

**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.**

**Palynological analysis of the KIGUHU II sedimentary sequence
(Birunga area, Rwanda).
Paleoenvironmental and Paleoclimatic evolution in the afro-mountain area of
Rwanda during the Holocene period.**

E. ROCHE & Ch. NTAGANDA *

ABSTRACT

Palynological analysis of a sedimentary sequence issued from the Kiguhu peatbog at the bottom of the Birunga Mountains confirms the important climatic events revealed by former studies realized on the afro - mountain area of Rwanda.

From ca. 12000 until ca. 7000 yr B.P., the cold Pleistocene climate became gradually warmer and wetter. The optimum of humidity, reached ca. 6000 yr. B.P. favoured a large extension of forests at that time. After an aridity peak, ca. 4000 yr. B.P., climate has evolved to its present situation, warmer and wetter. However, a short dry phase occurred again ca. 500 yr. A.D.

Anthropic impact on environment began to be hard in South Rwanda at the Early Iron Age, ca. 0-600 A.D. But it's from the 10th century that the increase in human activities (agriculture, pastoralism, iron smelting) produced irreversible damages on all natural areas.

RÉSUMÉ

L'analyse palynologique d'une séquence sédimentaire tourbeuse prélevée dans le marais de Kiguhu, en région des Birunga, confirme les résultats d'études antérieures révélant divers épisodes caractéristiques de l'évolution de l'environnement dans le domaine afro-montagnard du Rwanda à l'Holocène:

- De ca. 12000 à ca. 7000 ans B.P., passage progressif du climat froid du Tardiglaciaire vers un stade plus chaud et plus humide attesté par une progression des éléments montagnards ombrophiles au sein de formations boisées hétérogènes. Une oscillation froide, ca. 9000 B.P. interfère dans cette progression;

* Musée Royal de l'Afrique Centrale, B. 3080 Tervuren et Université de Liège, Paléontologie, Sart-Tilman B18
B4000 Liège 1 - Belgique

- optimum chaud et humide vers 6000 B.P. favorisant une expansion maximale de la forêt dense montagnarde;

- pic d'aridité ca. 4000 B.P. puis évolution vers un climat à nouveau plus humide, semblable à l'actuel. Ce stade est atteint vers 2000 ans B.P., souligné par une nouvelle avancée de la composante forestière ombrophile. Une pulsation sèche, assez brève, se manifeste encore vers 500 ans A.D.

En ce qui concerne l'influence anthropique sur le milieu, la pression commence à se manifester au sud du Rwanda au début de notre ère mais c'est surtout à partir du 10ème siècle que l'intensification des activités humaines (agriculture, pastoralisme, métallurgie) a produit des effets de dégradation irréversibles sur l'ensemble des milieux naturels.

INTRODUCTION

La végétation naturelle qui subsiste encore sur la crête bordière orientale (ou dorsale Congo - Nil) du Lac Kivu et sur les flancs de la chaîne volcanique des Birunga, au N.-O. du Rwanda, présente la zonation suivante: (fig 1.)

Les hauts reliefs, au dessus de 2.800 m, sont le domaine de formations sclérophylles afro-alpines et afro-subalpines.

Entre 2.800 m et 1.800 m. se développe la forêt ombrophile de montagne; celle-ci, aux altitudes plus basses (1800—1600 m) fait place à des ensembles forestiers à caractère mésophile assurant la transition vers des savanes tropophiles plus ou moins densément boisées dans la région des collines, au centre du pays, et vers des formations sclérophylles submontagnardes sur la plaine de lave, au nord. (DEVRED, R.1958)

