire du bassin du Congo, via le Lac Tanganyika et celui de la Nyabarongo-Akagera, qui rejoint le Nil via le Lac Victoria. A la suite du barrage imposé par les volcans, l'évolution du réseau hydrographique a entraîné la formation d'importants dépôts argilo-tourbeux presque partout dans le pays. L'analyse palynologique de certains d'entre eux a permis la reconstitution de l'histoire environnementale holocène du Rwanda. Toutefois, jusqu'à présent, il s'agissait essentiellement de l'étude de dépôts de la région des volcans (ROCHE et al., 1988 ; ROCHE, 1998 ; ROCHE & NTAGANDA, 1999 ; ROCHE et al., 2015).

L'étude qui va suivre se propose de comparer l'évolution en parallèle de deux séquences sédimentaires tourbeuses du sud du Rwanda, datées à leur base de ca. 2500 ans, l'une issue d'un marécage de la Dorsale en forêt de Nyungwe, l'autre d'un marais de fonds de vallée du Plateau central, à Butare.

GENERALITES

Orographie

Mis à part les Virunga, le relief du Rwanda s'articule en trois unités topographiques principales disposées en escalier d'ouest en est : la Dorsale Congo-Nil, le Plateau central ou Région des collines et l'Etage oriental.

Unité topographique la plus occidentale, ***la Dorsale Congo-Nil,*** d'une largeur de 20 à 50 km s'étire sur une longueur de 160 km. Son point culminant, le mont Muhungwe, à son extrémité septentrionale, atteint 2990 m d'altitude, tandis que son niveau le plus bas est situé à 1500 m au col de Rugabano, synclinal se trouvant à mi-parcours de la dorsale. Celle-ci domine le Lac Kivu, dont le plan d'eau est à 1450 m, d'une dénivellation d'environ 1000 m en moyenne. Elle se raccorde au lac par un escarpement abrupt profondément entaillé par l'érosion ; par ailleurs, elle constitue la zone de partage des eaux entre les bassins du Congo et du Nil.

A l'est de la dorsale s'étale un vaste « plateau » dont l'altitude est comprise entre 2000 m et 1500 m d'altitude. Ce ***Plateau central*** ou ***Région des Collines***, couvre à peu près la moitié du pays sur une largeur d'environ 80 km. Cette surface, entaillée par les rivières, comporte une multitude de collines allongées, aux versants convexes, souvent raides, à partie sommitale plus ou moins plate.

Une troisième unité topographique, l'***Etage oriental***, présente un relief dont les altitudes varient de 1500 m à 1000 m d'altitude. C'est une zone pénéplanée, dont le paysage est caractérisé par de larges dépressions occupées par des lacs et des marécages.

Climat

Soumis à l'influence de l'Alizé du sud-est qui souffle en provenance de l'Océan indien et passe en se desséchant sur l'Afrique orientale, le Rwanda connaît un climat continental, mais dont la rigueur est atténuée par les reliefs et la proximité des lacs.

Après avoir perdu une bonne partie de son humidité sur les crêtes bordières orientales de la dépression du Lac Victoria, l'Alizé s'en recharge au-dessus de celle-ci et des nombreux lacs régionaux. Il n'est toutefois pas suffisamment saturé pour arroser abondamment la partie orientale du pays ; ce n'est qu'en se refroidissant sur les reliefs occidentaux que les masses d'air libèrent d'importantes précipitations.

Ainsi, aux trois grandes unités topographiques qui constituent le relief correspondent trois principales nuances climatiques : chaud et sec à l'est, le climat devient tempéré sur le Plateau central, puis frais et humide sur la Dorsale.

Les températures

La répartition des températures sur le territoire du Rwanda obéit à un gradient thermique de décroissance altitudinale estimé à 0.7°C par 100 m de dénivellation (LIBEN, 1962). Dans les régions orientales, les températures revêtent un caractère subéquatorial avec des moyennes annuelles se situant autour de 20°-21°C.
Sur le Plateau central, avec l'élévation du relief, les températures moyennes annuelles sont moins élevées, de l'ordre de 18°-20°C. Les hautes terres de la Dorsale présentent un caractère thermique plus rude avec des moyennes de 15°-17°C. Enfin, sur la façade orientale du Kivu, les moyennes annuelles enregistrées sont de 21°C au niveau du lac et de 20°C à 1600 m d'altitude.

Les précipitations

Le moteur principal des pluies qui arrosent le Rwanda est l'Alizé du sud-est. Il provoque, avec l'altitude, des pluies plus ou moins abondantes jusqu'au niveau des précipitations maximales situé approximativement entre 2200 et 2400 m (LIBEN, 1962). Au-delà de cette zone, il règne plutôt une atmosphère humide entretenue par des bruines et des brouillards.

La hauteur des précipitations est inversement proportionnelle à l'importance des températures (NTAGANDA, 1991). Les basses terres orientales sont peu arrosées, elles reçoivent de 900 mm à 1000 mm d'eau par an. Lorsqu'on se déplace vers l'ouest la pluviosité augmente, passant à 1200-1300 mm/an sur le Plateau central et à 1500 mm/an et plus sur la Dorsale. En descendant l'escarpement occidental de la Dorsale, les masses d'air deviennent plus sèches et la quantité d'eau libérée diminue sensiblement à environ 1100 mm/an (SIRVEN et al., 1974).

Au Rwanda, la période de juin à août est considérée globalement comme correspondant à la saison sèche. Elle est de trois mois pour le Plateau central et le bord du lac. Elle est de quatre mois, avec une prolongation en septembre, pour les basses terres orientales. Pour les régions de haute altitude comme la Dorsale Congo-Nil l'effet orographique se manifeste par une réduction de la saison sèche à un peu plus d'un mois en juillet-août (ILUNGA et al., 2004).

Hydrologie et dépôts quaternaires

Les événements volcaniques du nord-ouest du Rwanda, le soulèvement de la crête Congo-Nil et le basculement du bloc rwandais vers l'est ont provoqué l'inversion vers le sud du drainage de l'ancien réseau hydrographique dont l'écoulement se faisait initialement vers le nord.

L'actuel drainage des eaux du pays qui ne remonte pas au-delà du Pléistocène supérieur se répartit en deux bassins, celui du Kivu, tributaire du bassin du Congo via le Lac Tanganyika et celui de la Nyabarongo-Akagera qui rejoint le Nil via le Lac Victoria.

A la suite du barrage imposé par les volcans un important alluvionnement a entraîné la formation, vers l'est, d'énormes marécages et de lacs plus ou moins étendus auréolés de marais à *Papyrus* et de galeries forestières alors que d'importants dépôts argilo-tourbeux ont été édifiés presque partout ailleurs dans le pays.

DEUSE (1966) a reconnu dans ces milieux de dépôts, trois catégories principales : les tourbières de haute altitude, les tourbières de moyenne altitude et les marais à sols organiques.

Dans la première catégorie, les deux plus importantes sont celles de la Kamiranzovu, en forêt de Nyungwe au sud-ouest du Rwanda, qui s'étend sur 13 km^2 et le marais de Rugezi au nord, d'une étendue de plus de 40 km^2, dont les eaux se déversent par une série de chutes dans le Lac Bulera. A côté de ces deux imposantes tourbières, les zones de haute altitude comprennent de nombreux sites de moindre superficie, citons notamment : les tourbières de Karisoke, sur les volcans, de Kiguhu à l'ouest du Lac Ruhondo et celle de Gishoma, au sud de Cyangugu.

A moyenne altitude, le plus vaste complexe marécageux est celui de l'Akanyaru, large de 3-4 km et long de 70 km en amont de sa confluence avec la Nyabarongo. Sur le Plateau central, où les rivières à faible pente évacuent difficilement leur charge sédimentaire, dans les fonds plats marécageux s'accumulent des dépôts grossiers en alternance avec des éléments plus fins sablo-argilo-tourbeux.

Végétation

Actuellement, moins de 10% de la superficie du Rwanda est encore couvert par de la végétation naturelle. La flore des reliefs orientaux du rift albertin nous est donc principalement connue par des travaux qui font déjà date, LEBRUN (1956), DEVRED (1958), LIBEN (1962), TROUPIN (1966), COMBE (1977) et TROUPIN (1978, 1983, 1985, 1988), mais qui rendent compte de façon plus fiable de l'aspect des paysages anciens du pays.

La Dorsale Congo-Nil

Au Rwanda, la limite inférieure de la forêt dense humide de montagne se situe vers 1700 m sur la dorsale Congo Nil. Sur cette dernière, la forêt ombrophile de montagne caractérise les territoires où les précipitations sont toujours supérieures à 1500 mm/an et où les températures (minima et maxima), entre 11°C et 18°C, sont abaissées par les reliefs. Cette forêt est dominée par des grands arbres dont la taille peut atteindre les 30-40 m. Parmi les principales essences, on peut signaler : *Afrocarpus usambarensis* (Pilg.) C.N.Page, *Albizia gummifera* (J.F.Gmel.) C.H.Sm, *Carapa grandiflora* Sprague, *Cornus volkensii* Harms, *Ekebergia capensis* Sparm., *Entandrophragma excelsum* (Dawe & Sprague) Sprague, *Ficalhoa laurifolia* Hiern, *Ilex mitis* (L.) Radlk., *Olea capensis* L. subsp. *macrocarpa* (C.H.Wright) I.Verd., *Parinari excelsa* Sabine, *Podocarpus milanjianus* Rendle, *Prunus africana* (Hook.f.) Kalkman, *Strombosia scheffleri* Engl., *Symphonia globulifera* L.f., *Syzygium parvifolium* (Engl.) Mildbr., *Trichilia volkensii* Gurke, *Zanthoxylum mildbreadii* (Engl.) P.G.Waterm.. Dans l'enchevêtrement des petits arbres et arbustes encombrant les sous-bois, on rencontre : *Alchornea hirtella* Benth., *Dracaena afromontana* Mildb., *Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman, *Galiniera coffeoides* Delile, *Mimulopsis arborescens* C.B.Clarke, *Myrica salicifolia* Hochst. ex A.Rich., *Rauvolfia mannii* Stapf et des fougères arborescentes.

D'une façon générale, on perçoit encore une certaine zonation dans les reliquats de forêt dense subsistants où certaines espèces sont dominantes selon l'altitude (HABYIAREMYE, 1993) :

Un horizon inférieur, de 1700 m à 2000 m où prédominent *Carapa grandiflora, Entandrophragma excelsum, Ficalhoa laurifolia, Trichilia volkensii, Zanthoxylum mildbreadii.*

Un horizon moyen, de 2000 m à 2200 m où on rencontre plus fréquemment *Ekebergia capensis*, *Olea capensis* subsp. *macrocarpa, Parinari excelsa,*

Un horizon supérieur, de 2200 m à 2500 m où le cortège floristique comprend surtout *Podocarpus milanjianus, Afrocarpus usambarensis, Cornus volkensii, Ilex mitis, Prunus africana, Strombosia scheffleri, Symphonia globulifera.*

Au sommet de l'horizon supérieur, il n'était pas rare autrefois de rencontrer une association à *Sinarundinaria-Podocarpus* ; actuellement des îlots assez restreints de bambous subsistent çà et là sur la dorsale ; toutefois, au sud-est de la forêt de Nyungwe, à la frontière avec le Burundi, une bambousaie d'une certaine étendue existe encore.

Au-dessus de l'étage de la forêt ombrophile de montagne, sur les crêtes proches des 3000 m, la diminution des précipitations et la baisse des températures nocturnes limitent l'extension de cette dernière. Elle est remplacée par des fourrés à dominance d'Ericaceae ; on y recense, comme espèces principales : *Erica kingaensis* Engl., *Faurea saligna* Harv., *Hypericum revolutum* Vahl, *Philippia johnstonii* Schweinf. & Engl., *Protea welwitschii* Engl.

La forêt ombrophile n'existe plus aujourd'hui qu'à l'état de reliques sur la dorsale, sauf au sud de celle-ci, où un massif étendu de quelque 900 km^2, la forêt de Nyungwe, est considéré comme milieu naturel à protéger. La crête Congo-Nil sépare cette forêt en deux blocs ; un bloc occidental couvert par une forêt dense et un bloc oriental par une forêt plus ouverte (DOWSETT-LEMAIRE, 1990).

A l'ouest, jusqu'à 2000 m, la forêt est une haute futaie à dominance d'*Entandrophragma* et *Newtonia* associés à d'autres grands arbres tels *Carapa, Chrysophyllum, Parinari, Strombosia, Symphonia.* Dans le sous-bois, assez dense, dominent *Alchornea* et *Mimulopsis* ; parmi les herbacées, on recense beaucoup de fougères et d'Urticacées. A plus haute altitude, *Syzygium parvifolium* devient abondant ; sont très communs également : *Beilschmiedia, Ocotea* et *Podocarpus*. *Olea capensis* y est un émergent occasionnel. *Cassipourea* et *Polyscias* s'adaptent bien aux pentes raides tandis que les endroits plus ouverts sont occupés par des taxons secondaires, *Hagenia, Macaranga, Maesa, Neoboutonia*.