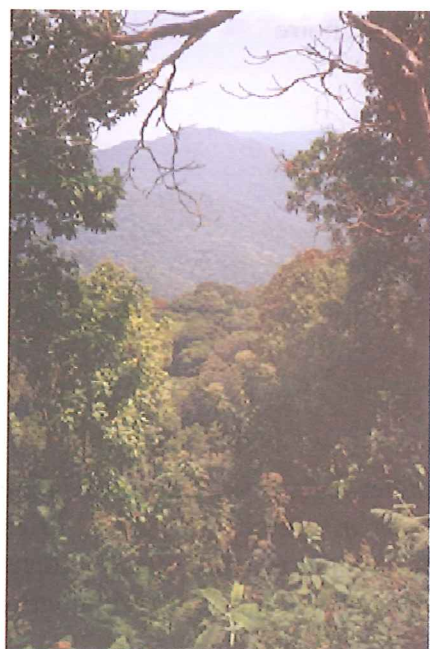
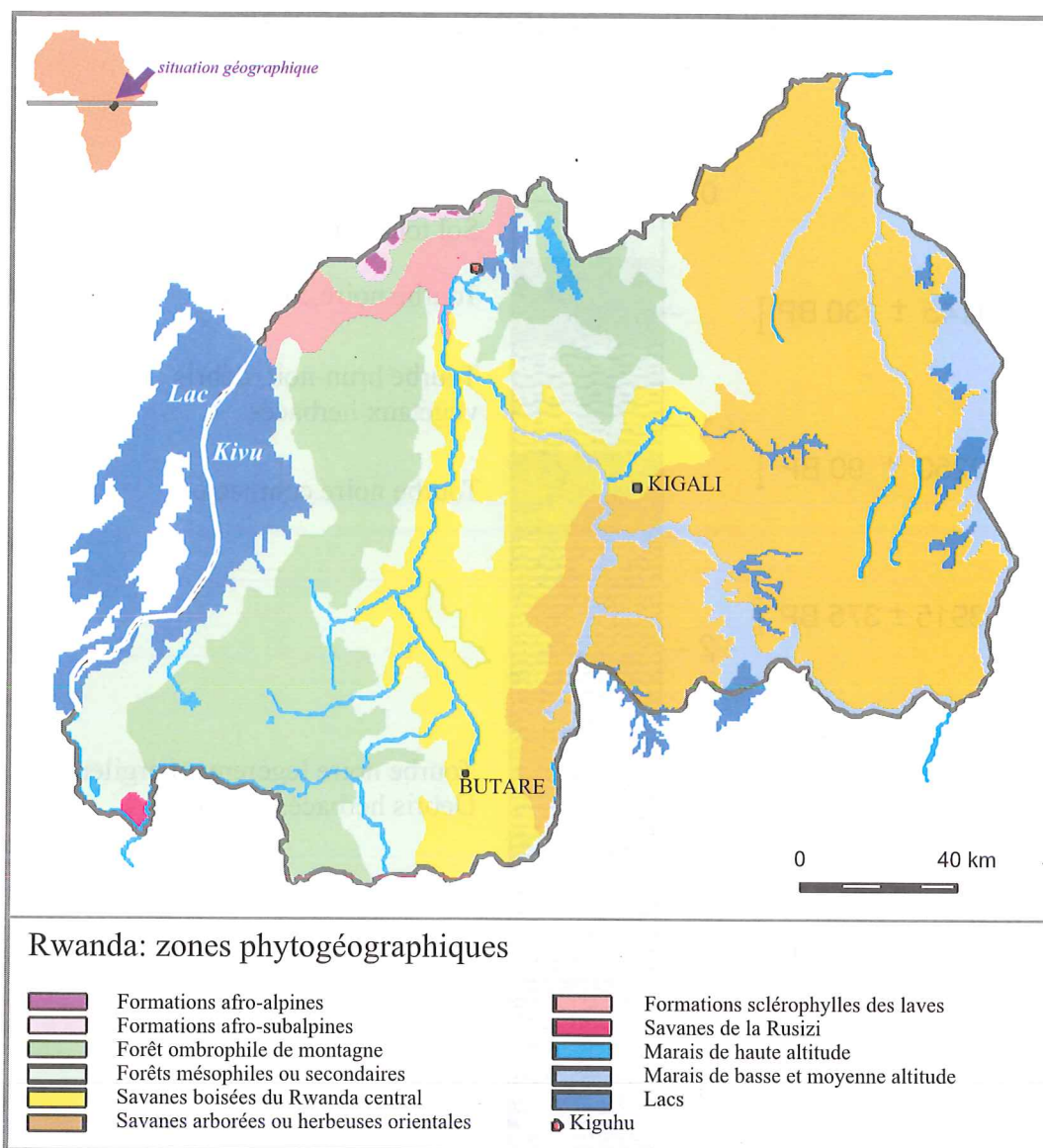
La dynamique forestière naturelle est intimement liée aux changements climatiques: ceux-ci se traduisent par des modifications de constitutions des milieux forestiers et, en altitude, par des mouvements des zones de végétation à flanc de montagne. Ces faits sont enregistrés dans les spectres polliniques que révèlent les dépôts sédimentaires.

Les variations subies par ces spectres au cours du temps sont essentiellement indicatrices des changements environnementaux induits par les fluctuations climatiques mais aussi de la secondarisation des milieux naturels due aux influences anthropiques.

Au Rwanda, les tourbières sont dispersées un peu partout à des altitudes très variées: la morphologie particulière du pays et le réseau hydrologique complexe qui en est la conséquence ont favorisé la formation, tant en altitude que dans les dépressions orientales, de milieux particuliers propices à la genèse de dépôts sédimentaires tourbeux. Il existe cependant une plus forte densité de tourbières à haute altitude car, au-dessus de 1700 m, la tourbe se forme naturellement dans tous les milieux humides.

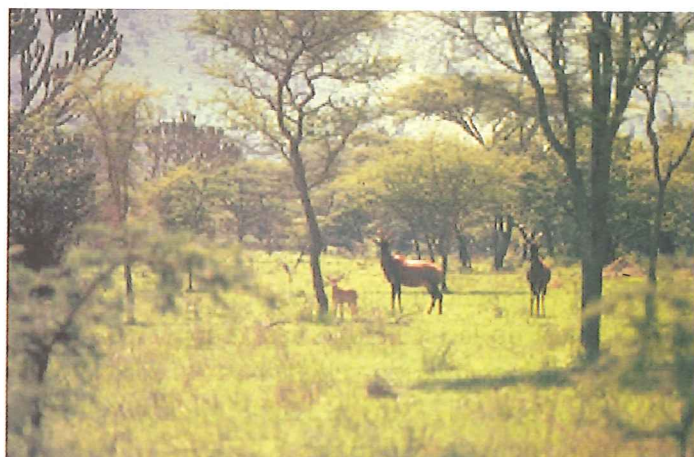
A l'Ouest, sur la dorsale Congo-Nil, de petites tourbières où l'épaisseur des dépôts excède rarement 3 m., se développent généralement à proximité des têtes de sources et dans le cours supérieur des rivières.

Au nord, dans la région des volcans, des marécages faisant partie d'un grand complexe fluvio-lacustre entourant les lacs Bulera et Ruhondo renferment des dépôts de tourbe considérables.