A l'est de Pindura (voir carte, figure 2), la forêt, plus éclaircie, est dominée par *Macaranga* alors que *Syzygium* et *Carapa* restent très répandus. Vers le sud-est, une forêt claire à *Hagenia* avec sous-bois d'*Hypericum* recouvre des surfaces assez importantes.

Une particularité de la dorsale se remarque dans la forêt de Nyungwe avec, localement, un étagement de la végétation inverse de celui connu sur les autres montagnes de l'Afrique intertropicale (NTAGANDA, 1991 ; HABIYAREMYE *et al,* 1995) : des peuplements à *Hagenia abyssinica* (Bruce) J.F.Gmel. se trouvent insérés dans un étage inférieur discontinu à *Philippia johnstonii* surmonté d'un étage supérieur à *Macaranga neomildbraediana* et *Syzygium parvifolium*. Cette disposition correspondrait à un microclimat local régnant dans les vallées encaissées où des inversions thermiques provoquent des conditions plus rudes dans les fonds et sur les versants, à l'inverse des sommets restant plus tempérés.

Les déprédations diverses d'origine anthropique ont permis le développement, au détriment de la forêt ombrophile, d'espèces héliophiles à croissance rapide caractéristiques de forêts secondaires; on peut mentionner, notamment : *Bridelia brideliifolia* (Pax) Fedde*, Croton macrostachyus* Hochst. ex Delile*, Dombeya goetzenii* K.Schum.*, Hagenia abyssinica, Macaranga neomildbraediana, Neoboutonia macrocalyx* Pax*, Polyscias fulva* (Hiern) Harms.

Cependant, malgré les défrichements qui ont réduit l'espace forestier à son pourtour de 1955 à 1986 (PEETERS, 1989), la surface préservée par une mise en défens depuis les années 90 pour préserver la biodiversité permet encore une représentation assez proche de ce qu'était la végétation originelle.

Le Plateau central

Sur le Plateau central, entre 1500 m et 1700 m d'altitude, les reliques de formations boisées qui existaient naguère dans la région ont pratiquement disparu. Dans les années cinquante, on pouvait encore y rencontrer des lambeaux de savanes boisées à divers Acacias où croissaient également d'autres espèces ligneuses comme *Albizia adianthifolia* (Schumach.) W.F.Wight*, Bridelia micrantha* (Hochst.) Baill.*, Canthium* sp.*, Carissa edulis* (Forsk.) Vahl*, Combretum* div.sp., *Dombeya kirkii* Mast.*, Entada abyssinica* A.Rich.*, Erythrina abyssinica* (Hochst.) A.Rich.*, Euphorbia* div.sp., *Ficus* div.sp., *Grewia* sp., *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir.*, Hymenocardia acida* Tul.*, Markhamia lutea* (Benth.) K.Schum.*, Maytenus senegalensis* (Lam.) Exell*, Parinari curatellifolia* Planch. ex Benth.*, Ochna* sp.*, Olea africana* Mill.*, Protea madiensis* Oliv.*, Rhus vulgaris* Meikle*, Solanum* sp.*, Ziziphus mucronata* Willd. (LEBRUN, 1956). Antérieurement, l'influence occidentale de la forêt montagnarde pouvait se traduire par la présence d'espèces à caractère plus sylvicole, sur les reliefs plus accusés à versants frais, comme *Carapa grandiflora, Entandrophragma excelsum,, Ekebergia capensis, Macaranga neomildbraediana, Newtonia buchananii* (Baker) G.C.C. Gilbert & Boutique*, Polyscias fulva* (Hiern) Harms. Avec l'intrusion d'espèces issues des forêts sèches orientales telles *Acalypha bipartita* Müll.Arg.*, Allophylus africanus* P.Beauv.*, Apodytes dimidiata* E.Mey ex Arn.*, Canthium schimperianum* A.Rich.*, Croton dichogamus* Pax*, Drypetes gerardii* Hutch.*, Euphorbia dawei* N.E.Br.*, Euclea schimperi* (A.D.) Dandy*, Grewia similis* K.Schum.*, Maytenus senegalensis, Securinega virosa* (Roxb. ex Willd.) Baill.*, Teclea nobilis* Hook.f.*,* un vaste ensemble à tendance mésophile aurait pu, originellement, occuper la région des collines du Rwanda central sous des températures moyennes annuelles de 18°C et des précipitations de 1200 mm/an.

Le Plateau central étant actuellement pour plus de 90% couvert de cultures et de plantations d'*Eucalyptus*, il est donc difficile de se représenter ce que devait être la végétation ancienne, sauf en se référant à des publications déjà anciennes décrivant des milieux naturels certes fragmentés mais encore observables autrefois (LEBRUN, 1956 ; LIBEN, 1960, 1962).

OBJET DE L'ETUDE

Jusqu'à présent, l'histoire paléo-environnementale holocène du Rwanda n'était connue que par des travaux relatifs aux principales tourbières de la région des Volcans, au nord-ouest : Karisoke, Kiguhu et Rugezi (ROCHE et al., 1988 ; NTAGANDA, 1991 ; ROCHE, 1998 ; ROCHE & NTAGANDA, 1999 ; ROCHE et al., 2015).

En ce qui concerne le sud du pays, deux études ont été réalisées sur le grand marais de la Kamiranzovu, l'une de HAMILTON (1982), l'autre de NTAGANDA (1991), mais la première ne concernait que le Pléistocène supérieur, l'autre présentait un hiatus important entre les dépôts du Pléistocène et les dépôts holocènes, si bien que, ces derniers, fort peu développés, ne couvraient que l'histoire sub-récente régionale, sans grand intérêt.

L'objectif de l'étude qui va suivre est de retracer, sur base de l'analyse palynologique de deux séquences sédimentaires argilo-tourbeuses datées à leur base de ca. 2500 ans BP (dates conventionnelles), l'évolution environnementale du sud du Rwanda à la fin de l'Holocène et de comparer en parallèle l'évolution de deux milieux, l'un forestier, l'autre originellement de savane densément boisée, mais actuellement entièrement anthropisé. La première séquence est issue du marais de Gasare situé à 2340 m d'altitude en forêt de Nyungwe sur la dorsale Congo-Nil, la seconde à 1700 m dans un fond de vallée marécageux à Butare à la limite ouest du Plateau central (Figure 1).

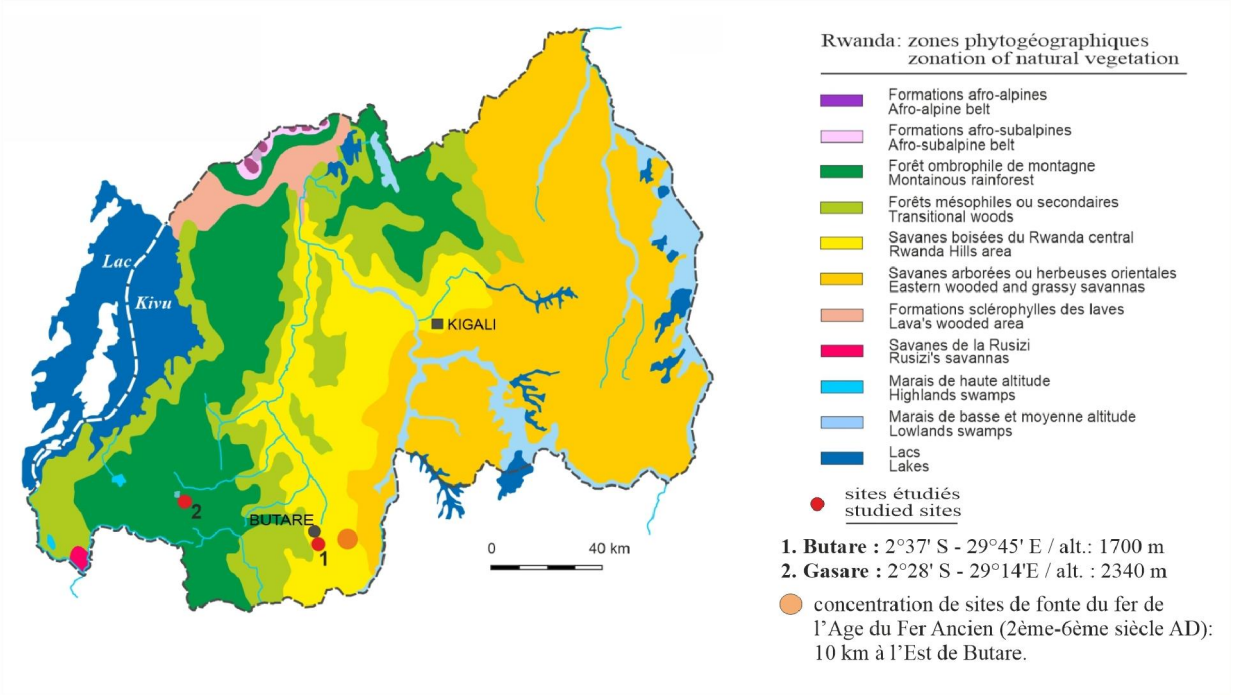


Figure 1 : localisation des sites étudiés et zones phytogéographiques potentielles du Rwanda (ROCHE & NTAGANDA, 1999 ; d'après : PRIOUL & SIRVEN, Atlas du Rwanda, 1981)

MATERIEL ET METHODE

Sites et séquences sédimentaires

Gasare

Le marais de Gasare (2°28'S – 29°14'E) est situé à 2340m d'altitude en pleine forêt de Nyungwe, sur la face est de la dorsale Congo-Nil, longé sur sa bordure nord par la route Butare-Cyangugu, à quelque 10 km ESE de Pindura, où la route franchit la crête. (Figure 2).

La végétation qui se développe dans le marais est constituée essentiellement de Cyperacées. On y rencontre aussi des Ericacées et des Lobélies et, sur des stations exondées, des *Hypericum*. On y trouve sporadiquement distribués des pieds isolés de *Hagenia*. Sur le versant nord, dominant le marais, le terrain est occupé par une forêt méso-ombrophile.

Le profil sédimentologique de Gasare, relativement homogène, est constitué de tourbe argileuse renfermant des débris végétaux divers, ou d'argile tourbeuse devenant sableuse à sa base.

Deux datations 14C ont été réalisées : une à -1.30 m (1045 +/- 75 BP – Hv. 12111) et une à -3.00 m (2360 +/- 70 BP – Lv.1807).

Butare

Le site de Butare se trouve en contrebas de ce qui, autrefois, était le domaine de l'INRS (Institut National de Recherche Scientifique), rebaptisé IRST (Institut de Recherche Scientifique et Technique) dans les années 90 et aujourd'hui partie intégrante de l'Université du Rwanda. (Figure 3).

C'est un fond de vallée humide mis en culture et entouré d'un paysage totalement anthropisé, les boisements actuels étant essentiellement constitués *d'Eucalyptus*.

Le sondage a été réalisé dans une zone de jachère. On n'a pas tenu compte des 40 premiers centimètres de sol organique, perturbés par d'anciennes cultures. Sous le sol organique, une tourbe noire passe progressivement à une argile noire puis à une argile grise légèrement sableuse. Un sable graveleux occupe la base du sondage.

On dispose de 3 datations ^{14}C pour cette séquence : à -1.10 m (1865 +/- 80 BP – Hv.10878), à -1.50 m (2230 +/- 65 BP – Hv. 11136) et à -1.80 m (2575 +/- 95 BP – Hv. 11137).

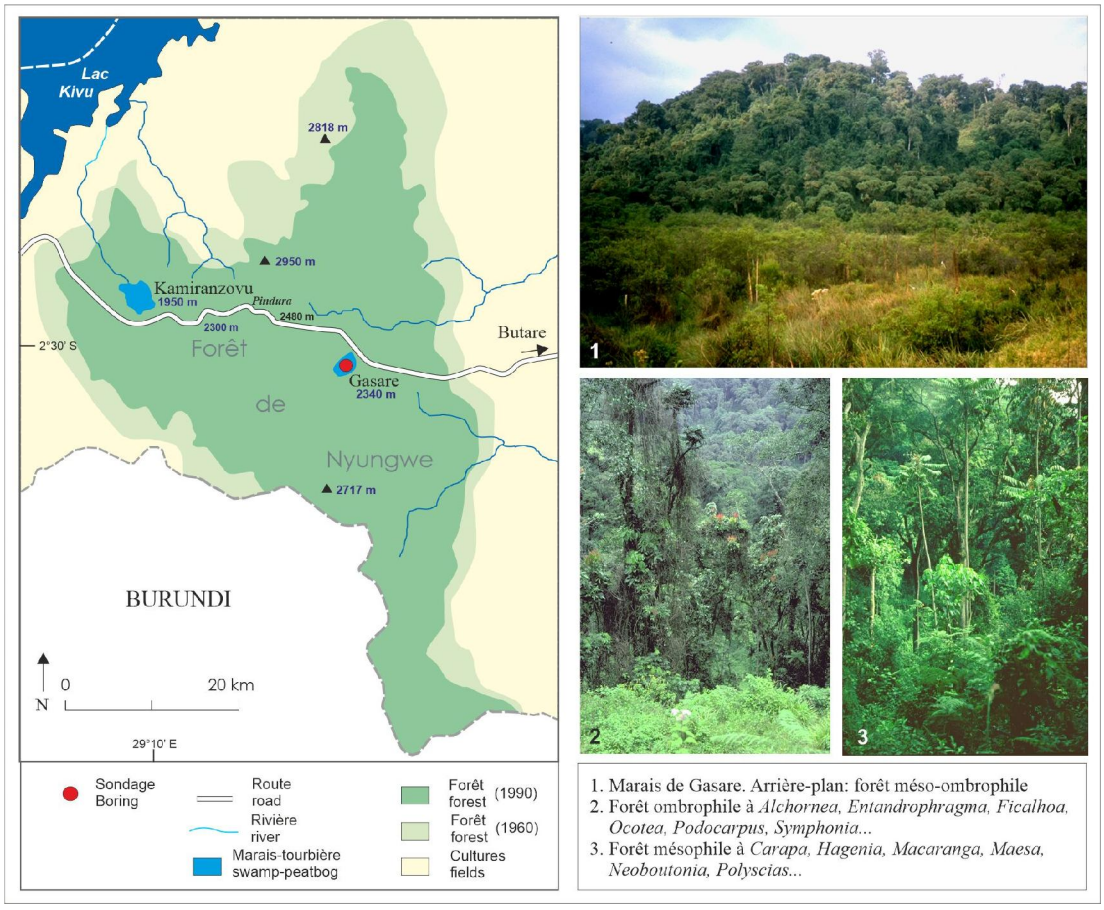


Figure 2 : Gasare ; carte de situation et aspects de la végétation locale (Photos : E.ROCHE, 1985)

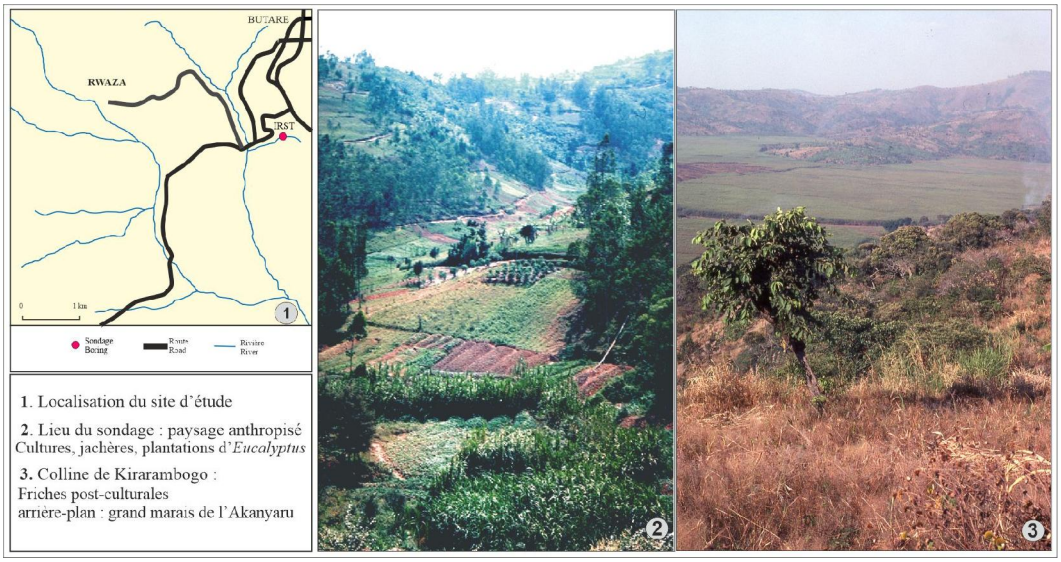


Figure 3 : Région de Butare, sud-est du Rwanda (Photos : E.ROCHE, 1985)

.

1. Carte de situation
2. Vue sur le vallon de Rwatambare, lieu du sondage
3. Aspect de friches post-culturales dans la Région des collines à l'est de Butare

Traitement des échantillons

L'extraction du matériel fossile a été réalisée par le procédé de l'acétolyse, technique mise au point par ERDTMAN (1960). Elle comprend une déshydratation du matériel à l'acide acétique glacial ; un traitement par un mélange d'anhydride acétique et d'acide sulfurique (proportions : 9 pour 1 en volume) et une filtration ainsi qu'un rinçage à l'eau distillée. Pour les échantillons contenant des particules minérales, l'acétolyse est précédée d'un traitement à l'HF 40%.

Méthode d'analyse

La détermination des taxons a été effectuée sous microscope photonique ZEISS JENAVAL à l'aide d'une collection de lames de références et d'une collection iconographique de l'Université de Liège (Belgique). Pour chaque lame, un minimum de 500 grains a été compté.

Les proportions de chaque taxon pour tous les niveaux analysés (tous les 10 cm) ont été exprimées en fréquences relatives, c'est-à-dire par rapport aux grains de pollen comptés. Les fréquences relatives des taxons représentatifs de la flore régionale sont calculées à l'exclusion de la flore locale, celle du marécage. Cette dernière est exprimée en fonction de la totalité des pollens comptés.

Dans les diagrammes polliniques, les taxons identifiés sont classés selon les types de végétation qu'ils représentent tels que décrits dans les ouvrages de botanique relatifs à la région concernée et selon les observations de terrain faites en cours d'étude.

On a ainsi regroupé les taxons polliniques dans des ensembles « palyno-écologiques » caractérisant les zones montagneuses de la dorsale Congo-Nil pour Gasare et la Région des Collines pour Butare.

Gasare

A Gasare, site de haute montagne, on a adopté la classification suivante : 1. Taxons de milieux afro-alpins et subalpins ; 2. Taxons de forêt dense ombrophile afro-montagnarde ; 3. Taxons de forêt mésophile ou secondaire ; 4. Eléments ligneux et herbacés de milieux ouverts altimontains ; 5. Flore locale du milieu marécageux.

En ce qui concerne la composition de la forêt afro-montagnarde, une progression des taxons mésophiles peut être indicatrice d'une variation climatique ou d'une secondarisation du milieu ; dans ce dernier cas, se produit généralement une progression concomitante des milieux ouverts altimontains.

Butare

A cause de la spécificité du Plateau central, on a adopté pour l'interprétation des résultats, un classement des taxons légèrement différent de celui utilisé en haute montagne. Les groupes « Palyno-écologiques » suivants ont été retenus : 1. Taxons de forêt dense hétérogène ; 2. Taxons de galeries forestières et de ravins boisés ; 3. Eléments de savanes boisées ; 4. Eléments de savanes herbeuses ; 5. Flore locale du marécage.

ANALYSE DES SEQUENCES

Gasare

Analyse

L'analyse palynologique de la séquence de Gasare datée vers sa base de 2360 +/- 70 BP (Lv.1807) reflète l'évolution de la végétation afro-montagnarde au cours des derniers 2400 ans de l'Holocène. Par suite du regroupement des taxons polliniques en assemblages représentatifs des groupements végétaux qui caractérisent les pentes de la dorsale, le diagramme a été découpé en 4 zones polliniques majeures dont certaines ont été subdivisées en sous-zones en fonction de fluctuations d'ordre secondaire des composantes des spectres polliniques. Ainsi, les zones 1 et 2 comportent chacune 2 sous-zones et la 3ème, 3 sous-zones :

Zone 1 (3.30-2.70 m) : La zone 1 révèle l'existence d'une forêt hétérogène à caractère méso-ombrophile à éléments afro- subalpins intrusifs.

Dans la sous-zone 1a (3.30-3.00 m), l'influence afro-subalpine est la plus marquée avec une présence significative de *Lobelia* et *Hypericum* tandis que les éléments forestiers mésophiles, parmi lesquels *Macaranga* est dominant, l'emportent sur les ombrophiles à dominance de *Syzygium* mais dont *Alchornea, Cassipourea, Ekebergia* et *Podocarpus* sont les genres associés les plus marquants.

Dans la sous-zone 1b (3.00-2.70 m), *Lobelia* et *Hypericum* régressent au profit des *Ericaceae.* Bien que *Macaranga* et *Maesa* restent bien représentés au sein de l'ensemble mésophile toujours dominant, l'assemblage ombrophile à *Podocarpus, Alchornea, Cassipourea, Ilex, Olea* est en progrès ; *Syzygium* y subit toutefois un léger tassement tandis que *Ekebergia* est en net recul. Parmi les herbacées *Poaceae* et *Asteraceae* sont plutôt modestement représentées alors qu'une avancée des *Urticaceae* est à prendre en considération.

Zone 2 (2.70-1.40 m) : Dans la zone 2 a été archivée un assemblage palynologique révélateur d'un paysage afro-montagnard supérieur évoluant en deux phases :

La sous-zone 2a (2.70-1.90 m) se caractérise par un retrait prononcé des Ericaceae et le développement d'un milieu forestier dense à sous-bois plutôt touffu dont *Podocarpus, Ilex* et *Syzygium* sont les essences ombrophiles dominantes et *Macaranga* le taxon mésophile le plus important. Les essences associées les plus significatives à ce niveau relèvent des genres *Alchornea, Cassipourea, Pygeum, Clutia, Harungana, Maesa, Polyscias* et *Trema*.

Le phénomène marquant de la sous-zone 2b (1.90-1.40 m) est le pic exceptionnel des Ericaceae dans un milieu où les principales essences forestières qui appartiennent aux genres *Podocarpus, Syzygium* et *Macaranga* sont en retrait alors que d'autres sont stables ou en léger progrès comme *Alchornea, Canthium, Cassipourea, Maesa* et *Vernonia*. Une ouverture du milieu est perceptible, soulignée par la progression des Poaceae, d'*Impatiens* et d'herbacées diverses.

Zone 3 (1.40-0.40 m) : La zone 3 révèle un fait majeur dans l'évolution environnementale régionale aux alentours de l'an 1000 de notre ère (datation à -1.30m : 1045 +/- 75 BP – Hv.12111) : l'expansion de *Hagenia* au sein d'un cortège d'essences mésophiles antérieurement dominé par *Macaranga*. La composition floristique forestière mise en évidence par le diagramme pollinique rompt nettement avec ce qui précède. La suite des événements évolue en trois phases :