◄ Forêt dense de montagne

Savane arborée ▼



KIGUHU II - Séquence sédimentaire

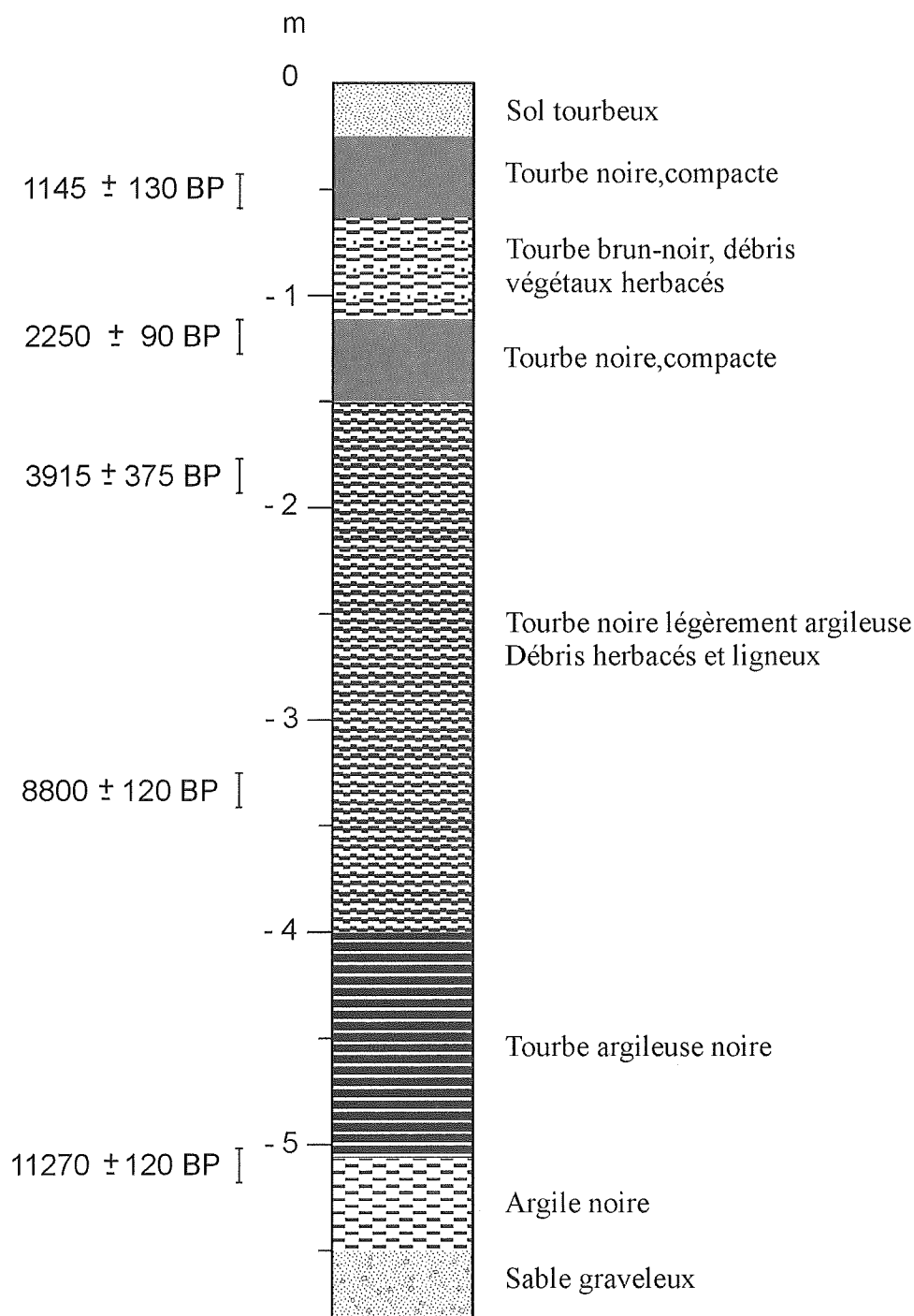


Fig. 2: Séquence sédimentaire
Sedimentary sequence

La séquence faisant l'objet de la présente étude a été prélevée dans le marais de Kiguhu, situé à l'ouest du lac Ruhondo vers lequel il déverse ses eaux par un exutoire très étroit. Inséré entre des collines quartzo-schisteuses au pied d'une plaine de lave surplombée par le volcan éteint Muhabura (4127 m), il recèle un important dépôt tourbeux résultant de l'accumulation d'une grande quantité de biomasse végétale.

KIGUHU II

La nature des sédiments qui constituent la séquence de Kiguhu II revêt un caractère relativement homogène. (fig.2)

Il s'agit d'un matériau tourbeux de couleur brun-noir à débris herbacés ou ligneux devenant plus compact et argileux dans la partie inférieure du profil. A la base de celui-ci, à la zone de contact avec le socle rocheux, des particules sableuses se mélangent à l'argile tourbeuse.

Altitude du site: 1800 m

Coordonnées géographiques: 1°29'S
29°43'E

épaisseur de la séquence: 5,30 m

datations C¹⁴ (conventionnelles):

-0.60 m:	1145 ± 130 B.P.	(Hv.12115)
-1.20 m:	2250 ± 90 B.P.	(Hv.12116)
-1.80 m:	3915 ± 375 B.P.	(Hv.12118)
-3.20 m:	8800 ± 120 B.P.	(Lv.1826)
-5.10 m:	11270 ± 120 B.P.	(Lv.1827)

DIAGRAMME POLLINIQUE

Le diagramme pollinique synthétique présenté ici résulte d'une analyse de la séquence basée sur un regroupement des taxons polliniques en assemblages représentatifs des groupements végétaux du N.-O. du Rwanda:

- Groupements afro-alpins et afro-subalpins à *Alchemilla*, *Lobelia*, *Ericaceae*...
- Forêt ombrophile de montagne à *Podocarpus*, *Ekebergia*, *Entandrophragma*, *Ficalhoa*, *Ilex*, *Olea (capensis)*...
- Forêts mésophiles ou secondaires à *Hagenia*, *Maesa*, *Neoboutonia*, *Polyscias*, *Trema*...
- Milieux ouverts de savanes à *Gramineae*, *Acanthus*, *Cussonia*, *Erythrina*, *Euphorbia*, *Rhus*...
- Milieux marécageux à *Cyperaceae*
- Varia (ubiquistes) : *Compositae*, *Ranunculaceae*, *Umbelliferae*

ANALYSE DU DIAGRAMME

Le diagramme établi sur cette séquence de 5,30 m permet de distinguer 9 zones polliniques. (fig. 3)

Zone 1: -5,30 à -3,85 m

Les assemblages relevés dans cette première zone dont la base se situe ca.11.000 ans B.P. reflètent l'existence de formations boisées hétérogènes méso-ombrophiles teintées d'éléments sclérophylles afro-subalpins.