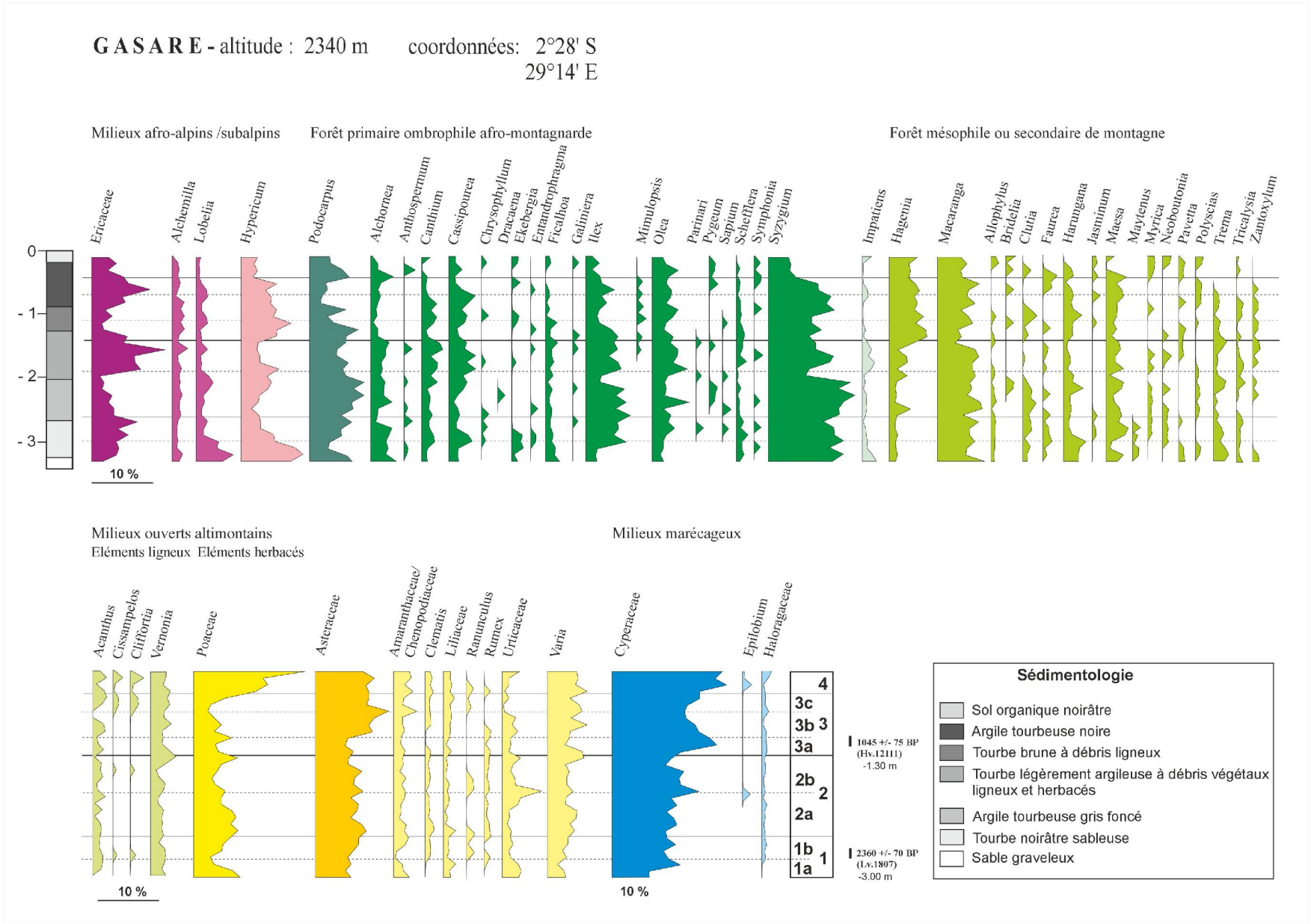
Dans la sous-zone 3a (1.40-1.10 m) se produit un retrait particulièrement significatif des Ericaceae et le retour d'un ensemble forestier méso-ombrophile où progressent *Podocarpus, Ilex, Syzygium, Macaranga* et *Hagenia*. Conjointement à ce dernier, s'enregistre une importante avancée d'*Hypericum*. Dans son ensemble, l'inventaire des espèces recensées dans la subzone évoque un milieu correspondant à l'étage supérieur afro-montagnard. Par ailleurs, on constate une avancée assez nette du marécage.

Dans la sous-zone 3b (1.10-0-70 m), on perçoit une légère avancée des Ericaceae et, si *Podocarpus* accuse un retrait partiel, la composante ombrophile de la forêt est plus diversifiée. On y recense la présence *d'Alchornea, Chrysophyllum, Ekebergia, Ficalhoa, Mimulopsis, Symphonia* et même des essences en progression : *Canthium, Cassipourea, Ilex, Olea* et *Syzygium.* Dans la composante mésophile à *Hagenia* et *Macaranga* restant dominants, on note des taxons en progrès, *Clutia, Harungana* et *Maesa* et un léger regain de *Vernonia*. Un recul des Cyperaceae souligne par contre une contraction du marécage.

La sous-zone 3c (0.70-0.40 m) se caractérise par une nouvelle expansion importante des Ericaceae alors qu'on enregistre un recul généralisé des éléments ombrophiles du milieu montagnard. Par contre, sa composante mésophile à *Hagenia* et *Macaranga* dominants, présente une certaine stabilité. Certains taxons y sont toujours bien présents, tels *Faurea, Harungana, Maesa, Polyscias* et *Vernonia*. Autour du marais, encore en retrait, s'installent *Acanthus, Cissampelos* et *Cliffortia*. Parmi les herbacées, les Poaceae entament une progression alors que les Asteraceae sont à leur optimum.

Zone 4 (0.40-0.10 m) : Cette zone se caractérise par une extension exceptionnelle des Poaceae alors que les Asteraceae et l'ensemble des autres herbacées présentent des taux de représentation importants. Le marécage atteint ici son étendue maximale ; on y recense des taxons propres à celui-ci et à ses abords : Ericaceae, *Alchemilla, Cissampelos, Cliffortia, Hypericum, Lobelia.* Aux alentours, on perçoit l'existence d'une forêt ombro-mésophile fort diversifiée de caractère afro-montagnard supérieur dont les traits dominants son proches de la végétation actuelle. Pour les taxa ombrophiles, on note la présence de *Podocarpus, Alchornea, Anthospermum, Canthium, Cassipourea, Chrysophyllum, Ekebergia, Ficalhoa, Galiniera, Ilex, Olea, Pygeum, Schefflera, Symphonia* et *Syzygium*. Dans la composante mésophile, se signalent *Hagenia* et *Macaranga*, toujours dominants, ainsi que *Allophylus, Bridelia, Clutia, Harungana, Jasminum, Maesa, Myrica, Neoboutonia, Pavetta, Polyscias* et *Vernonia*.

,


GASARE - altitude : 2340 m coordonnées: 2°28' S 29°14' E
Milieux afro-alpins /subalpins
Forêt primaire ombrophile afro-montagnarde
Forêt mésophile ou secondaire de montagne
Ericaceae
Alchemilla
Lobelia
Hypericum
Podocarpus
Alchornea
Anthospermum
Canthium
Cassipourea
Chrysophyllum
Dracaena
Ekebergia
Entandrophragma
Ficalhoa
Galiniera
Ilex
Mimulopsis
Olea
Parinari
Pygeum
Sapium
Scheffera
Symphonia
Syzygium
Impatiens
Hagenia
Macaranga
Allophylus
Bridelia
Clutia
Faurea
Harungana
Jasminum
Maesa
Maytenus
Myrica
Neoboutonia
Pavetta
Polyscias
Trema
Tricalysia
Zantoxylum
0
- 1
- 2
- 3
10 %
Milieux ouverts altimontains
Eléments ligneux Eléments herbacés
Milieux marécageux
Acanthus
Cissampelos
Cliffortia
Vernonia
Poaceae
Asteraceae
Amaranthaceae/ Chenopodiaceae
Clematis
Liliaceae
Ranunculus
Rumex
Urticaceae
Varia
Cyperaceae
Epilobium
Haloragaceae
4
3c
3b 3
3a
2b
2
2a
1b
1a 1
1045 +/- 75 BP (Hv.12111) -1.30 m
2360 +/- 70 BP (Lv.1807) -3.00 m
10 %
10 %
Sédimentologie
Sol organique noirâtre
Argile tourbeuse noire
Tourbe brune à débris ligneux
Tourbe légèrement argileuse à débris végétaux ligneux et herbacés
Argile tourbeuse gris foncé
Tourbe noirâtre sableuse
Sable graveleux

Discussion

L'inventaire pollinique de la base de la séquence de Gasare suggère la présence, autour du marais, d'un milieu forestier hétérogène de terre ferme à dominance de *Macaranga (neomildbraediana)* et *Syzygium (cf. parvifolium)* à forte connotation mésophile de taxons héliophiles dominant un assemblage ombrophile de forêt primaire afro-montagnarde. La présence importante, au sein du marécage, de *Lobelia* associé à *Hypericum* et, à sa périphérie, de massifs d'Ericaceae, évoque l'intrusion, via des ravins véhiculant des masses d'air froid, d'éléments afro-subalpins qui seraient, par ailleurs, favorisés par une humidité atmosphérique entretenue par des brouillards. Malgré cela, on ne peut exclure une certaine sécheresse édaphique régnant sous un couvert forestier modérément ouvert propice au développement d'Urticaceae.

Ensuite, *Lobelia* et *Hypericum* régressent au profit des Ericaceae alors que le milieu marécageux subit un léger tassement. D'autre part, le caractère ombrophile du massif forestier s'affirme davantage bien que la tendance mésophile reste dominante. Cette situation laisse supposer que le climat, tout en restant froid, deviendrait plus humide avec des précipitations en hausse.

Cette première phase d'évolution environnementale (datation ^{14}C à -3.00 m : 2360 +/- 70 BP – Lv.1807) correspondrait à la fin d'une instabilité climatique antérieure à 2000 ans BP ayant marqué l'Afrique centrale depuis l'aridification du Sahara survenue ca. 4000 ans BP (ROCHE, 1991 ; RUNGE, 2001a/b ; KABONYI & ROCHE, 2015 ; ROCHE et al., 2015 ; KABONYI et al., 2017).

Dans la phase 2a de la séquence, l'important retrait des Ericaceae avec progression conjointe de la forêt afro-montagnarde à dominance de *Podocarpus*, d'*Ilex*, de *Pygeum* et de *Syzygium*, assortie d'un sous-bois dense à *Alchornea* traduit des conditions climatiques devenues plus humides mais encore fraîches propres à l'horizon supérieur de la forêt de montagne sur la dorsale du Rwanda (HABYIAREMYE, 1993). Dans cet ensemble à dominance ombrophile, la composante mésophile à *Macaranga, Harungana, Maesa* et, dans une moindre mesure à *Polyscias*, est encore bien présente, attestant l'existence de milieux plus ouverts au sein de la forêt dense. Par ailleurs, le milieu marécageux reste stable. Globalement, cette période correspond à une expansion sensible d'une forêt ombro-mésophile de type afro-montagnard supérieur sur la dorsale orientale du Kivu. Par extrapolation, sur base des datations disponibles, on pourrait situer son optimum aux 1er et 2ème siècles AD (dates conventionnelles).

L'évolution multiforme de la végétation dans la subzone 2b évoque une instabilité climatique liée à une période de sécheresse temporaire. Au début de la période, on assiste à un éclaircissement de la forêt attesté par la progression d'herbacées dans le sous-bois comme *Impatiens* et, surtout, d'Urticacées. Au niveau du marécage, cette aération du milieu provoque une expansion temporaire de la zone humide. Très rapidement la xéricité apparaît sous forme d'une expansion des Ericaceae, favorisées par une certaine sécheresse édaphique, et de la modification du milieu forestier : *Podocarpus* connaît un sérieux tassement de même que *Syzygium* après un rebond initial. *Ilex,* probablement en clairières, et *Olea* restent stables, de même que *Alchornea* dans le sous-bois ; par-contre des espèces plus plastiques profitent de la secondarisation naturelle de la forêt, telles *Canthium*, colonisant les lisières ou *Cassipourea,* occupant les versants et les fonds de vallons restés plus humides.

La période se termine par une progression de *Hagenia,* de *Vernonia*, des Poaceae et d'herbacées diverses, indiquant une accentuation de l'ouverture du milieu.

Cette période peut être assimilée à la phase sèche de ca.500 AD repérée dans d'autres sites régionaux et identifiée comme la Medium Poaceae Period ou MPP (KABONYI & ROCHE*.,* 2015). Ici, cette phase qui préfigure une configuration différente du milieu afro-montagnard est plus diffuse, difficile à préciser mais sur base des deux datations dont on dispose dans la séquence, on pourrait la situer au 6ème siècle AD. Cette période correspond à deux explosions volcaniques cataclysmiques qui se sont produites, l'une en Amérique centrale (Ilopango), l'autre en Papouasie-Nouvelle Guinée (Rabaul) et qui ont eu un effet de « Global cooling » mondial, précisément au 6ème siècle de notre ère (STOTHERS, 1984 ; BAILIE, 1994 ; DULL et al., 2008 ; LARSEN et al., 2012).

A la suite de la pulsation sèche, dans la subzone 3a, le milieu est conquis par *Hagenia*, attestant le retour à une phase climatique plus humide mais restant froide au niveau du site. Le milieu forestier entourant le marais est de type méso-ombrophile à dominance de *Podocarpus, Syzygium, Hagenia* et *Macaranga* avec, comme taxons associés les plus significatifs, *Ilex, Olea, Harungana, Maesa et Trema.* Au sein de cet ensemble, et bien que son extension puisse être liée au développement du marais, la progression d'*Hypericum* simultanée à celle de *Hagenia* n'est pas sans rappeler l'association *Hagenia-Hypericum* de la Forêt-parc occupant, à 3000 m d'altitude, l'étage forestier supérieur dans la région des volcans au nord du Rwanda.

Dans la phase 3b, on remarque un retrait du *Podocarpus* mais, dans le même temps, la composante ombrophile est plus diversifiée, dominée par *Cassipourea, Olea* et *Syzygium,* ce dernier taxon en regain par rapport à la période précédente. Dans sa composante mésophile, *Hagenia* et *Macaranga* restent dominants, suivis par *Maesa* L'ensemble forestier semble plus clairièré ; on constate en effet, la présence significative d'espèces de sous-bois comme *Alchornea, Faurea, Mimulopsis, Maesa, Vernonia* en ce qui concerne les

ligneux ; pour les taxons herbacés, si les Poaceae et les Urticaceae évoluent peu, par contre les Asteraceae sont en très net progrès, vraisemblablement des Séneçons et des Helichrysums, dominants à cette altitude. Avec le recul d'*Hypericum* à ce niveau, la tendance « Forêt-parc » précédente évoluerait ici vers un stade de type « Forêt-prairie », moins dense en sous-bois.

Les deux premières phases de la zone 3 révèlent un changement majeur dans la composition de la forêt afro-montagnarde à l'aube du 2ème millénaire AD, faisant suite à la période de xéricité observée dans la phase 2 et estimée correspondre aux 6ème et 7ème siècles AD. Au sein du milieu afro-montagnard, sous des conditions climatiques plutôt froides et humides, des peuplements à *Hagenia* se sont insérés dans un étage inférieur inversé à *Philippia* et un étage supérieur à *Macaranga* et *Syzygium* cf. *parvifolium* (HABYIAREMYE *et al.,* 1995).

Dans la subzone 3c, on assiste assez rapidement à une progression particulièrement significative des Ericaceae traduisant le retour à une phase sèche et froide pouvant être assimilée à la période dite du « Néoglaciare » définie au Mont Kenya par MAHANEY (1989) et dont les prémices sont signalées au début du deuxième millénaire AD. D'autre part, le recul du marais atteste également l'installation d'une période de sécheresse. Toutefois, en fin de subzone 3c, avec le recul des Ericaceae et un regain de la forêt, on s'oriente vers une période plus fraîche assortie d'une augmentation des précipitations.

A la base de la zone 4, une dernière extension, plutôt brève, d'essences ligneuses traduit la mise en place de conditions climatiques favorables à un couvert forestier plus étoffé. Dès lors, l'extension spectaculaire des formations graminéennes qui y fait suite ne peut être attribuée ici à un événement climatique mais indiquerait une action anthropique liée à des activités agro-pastorales ayant altéré le paysage forestier.

Cette ouverture de la forêt pourrait, à son début, correspondre à l'expansion du Royaume Rwanda vers le sud-ouest au cours du 16ème siècle. Initialement limité au 14ème siècle à un ensemble de collines situées entre la rivière Nyabarongo et le Lac Muhazi, il a commencé à s'étendre, dès le 15ème siècle, vers le nord-ouest et le sud-est sur le Plateau central. Au 16ème siècle, la forêt de Nyungwe aurait été soumise à un pastoralisme itinérant et des feux courants auraient servi à étendre les pâturages en altitude. Par la suite, des défrichements auraient été entrepris à des fins agricoles (VAN SINA, 1962 ; KAGAME, 1972, KAGAME *in* : PRIOUL & SIRVEN : Atlas du Rwanda, 1981).

Le diagramme pollinique de la zone 4 est le reflet du paysage dans sa configuration actuelle avec sa composante ombrophile en retrait et sa mésophile prenant de l'importance, favorisée à la fois par un climat froid et humide d'altitude et par une action anthropique créant des espaces dans le milieu forestier. Il illustre une situation où, au sein d'un ensemble ombrophile afro-montagnard supérieur à *Podocarpus, Cassipourea, Ekebergia, Ficalhoa, Galiniera, Ilex, Pygeum, Symphonia, Syzygium*, s'insinue un ensemble mésophile à *Hagenia* et son cortège d'espèces secondaires *Macaranga, Allophylus, Bridelia, Clutia, Harungana, Maesa, Neoboutonia, Polyscias, Vernonia.*

Dans cet environnement, le *Hagenietum abyssinicae,* association appauvrie qui revêt actuellement l'aspect d'une « Forêt-prairie » dérivée de la « Forêt-parc » typique de l'étage afro-subalpin, occupe des enclaves assez étendues dans des sites encaissés où se concentrent des masses d'air froid. Dans une atmosphère confinée et humide, l'association est l'illustration de l'inversion locale de l'étagement de la végétation sur la dorsale orientale du Kivu (HABYIAREMYE et al., 1995).

Butare

Analyse

L'analyse pollinique de la séquence de Butare a mis en évidence deux coupures majeures dans l'évolution paléoenvironnementale de la Région des collines au sud du Rwanda, une à -1.50 m, l'autre à -1.10 m, délimitant ainsi 3 zones polliniques reflétant les modifications du milieu qui ont eu lieu au cours du temps. Des sous-zones ont été découpées dans les zones 2 et 3, 2 dans la zone 2, 3 dans la zone 3, pour souligner des fluctuations d'ordre secondaire du milieu.

Zone 1 (1.80-1.50 m) : La zone 1 se caractérise par une dominance des herbacées et des ligneux de savanes. Pour les premières, les Poaceae et les Asteraceae l'emportent nettement mais la présence des Apiaceae, des Caryophyllaceae, et des Chenopodiaceae n'est pas négligeable. Pour les seconds, *Acanthus, Cassia, Combretum, Ficus* et *Rhus* sont les plus représentés. Parmi les taxons de galeries forestières et des ravins boisés humides, *Syzygium*, probablement *cordatum,* est nettement dominant avec, comme espèces associées, *Chaetacme, Myrica* et *Phoenix.* Les essences de forêt de montagne sont peu présentes, sauf quelques-unes parmi les plus « plastiques » et plutôt secondaires comme *Harungana, Hypericum, Polyscias*.

Zone 2 (1.50-1.10 m) : Les spectres polliniques de la zone 2 attestent un épisode forestier dont l'évolution s'effectue en deux phases :

Dans la sous-zone 2a (1.50-1.25 m), l'environnement est révélateur d'une importante expansion des milieux boisés. Ainsi, on observe l'intrusion, dans les collines du Plateau central, d'essences afro-montagnardes dont les plus marquantes sont *Cassipourea, Entandrophragma, Galiniera, Hagenia, Podocarpus* et *Symphonia*. Dans l'espace collinéen, les fonds de vallées et les ravins humides voient s'étendre *Chaetacme, Maesa, Maytenus, Phoenix*, *Syzygium* et *Teclea*. Par ailleurs dans le milieu savanicole proprement dit, sur les pentes et les reliefs, des éléments ligneux sont aussi en progression, à savoir : *Acacia, Canthium, Capparis, Euphorbia, Jasminum, Olea* (cf. *africana*) et *Pavetta*. Conjointement, on assiste à un retrait prononcé des espèces herbacées, principalement des Poaceae et des Asteraceae.

Dans la sous-zone 2b (1.25-1.10 m), l'espace boisé est toujours bien développé mais sa configuration change quelque peu avec un apport afro-montagnard moins marqué et un aspect savanicole plus prononcé. On remarque ainsi un recul de *Cassipourea, Entandrophragma, Hagenia* et *Podocarpus* au profit d'essences plus secondaires comme *Harungana, Polyscias* et *Tricalysia*. Dans les fonds de vallées, *Chaetacme, Maesa* et *Maytenus* régressent à l'inverse de *Myrica, Phoenix* et *Syzygium*, surtout ce dernier, qui est en progrès alors que le milieu marécageux à Cyperaceae, précédemment en régression, est cette fois en extension. Dans les savanes certains taxons restent plutôt stables, notamment *Acacia, Combretum, Erythrina, Euphorbia, Ficus, Olea, Rhus et Solanum* alors que d'autres sont en progression comme *Cassia, Dodonea, Jasminum* ou font leur apparition : *Crotalaria, Dombeya, Markhamia, Zanthoxylum.* Si les herbacées, pour la plupart, n'évoluent guère, comme les Asreraceae, par contre on note un léger sursaut des Poaceae.

Zone 3 (1.10-0.40 m) : L'analyse palynologique de la zone 3 est révélatrice d'une modification profonde du paysage régional passant de façon assez abrupte d'un milieu boisé dense à un milieu de savane arborée largement ouvert.

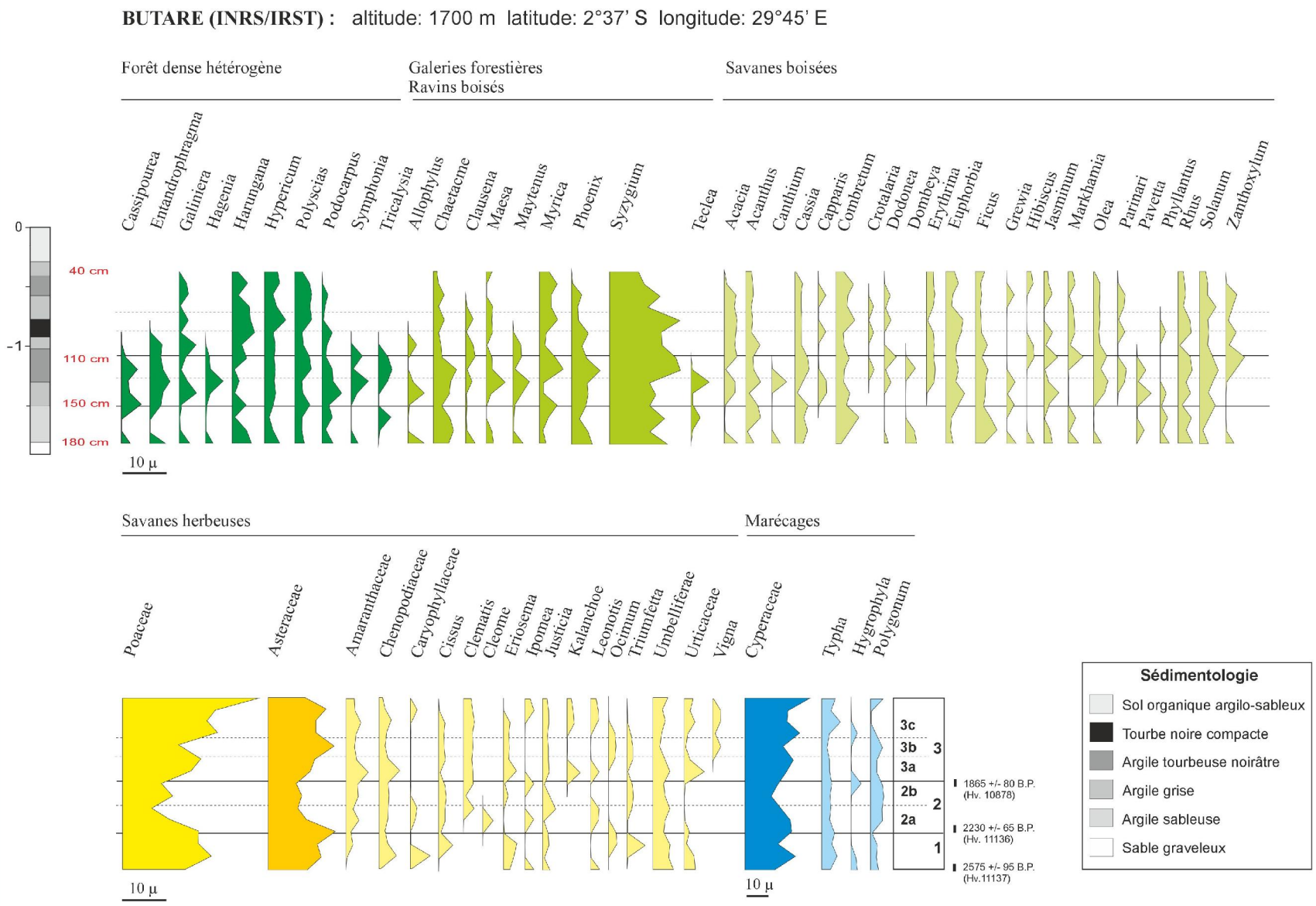
Dans la sous-zone 3a (1.10-0.80), les principales essences de forêt de montagne, *Cassipourea, Entandrophragma, Hagenia, Symphonia, Tricalysia* et *Podocarpus* sont en voie de disparition ; ne subsistent que des espèces secondaires comme *Galiniera, Harungana, Hypericum* et *Polyscias*. Les espèces de galeries forestières et de ravins humides sont toutes en recul : *Chaetacme, Clausena, Myrica, Phoenix* et même *Syzygium*. Dans l'espace savanicole, on enregistre le maintien d'*Acacia, Erythrina, Euphorbia, Rhus* et *Zanthoxylum* ; sont en recul, par contre, *Cassia, Combretum, Ficus, Markhamia, Olea, Solanum* alors que disparaissent *Dombeya* et *Pavetta* et qu'apparaissent des bosquets de milieux dégradés tels *Capparis, Crotalaria et Parinari*. L'importante expansion des herbacées, Poaceae, Apiaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae et Urticaceae atteste une ouverture du milieu particulièrement marquée à cette période. A noter aussi, à ce niveau, l'apparition de *Vigna*.

Dans la sous-zone 3b (0.80-0.70) on revient à un milieu à l'aspect plus fermé avec une progression d'ensemble des éléments ligneux. On constate notamment un regain de certaines essences montagnardes secondaires telles *Harungana* et *Polyscias* ainsi que de taxons liés aux galeries et ravins humides, entre-autres *Syzygium* et *Myrica*. Le fonds du domaine savanicole reste assez stable pour un ensemble de taxa, à savoir *Acacia, Cassia, Ficus, Markhamia, Olea, Rhus* alors que d'autres sont en progrès : *Combretum, Dodonea, Euphorbia* et *Solanum*. Dans cette sous-zone, l'ensemble des herbacées est en recul, excepté les Asteraceae.

Dans la sous-zone 3c (0.70-0.40), l'expansion exceptionnelle des Poaceae souligne le passage à un environnement largement ouvert où la plupart des éléments ligneux est en recul. Si certains taxa afro-montagnards plus « flexibles » comme *Galiniera*, *Harungana* et *Polyscias* sont peu affectés, les éléments de galeries forestières régressent. C'est le cas de *Chaetacme, Phoenix* et *Syzygium* ; pour sa part, *Myrica* reste stable. Parmi les essences ligneuses de savane, certaines sont stables quoique faiblement représentées, notamment *Acanthus, Combretum, Erythrina, Euphorbia, Ficus, Markhamia, Rhus* et *Solanum* tandis que d'autres régressent ou disparaissent : *Acacia, Cassia, Dodonea, Olea, Parinari* et *Zanthoxylum*. Parmi les herbacées, on note une régression des Asteraceae, une stabilité des Apiaceae et une légère progression des Urticaceae. La présence de *Vigna* est confirmée.

Discussion

L'assemblage palynologique de la base de la séquence de Butare évoque un paysage de savane arborée où dominent les espaces herbacés à Poaceae et Asteraceae et, secondairement, à Apiaceae, Chenopodiaceae et Caryophyllaceae. Dans cet ensemble dominant, on enregistre l'intrusion de taxa forestiers afro-montagnards mais il s'agit principalement d'éléments secondaires assez « plastiques » pouvant s'accommoder de niches écologiques favorables comme des ravins frais pour *Harungana* et *Polyscias* ou de la proximité de marais pour *Hypericum*, voire de zones savanicoles denses pour *Tricalysia*. Les fonds de vallées sont frangés de galeries forestières assez étoffées à dominance de *Syzygium*, vraisemblablement *cordatum*, avec comme essences associées *Chaetacme* et *Phoenix*.


BUTARE (INRS/IRST) : altitude: 1700 m latitude: 2°37' S longitude: 29°45' E
Forêt dense hétérogène
Galeries forestières
Ravins boisés
Savanes boisées
Cassipourea
Entandrophragma
Galiniera
Hagenia
Harungana
Hypericum
Polyscias
Podocarpus
Symphonia
Tricalysia
Allophylus
Chaetacme
Clausena
Maesa
Maytenus
Myrica
Phoenix
Syzygium
Teclea
Acacia
Acanthus
Canthium
Cassia
Capparis
Combretum
Crotalaria
Dodonea
Dombeya
Erythrina
Euphorbia
Ficus
Grewia
Hibiscus
Jasminum
Markhamia
Olea
Parinari
Pavetta
Phyllantus
Rhus
Solanum
Zanthoxylum
0
-1
40 cm
110 cm
150 cm
180 cm
10 µ
Savanes herbeuses
Marécages
Poaceae
Asteraceae
Amaranthaceae
Chenopodiaceae
Caryophyllaceae
Cissus
Clematis
Cleome
Eriosema
Ipomea
Justicia
Kalanchoe
Leonotis
Ocimum
Triumfetta
Umbelliferae
Urticaceae
Vigna
Cyperaceae
Typha
Hygrophyla
Polygonum
3c
3b
3a
2b
2a
3
2
1
1865 +/- 80 B.P. (Hv. 10878)
2230 +/- 65 B.P. (Hv. 11136)
2575 +/- 95 B.P. (Hv.11137)
10 µ
10 µ
Sédimentologie
Sol organique argilo-sableux
Tourbe noire compacte
Argile tourbeuse noirâtre
Argile grise
Argile sableuse
Sable graveleux

Dans le domaine collinéen, la partie arborée se présente sous forme d'un assemblage de petits arbres, de bosquets et de fourrés avec, comme éléments principaux *Acanthus, Cassia, Combretum, Dombeya, Ficus, Rhus* et *Solanum* alors que se signalent simplement par leur présence *Acacia, Euphorbia, Grewia, Markhamia, Pavetta* et *Phyllantus.* Tout cet ensemble suggère un environnement soumis à une certaine aridité assortie de saisons contrastées propres aujourd'hui aux territoires orientaux.

Ce type de paysage caractérise la période située entre ca. 2600 ans et ca. 2200 ans BP (datations ^{14}C à -1.80m : 2576 +/- 95 BP – Hv.11137 et à -1.50 : 2230 +/- 65 BP – Hv.11138) ce qui s'apparente climatiquement à ce que MALEY (1992) a, en Afrique de l'ouest, appelé « La péjoration climatique de 2500 ans à 2000 ans BP » qui serait responsable d'un profond remodelage du milieu forestier intertropical humide africain. En réalité, cet épisode ne représente que la fin d'un long processus d'instabilité climatique consécutif à l'aridification du Sahara survenue ca. 4000 ans BP comme l'évoquent nos travaux sur l'évolution des paléoenvironnements holocènes de la dorsale occidentale du Kivu (KABONYI NZABANDORA & ROCHE, 2015 ; KABONYI NZABANDORA et al., 2017) et de la région des volcans au nord du Rwanda (ROCHE, 1991 ; ROCHE et al., 2015).

La période suivante qui s'étend de ca. 2200 ans BP (datation ^{14}C à -1.50m : 2230 +/- 65 BP – Hv.111138) à ca. 1800 ans BP (datation ^{14}C à - 1.10m : 1865 +/- 80 BP – Hv.10878) se signale par une progression généralisée des essences ligneuses. Cette expansion forestière n'a pu être favorisée que par une augmentation substantielle des précipitations, qu'on peut considérer comme supérieures à celles connues actuellement dans la région. Néanmoins, la période comporte deux phases distinctes qui se différencient par l'évolution de leurs composantes.

Dans la première phase, on perçoit nettement une progression vers l'est, dans les collines du Plateau central, d'éléments présents dans la forêt dense afro-montagnarde. Des essences comme *Entandrophragma*, *Symphonia* et même *Hagenia* et *Podocarpus*, ont pu s'introduire dans des milieux écologiquement favorables comme des ravins frais à humidité persistante. *Cassipourea* et *Polyscias* sont des colonisateurs de pentes dans des ravins encaissés. *Galiniera* et *Hypericum* peuvent envahir les marais. Dans les fonds de vallées les marécages sont frangés de galeries forestières étendues à *Chaetacme*, *Maesa*, *Myrica* (cf. *kandtiana*), *Phoenix* et *Syzygium* (cf. *cordatum*).Vers l'est, le domaine savanicole collinéen se densifie dans ses différentes strates : arbres et petits arbres, *Acacia, Dodonea, Erythrina, Euphorbia, Ficus, Olea* (cf. *africana*), *Parinari* ; arbustes, *Cassia, Grewia, Pavetta, Rhus, Solanum* ; bosquets et fourrés, *Acanthus, Canthium, Capparis, Combretum, Hibiscus, Jasminum*. Sous une telle couverture boisée diversifiée et stratifiée, les composantes dominantes de la couche herbeuse, Poaceae et Asteraceae, régressent sensiblement.

La seconde phase apparaît régressive par rapport à la première, du fait du retrait marqué d'essences de forêt primaire comme *Cassipourea, Entandrophragma Symphonia* ou *Podocarpus* alors que progressent des essences secondaires comme *Harungana, Polyscias et Tricalysia*, ce qui, en dehors de toute influence humaine avérée, résulterait d'une légère baisse des précipitations. De même, le recul d'*Hagenia* attesterait une légère hausse des températures avec diminution de l'humidité atmosphérique. L'espace marécageux en expansion, ce qui suggère la présence aux alentours d'un milieu plus aéré, est toujours bordé de galeries bien développées où le recul de *Chaetacme, Maesa* et *Teclea* est compensé par une avancée de *Phoenix, Myrica* (cf. *kandtiana*) et *Syzygium* (cf. *cordatum*), ces deux derniers éléments formant un ensemble colonisateur d'étendues marécageuses et de ravins humides. Le milieu savanicole ne varie guère durant cette phase ; cependant, si certaines essences sont plutôt stables comme *Acacia*, *Combretum*, *Erythrina, Euphorbia, Ficus, Olea, Rhus, Solanum*, quelques-unes régressent, telles *Capparis, Parinari, et Pavetta* tandis que d'autres s'affirment davantage : *Cassia, Dodonea, Jasminum, Markhamia* et *Zanthoxylum,* ce qui indiquerait qu'une légère xéricité s'installe dans l'environnement. Bien que la strate herbacée reste peu développée, on note cependant une légère progression du tapis graminéen, comme conséquence d'une couverture boisée moins dense.

Des deux phases qui constituent la période forestière, la première est celle où elle est la plus marquante et en progression, favorisée par un climat plus humide que l'actuel. Sur base des deux datations qui encadrent la période, on peut, par extrapolation, situer l'optimum de l'expansion forestière à ca 2000 ans BP.

Dans la troisième période, le paysage change radicalement d'aspect. D'un environnement forestier, on passe sans transition à celui, irréversible, d'une savane arborée dont l'évolution s'effectue en trois phases.

A défaut de datation ^{14}C dans la partie supérieure de la séquence, les extrapolations effectuées sur base des datations antérieures, bien que plus aléatoires, ont toutefois le mérite de proposer une chronologie de la suite des évènements. Ainsi, le sommet de la zone 2 se situerait dans la deuxième moitié du 2ème siècle AD et celui de la sous-zone 3a à la fin du 6ème siècle. La sous-zone 3b couvrirait le 7ème siècle et la base de la sous-zone 3c daterait du début du 8ème siècle de notre ère.

Si la fin de la période précédente se terminait, semble-t-il, sur un léger fléchissement de la pluviosité, rien ne peut justifier, climatiquement, un changement du paysage régional aussi important et qui subsiste ensuite alors que rien n'indique, dans les études antérieures effectuées sur les zones bordières du Lac Kivu (KABONYI & ROCHE, 2015 ; ROCHE *et al.,* 2015), qu'un changement climatique majeur ait eu lieu de façon persistante au cours du premier millénaire de notre ère. Dès lors, seul un impact anthropique agressif permettrait d'expliquer une telle évolution du paysage.

A la limite du domaine montagnard, les essences typiquement orophiles telles *Cassipourea, Etandrophragma, Hagenia, Podocarpus, Symphonia*, régressent ou sont même en voie de disparition, laissant la place à des espèces secondaires plus plastiques comme *Galiniera, Harungana, Polyscias*. Dans les fonds de vallées, les galeries forestières rétrécissent et sur les collines, les savanes boisées se transforment en savanes arborées où apparaissent des bosquets de milieux secondarisés. Moins dense, la savane arborée favorise le développement du couvert graminéen et une avancée des Astéracées. Mais l'élément le plus significatif est la progression simultanée des Amaranthaceae, des Apiaceae, des Chenopodiaceae, des Urticaceae, familles regroupant un ensemble d'espèces qui envahissent les milieux rudéralisés, piétinés, les bords des chemins, les friches, les jachères et font partie des végétations post-culturales. L'apparition, en fin de période, de *Vigna*, un petit haricot, pourrait suggérer qu'une tentative de mise en culture de certaines espèces comestibles de la flore locale ait pu avoir eu lieu à l'époque.

Apports de l'archéologie

Des recherches archéologiques menées au Rwanda sur l'Age du fer corroborent l'interprétation faite ci-dessus quant à l'évolution du milieu à partir du 2ème siècle de notre ère.

On sait que, à la suite de l'aridification du Sahara survenue il y a 4000 ans, des populations bantouphones installées dans une région de savanes aux confins du Nigéria et du Cameroun ont émigré à la recherche de nouvelles terres aux conditions édaphiques et climatiques propices au transfert des techniques agricoles déjà élaborées acquises dans leur région d'origine, principalement la culture du Sorgho. Ces populations de savanes, peu habituées à une vie en forêt, se seraient déplacées vers l'est en contournant, par les savanes soudaniennes, la forêt équatoriale en régression, pour venir s'installer dans la région dite « Interlacustre » située entre le Lac Victoria et les lacs du rift albertin (du N au S : Albert, Edouard, Kivu, Tanganyika).

Par ailleurs, des pasteurs nomades venus du nord-est, amenant avec eux bétail et cultivars d'Eleusine, se seraient déjà installés dans la branche orientale du rift près d'un millénaire avant notre ère (MURDOCK, 1959 ; EPSTEIN, 1971).

La conjonction de ces deux mouvements migratoires aurait permis de développer dans la région des grands lacs, au cours des premiers siècles de notre ère, des activités agro-pastorales typiquement africaines agrémentées de chasse et de cueillette.

Avant notre ère, des sites d'occupation caractérisés par une céramique à décoration incisée (dite « urewe ») sont dispersés dans les collines du Rwanda, du Burundi et au Buhaya (région de Bukoba) au nord-ouest de la Tanzanie. Ces sites, qu'on pourrait qualifier d'exploratoires, sont tous associés à des activités métallurgiques. Des recherches plus récentes effectuées dans la région de Kisangani en R.D.Congo (LIVINGSTONE SMITH *et al*., 2016) ont montré qu'une percée vers l'ouest avait aussi été tentée, dès avant J.C. ; mais ici, les sites inventoriés, identifiés par la céramique, ne renfermaient qu'une industrie lithique, probablement faute de matériel pour pratiquer la métallurgie.

Ce n'est qu'après J.C. que des occupations prolongées sont apparues en Région interlacustre, à l'est de Butare au Rwanda, à Mubuga (Gitega) au Burundi, au Buhaya en Tanzanie et au nord et au nord-est du Lac Victoria en Ouganda et au Kenya (VAN GRUNDERBEEK, 1992).

Dans la région de Butare, au Rwanda, l'importante concentration de fourneaux d'Age du Fer ancien, datée du 2ème siècle à la première moitié du 6ème siècle AD, située à l'est de la localité, principalement sur les collines de Gisagara, Kabuye, Gahondo et Muganza (v. carte, fig.1) témoigne d'une activité métallurgique intensive. Sur les 22 fourneaux mis à jour, tous datés, on en a recensé 2 du 2ème siècle, 10 du 3ème siècle, 5 du 4ème siècle, 3 du 5ème siècle et 2 du 6ème siècle AD. Pour 13 d'entre eux, l'analyse des charbons de bois a été réalisée dans le but de se faire une idée des essences utilisées pour leur fabrication : 2 du 2ème siècle, 5 du 3ème siècle, 3 du 4ème siècle, 2 du 5ème siècle et 1 du 6ème siècle AD.

L'étude des charbons de bois recueillis dans les fourneaux apporte des informations complémentaires concernant l'évolution de l'environnement régional (VAN GRUNDERBEEK & DOUTRELEPONT, 1988 ; ROCHE & VAN GRUNDERBEEK, 2009). Ainsi, on remarque que dans les fourneaux les plus anciens, au 2ème siècle, les essences utilisées pour la fonte étaient essentiellement des arbres de forêt dense (*Beilschmiedia, Cassipourea, Chrysophyllum, Entandrophragma, Ocotea*), ce qui indique que la région était encore riche en combustible de qualité. Dans la première moitié du 3ème siècle, on perçoit déjà un changement dans l'approvisionnement en combustible : aux essences de forêt dense sont mêlées des espèces provenant de ravins

boisés (*Ekebergia, Macaranga*) et de savanes boisées (*Acacia, Bridelia, Drypetes, Hymenocardia, Zanthoxylum*), de valeur calorifique moindre, ce qui témoigne déjà d'un appauvrissement du milieu. Lors du passage du 3ème au 4ème siècle, la fabrication de charbon de bois semble devenir problématique ; on remarque qu'il est constitué d'un ensemble hétéroclite d'espèces les plus diverses : arbres de taille moyenne ou petite, voire d'arbustes (*Acacia, Macaranga, Drypetes, Euclea, Flacourtia, Garcinia, Maytenus, Ochna*, *Terminalia*) issus de milieux secondarisés d'un environnement surexploité. Par la suite, aux 5ème et 6ème siècles, les charbons utilisés attestent un certain regain des espaces boisés, favorisé par des activités métallurgiques qui avaient déjà très fortement ralenti par rapport à ce qu'elles étaient au 3ème siècle, alors à leur apogée.

Une analyse palynologique d'échantillons prélevés dans de la terre noircie au fond des creusets de trois fourneaux de la colline de Kabuye (Gisagara) et datés respectivement du début du 3ème siècle, de la fin du 4ème siècle et du début du 6ème siècle AD a, par ailleurs, apporté un complément d'information concernant l'évolution du milieu collinéen à l'Age du fer ancien (VAN GRUNDERBEEK et al., 1982 ; ROCHE, E., 1996 ; VAN GRUNDERBEEK & ROCHE, 2008). Ainsi, on constate que, d'une savane boisée au 3ème siècle, on passe à une savane herbeuse au 4ème siècle pour retrouver une savane boisée au 6ème siècle, ce qui suit l'évolution évoquée par l'anthracologie.

Mais l'élément le plus intéressant de l'analyse est la présence de pollens attribués à l'Eleusine dans les trois creusets examinés et au Sorgho dans les deux plus récents. Cela suggère que, en parallèle des activités métallurgiques, ait pu se développer une agriculture de subsistance basée sur la culture du Sorgho et de l'Eleusine mais aussi que certaines variétés d'Amaranthaceae, de Cucurbitaceae, de Fabaceae (*Vigna*), de Musaceae (*Ensete*) et de Solanaceae, issues de la végétation locale auraient pu être exploitées, voire cultivées, pour être consommées. Dans ce type d'économie, la chasse pouvait constituer un apport nutritionnel complémentaire, de même que l'élevage attesté par la présence de dents de bovidés retrouvées dans certains sites datés du 3ème siècle AD (ROCHE, 1996 ; VAN GRUNDERBEEK & ROCHE, 2008). Cette économie mixte étant largement tributaire de la qualité de l'environnement ; la surexploitation de ce dernier a donc pu, à terme, menacer la survie des communautés de métallurgistes de l'Age du fer ancien au Rwanda. C'est ce qui s'est passé au 6ème siècle AD quand un « Global cooling », résultat d'éruptions volcaniques cataclysmiques (voir : page 53), n'a plus permis à un biotope fragilisé d'assurer la subsistance des populations qui l'occupaient. L'événement est souligné par le pic de Poaceae archivé dans la séquence de Butare qui s'apparente à la Medium Poaceae Period (MPP) définie par KABONYI & ROCHE (2015) au Kivu ; par ailleurs, on constate que le dernier fourneau d'Age du fer ancien inventorié au Rwanda est daté de la première moitié du 6ème siècle (VAN GRUNDERBEEK, 1992), confirmant ainsi la fin du premier Age du fer dans la Région des collines.

Ainsi, la mise en commun des résultats des recherches palynologiques, anthracologiques et archéologiques a permis de mieux cerner le passage d'un paysage globalement forestier à celui d'une savane arborée et de suivre son évolution au cours de la période s'étendant du 3ème au 6ème siècle AD.

Le regain forestier observé dans la période suivante serait le reflet d'un milieu laissé à l'abandon après une surexploitation et redevenant plus étoffé, sous des conditions climatiques probablement plus clémentes, après une période de froid assortie d'une certaine sécheresse. Cette situation aurait favorisé un sérieux regain de genres orophiles, quoique secondaires, une extension des galeries forestières et rendu le milieu collinéen plus arboré.

Comme suite à sa régénération qui se serait poursuivie sur une assez longue période, vraisemblablement un siècle (aucun site d'occupation n'a été décelé au 7ème siècle), le milieu naturel était à nouveau susceptible d'accueillir de nouveaux habitants. Cela aurait facilité l'installation au Rwanda d'un second Age du fer ou Age du fer récent, au 8ème siècle AD.

Initialement attribué à un apport sud-nilotique (DESMEDT, 1991), ce second Age du fer a été introduit au Rwanda par une nouvelle vague d'immigration en provenance des savanes subsahariennes de l'ouest-africain (LIVINGSTONE SMITH, 2007). Dans la Région des collines à l'est de Butare, le premier site d'installation est daté de 740 ans AD. Il se signale par une méthode de fonte du fer moins élaborée que celle de l'Age du fer ancien et par une céramique décorée à la « roulette torsadée ».

Dans la phase terminale de la séquence de Butare, on remarque le façonnage de l'environnement par une intervention humaine de plus en plus incisive. Comme leurs prédécesseurs, les premiers occupants de l'Age du fer récent ont pratiqué une économie agro-pastorale dans laquelle le pastoralisme semble s'intensifier à partir du 10ème siècle (ROCHE, 1996) ; cela se traduit par une régression sensible et progressive des milieux boisés au profit des milieux de savanes herbeuses secondarisés, résultat de l'extension des pâturages. C'est ce qu'on observe dans la phase finale du profil avec le retrait de tous les éléments ligneux et la progression importante des Poaceae. Celle-ci correspond à la Younger Poaceae Period (YPP) observé par RUNGE (2001, a/b) en Afrique centrale dès le début du second millénaire AD.

SYNTHESE

La mise en parallèle des événements archivés par la palynologie dans deux séquences sédimentaires argilo-tourbeuses issues de milieux distincts, l'un sur la Dorsale Congo-Nil, l'autre sur le Plateau central ou Région des collines, permet de reconstituer l'évolution paléoenvironnementale du sud du Rwanda au cours les derniers 2500 ans de l'Holocène.

A Gasare, aux alentours de 2300 ans BP, une forêt hétérogène de caractère méso-ombrophile, à éléments afro-subalpins intrusifs, occupe les reliefs de la dorsale, suggérant l'existence d'une instabilité climatique sous des conditions plutôt froides, à humidité atmosphérique ambiante mais à sécheresse édaphique.

A Butare, sur le Plateau central, la base de la séquence révèle la présence d'une savane arborée à dominance d'espaces collinéens herbacés parsemés de petits arbres, de bosquets et de fourrés. Cet ensemble, qui s'est développé entre 2600 et 2200 ans BP évoque un environnement soumis à une certaine aridité.

Sur la dorsale, le deuxième stade évolutif se traduit par un retrait des éléments afro-subalpins et par une avancée sensible d'une forêt primaire montagnarde, à sous-bois dense, dont le développement serait conditionné par une augmentation de la pluviosité assortie d'une fraîcheur propre à son horizon supérieur. L'optimum de sa progression se situerait au premier et à la première moitié du deuxième siècle de notre ère, mais le caractère ombrophile dominant se maintiendrait encore pour un temps sous des conditions climatiques restées favorables.

Sur le Plateau central, la période entre 2200 et 1800 ans BP voit le glissement vers l'est d'éléments issus de l'horizon inférieur de la forêt afro-montagnarde, l'extension des galeries forestières et la densification du couvert boisé des collines. Un tel développement serait lié à une augmentation de la pluviosité sous des températures clémentes. A la fin de la période, on perçoit un fléchissement de la progression forestière, dû vraisemblablement à une légère diminution des précipitations. Cependant, le début d'un effet anthropique sur le milieu ne serait pas à exclure.

La forêt afro-montagnarde évolue ensuite vers un stade moins dense à sous-bois plus aéré. A cet épisode fait suite un retour d'éléments afro-subalpins intrusifs indicateurs de conditions climatiques redevenues plus froides et plus sèches persistant au cours du 6ème siècle AD.

Sur le Plateau central, l'aspect du paysage change de façon assez brusque, vers le début du 3ème siècle AD. On y enregistre le passage d'une savane boisée à une savane arborée dont le couvert herbacé s'étend progressivement. Ce dernier est dominé par les graminées et les composées mais y sont fréquentes des espèces de milieux rudéralisés, de friches et de jachères soulignant une influence anthropique agressive. La fin de la période est marquée par une pulsation froide et sèche accroissant le caractère herbacé de la savane ; cet événement se situe au 6ème siècle AD.

Après la phase sèche et froide du 6ème siècle, le climat, tout en restant froid, connaît une recrudescence d'humidité favorisant, sur la dorsale, une expansion forestière particulière où des peuplements à *Hagenia* s'insèrent dans des espaces libérés antérieurement au sein de la forêt ombrophile, amorçant ainsi la mise en place d'un étage montagnard inversé de type « forêt-parc ».

Au 7ème siècle, le milieu collinéen déserté, soumis à des conditions climatiques plus humides, voit le retour d'un environnement savanicole arboré. Après cet abandon du milieu dont la durée est estimée à une centaine d'années, le retour d'une occupation humaine sur les collines du sud du Rwanda se profile dès le 8ème siècle AD. Au cours du temps, on assiste à la mise en place d'un paysage de plus en plus « anthropisé » où les savanes boisées cèdent le pas à des savanes arborées secondarisées et à des pâturages, résultat d'une économie agro-pastorale en expansion. C'est ce que traduit la remarquable progression des milieux herbacés graminéens que l'on observe dès le début du second millénaire AD.

Le milieu afro-montagnard passe ensuite à un stade plus fermé mais où subsistent des poches de « forêt-parc » évoluant toutefois vers un stade appauvri de « forêt-prairie » ; celle-ci assurant sa durabilité dans des ravins encaissées traversés de vents froids et humides d'altitude y créant un microclimat local.

Survient ensuite une réapparition significative d'éléments afro-subalpins témoignant de la mise en place de conditions climatiques froides et sèches. Celles-ci sont assimilables à la période dite du « Néoglaciaire du Mont Kenya », bien connu en Afrique de l'est. S'ensuit un regain forestier attestant le retour à des conditions plus fraîches.

Le dernier stade évolutif du milieu montagnard révèle un recul forestier favorable au développement d'espaces graminéens étendus. Une telle situation ne répondant pas aux conditions climatiques ambiantes doit être considéré comme la résultante d'un pastoralisme en forêt en expansion, d'origine anthropique.

L'expansion des savanes herbeuses anthropiques de la dorsale est en décalage de plusieurs siècles par rapport à celui des collines. C'est que, dans un premier temps, les populations de l'Age du fer ne se sont guère aventurées dans les forêts occupant la dorsale, se cantonnant sur le Plateau central. Ce n'est qu'à partir du 16ème siècle, sous la pression démographique et en quête de nouveaux pâturages, qu'elles ont entrepris d'en créer en forêt, d'abord par un pastoralisme itinérant, ensuite par des déboisements.

CONCLUSION

En associant les données issues de l'analyse palynologique des séquences sédimentaires de Gasare et de Butare ont été mises en évidence, dans leur ensemble, les différences phases évolutives des milieux de haute et de moyenne altitude au Rwanda méridional pour les vingt-cinq derniers siècles de l'Holocène. Ces dernières s'échelonnent comme suit :

Avant 2200 ans BP, une forêt méso-ombrophile à éléments afro-subalpins intrusifs occupe la dorsale Congo-Nil tandis que, sur le Plateau central, se développe une savane herbeuse arborée. Ces ensembles hétérogènes évoquent des milieux soumis à des conditions climatiques froides et sèches, à saisons contrastées.

Entre 2200 ans et 1800 ans BP se situe l'expansion d'une forêt ombro-mésophile dense sur les hauts reliefs alors que le couvert des collines est densément boisé. Cette situation, à son optimum aux alentours de 2000 ans BP, correspondrait à une augmentation de la pluviosité avec un allongement sensible de la saison des pluies, sous des températures plus clémentes mais restant fraîches.

Du 3ème au 5ème siècle AD, une forêt de montagne moins dense et un milieu de savane évoluant d'un stade boisé à un stade arboré témoignent d'un allongement de la saison sèche. Mais la progression d'un tapis herbacé où se signalent des espèces de milieux rudéralisés atteste un effet anthropique croissant.

Au 6ème siècle, une pulsation climatique froide et sèche se signale par une intrusion d'éléments afro-subalpins en forêt et par un accroissement du caractère herbacé de la savane. Conjointement, on assiste à l'extinction de la culture dite de l' « Age du fer ancien » sur les collines du Rwanda.

Au 7ème siècle, on enregistre le retour d'un climat plus humide mais toujours froid favorisant l'installation, dans la forêt ombro-mésophile, d'un étage montagnard inversé à *Hagenia* Sur le Plateau central, se reconstitue une savane boisée.

Le passage du 7ème au 8ème siècle voit s'installer une végétation forestière afro-montagnarde, dans cette configuration méconnue auparavant, sous des conditions climatiques annonciatrices de celles observées de nos jours, avec une pluviosité moindre, dans des conditions plutôt fraîches, entretenues par des brouillards. Cette installation est similaire de celle que l'on observe dans la région des volcans, au nord du Rwanda, avec la progression de *Podocarpus* dans l'étage supérieur afro-montagnard.

Au 8ème siècle, avec la persistance d'un étage inversé de « forêt-parc » à *Hagenia* au sein du milieu ombro-mésophile, on se rapproche du climat actuel, humide et froid. Sur les collines, dans un milieu de savane boisée régénérée, à nouveau exploitable, s'installent les populations d' « Age du Fer récent ». L'anthropisation de l'environnement a pu s'y poursuivre sous un climat tempéré, à précipitations modérées et à saisons alternées, semblable à l'actuel.

Par la suite, le milieu ombro-mésophile afro-montagnard voit se pérenniser des enclaves de « forêt parc » évoluant vers un stade appauvri de « forêt prairie ». Une dernière incursion temporaire d'éléments afro-subalpins s'apparente à la période dite du « Néoglaciaire» du Mont Kenya » reconnu en Afrique de l'est.

La spectaculaire extension des savanes herbeuses, dès le début du second millénaire de notre ère sur les collines, plus tardivement sur la dorsale, est le fait d'une activité anthropique accrue par une expansion démographique intensifiant des activités domestiques et économiques liées principalement à l'agro-pastoralisme. Au fil du temps et de l'extension du Royaume Rwanda, les espaces herbeux consacrés au pastoralisme n'ont cessé de s'étendre au détriment des milieux boisés, tant en savane qu'en forêt.

Si la forêt dense a pu résister sur la dorsale, région inhospitalière, jusqu'à un passé récent, on peut estimer que le Plateau central, du moins dans sa partie méridionale, était déjà écologiquement dévasté dans les premiers siècles du second millénaire de notre ère.

REFERENCES

BAILLIE M.G.L., 1994**.** Dendrochronology raises questions about the nature of the AD 536 dust-veil event. *The Holocene* 4, (2): 212–217.

COMBE J., 1977. *Guide des principales essences de la forêt de montagne du Rwanda-Projet pilote forestier, Kibuye.* Imprimerie de Kabgayi, 240 p.

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 : 53–115.

DEVRED R., 1958. La végétation forestière du Congo belge et du Rwanda-Urundi. *Bull. Soc. Roy. For. Belg.*, 6: 409–468.

DOWSETT-LEMAIRE F., 1990. Physionomie et végétation de la forêt de Nyungwe, Rwanda. *Tauraco Research Report*, 3: 11-30.

DULL R.A., SOUTHON J.R., KUTTEROLF S., FREUNDT A., WAHL D. & SHEETS P., 2012. New perspectives to palaeoenvironmental change and Geoarchaeology III : Evidence for the Ilopango TBJ eruption as the trigger of the AD 536 Event. AAG Annual Meeting – New York 2012.

EPSTEIN H., 1971. *The origin of the Domestic Animals of Africa*. Africana Publishing Corporation, New York, London, Munich. 573 p.

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

HABIYAREMYE F.X., 1993. Analyse phytosociologique des forêts primaires de la crête Zaïre-Nil au Rwanda. *Belgian Journal of Botany*, 126, (1): 100-134.

HABIYAREMYE F.X., ROCHE E. & NTAGANDA C., 1995. Le *Hagenietum abyssinicae* dans la dorsale orientale du lac Kivu : interprétations palynologiques et écologiques. *In* : 2ème symposium de Palynologie africaine, Tervuren (Belgique), 1995. *Publ. Occas. CIFEG* (Orléans), 31: 123-143.

HAMILTON A. 1982. *Environmental History of East Africa. A study of the Quaternary*. Academic Press London, xiv + 328 p.

ILUNGA L., MUHIRE I. & MBARAGIJIMANA C., 2004**.** Saisons pluviométriques et origine des pluies au Rwanda**,** *Geo–Eco–Trop*. 28, (1–2): 61–68.

KABONYI NZABANDORA C. & ROCHE E., 2015. Six millénaires d'évolution environnementale sur la dorsale occidentale du Lac Kivu au Mont Kahuzi (R.D.Congo) Analyse palynologique de la séquence sédimentaire de Ngushu**.** *Geo-Eco-Trop*., 39, (1): 1-26.

KABONYI NZABANDORA C., ROCHE E. & AKAEGBOBI M., 2017. Palaeoenvironments and Palaeoclimates during the Upper-Pleistocene and Holocene in the western Lake Kivu region. *Palaeoecology of Africa*, 34:145-159.

KAGAME A., 1972. *Un abrégé de l'ethno-histoire du Rwanda*. Volume 1. Butare, Editions universitaires du Rwanda, 286 p.

LIVINGSTONE SMITH A., 2007. Histoire du décor à la roulette en Afrique subsaharienne. *Journal of African Archaeology*, 5, (2): 189-216.

LIVINGSTONE SMITH A., CORNELISSEN E., DE FRANCQUEN C., NIKIS N., MEES F., TSHIBAMBA MUKENDI J., BEEKMAN A., BOURLAND N. & WANNES H., 2016. Forests and rivers: the archaeology of the north-eastern Congo. *Quaternary International* 448: 95-116.

LARSEN, L.B. ; VINTHER, B.M. ; BRIFFA, K.R. ; MELUIN, T.M. ; CLAUSEN, H.B. ; JONES, P.D. ; SIGGAARD-ANDERSEN, M.L. ; HAMMER, C.U. ; ERONEN, M. ; GRUDD, H. ; GUNNARSSON, B.E. ; HANTEMIROU, R.M. ; NAURZBAEV, M.M. & NICOLUSSI, K. 2008 – New Ice core evidence for a volcanic cause of the AD 536 dust veil. *Geophysical Research Letters*, 35 : L04708, doi : 10-1020/2007GL032450.

LEBRUN J., 1956 .La végétation et les territoires botaniques du Ruanda-Urundi. *Les Naturalistes belges,* 37: 22-48.

LIBEN L., 1960. Les bosquets xérophiles du Bugesera (Rwanda). *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg*., 93, (1–2): 93– 111.

LIBEN L., 1962. Nature et origine du peuplement végétal (Spermatophytes) des contrées montagneuses du Congo oriental. *Acad. Roy. Belge, Classe des Sciences*, Mém. in-4°, Sér. 2, 15, (3): 195 p.

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.

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.

MURDOCK G.P., 1959. Africa, its peoples and their culture History, New Yok. McGraw Hill Book Co.,456 p.

PEETERS, L. 1989 – Cartographie dynamique de la forêt de Nyongwe (Rwanda). *Geo-Eco-Trop.*, 13, (1-4): 81-89.
PRIOUL C. & SIRVEN P., 1981. *Atlas du Rwanda*. Ed. Kigali-Paris, 32 planches + commentaires non paginés.
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. *Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology* (IRM & ARSOM Editors, Brussels) : 108–127.
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. Sec. Sci. Tech.,* XXV: 105–123.
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 E. & VANGRUNDERBEEK M.C., 2009. Environment degradation resulting from human activities. Essay to further recognition through pollen and charcoal analysis. *SAFA 2008 Conference* : 17 p.
ROCHE E., KABONYI NZABANDORA C. & NTAGANDA C., 2015. Aperçu de la phytodynamique holocène du milieu montagnard sur la chaîne volcanique des Virunga (Nord du Rwanda). *Geo-Eco-Trop*., 39, (1): 27-54.
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. *Palaeoecology of Africa,* 27: 19–36.
SIRVEN, P, GOTANEGRE, J.F. & PRIOUL, C. 1974 – Géographie du Rwanda. Ed. De Boeck, Bruxelles/Ed. rwandaises, Kigali. 173 p.
STOTHERS R.B., 1984. Mystery cloud of AD 536. *Nature*, 307: 344–345.
TROUPIN, G. 1966 – Etude phytocénologique du Parc National de l'Akagera et du Rwanda oriental. Recherche d'une méthode d'analyse appropriée à la végétation d'Afrique intertropicale. *Inst. Nat. Rech. Sc*., Rép. Rwandaise, Publ. 2: 293 p.
TROUPIN, G. 1978, 1983, 1985, 1988 – Flore du Rwanda. Spermatophytes, Vol. I, 403 p; Vol. II, 603 p; Vol. III, 729 p; Vol. IV, 651 p. ACCT, Musée roy. Afr. Centrale, INRS Butare.
VAN GRUNDERBEEK M.C. 1992. Essai de délimitation chronologique de l'Age du Fer Ancien au Burundi, au Rwanda et dans la région des Grands Lacs. *Azania : Archeological Research in Africa* XXVII: 53-80.
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., 1988. Etude de charbons de bois provenant de sites métallurgiques de l'Age du fer ancien au Rwanda et au Burundi. *In* T. Hackens, A.V. Munaut & C. Till (Eds.): *"Wood and Archaeology"*, Louvain-la-Neuve,: 281-295.
VAN GRUNDERBEEK, M.C. & ROCHE, E. 2008 – Multidisciplinary Evidence of Mixed Farming in the Early Iron Age in Rwanda and Burundi. *In* : Rethinking Agriculture ; Denham, Iriarte & Vrydaghs, Ed. ; *Left Coast Press, Inc. California./ USA :* 299-319.
VAN SINA, J., 1962. L'évolution du Royaume Rwanda des origines à 1900. Académie des Sciences d'Outre-Mer (Belgique), Mémoire in-8°, NS XXVI, (2): 101 p