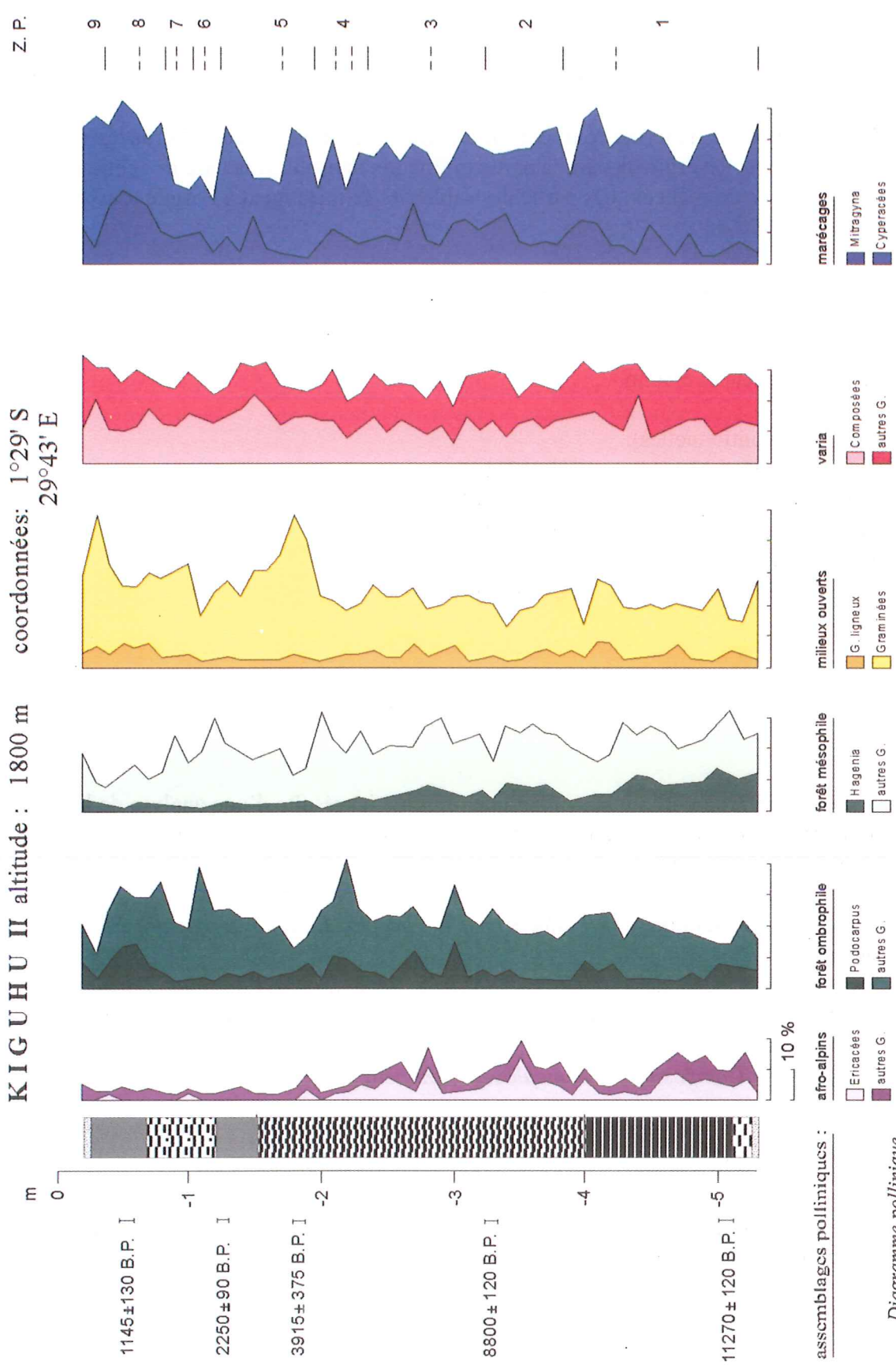


fig. 3: *Diagramme pollinique*
pollinic diagram

Durant cette période du début de l'Holocène, l'environnement forestier évolue en deux phases: la première, la plus importante, se caractérise par une dominance de taxons sclérophylles parmi lesquels on remarque surtout la présence d'*Ericaceae* et de *Hagenia*: la seconde voit une progression des taxons ombrophiles avec *Podocarpus* comme genre dominant.

Cette première zone souligne l'évolution du climat, à l'origine plutôt froid et sec à la fin du Tardiglaciaire, vers un stade de léger réchauffement sous atmosphère plus humide.

Zone 2: -3,85 à -3,25 m

Dans cette partie de la séquence, les taxons mésophiles et sclérophylles reprennent de l'extension au détriment des ombrophiles. On observe un regain de *Hagenia* et une poussée sensible des *Ericaceae*, ce qui semble indiquer que le climat connaît à nouveau une oscillation plus froide. La fin de la zone est datée de ca.9000 ans B.P.

Zone 3: -3,25 à -2,35 m

Cette zone est marquée par une progression des éléments forestiers ombrophiles et mésophiles qui représentent une plus grande diversité floristique que précédemment. Après un début de période où *Ericaceae* et *Hagenia* occupent encore une place marquante au sein des spectres polliniques, ces taxons connaissent une régression évoluant vers un stade plus chaud et plus humide. La dominance en alternance des *Ericaceae* et de *Podocarpus* à la base de la zone indique que le climat a connu des oscillations plus fraîches avant d'évoluer plus franchement vers le réchauffement.

Zone 4: -2,35 à -1,95 m

Les assemblages polliniques soulignent ici une importante expansion forestière qui se déroule en trois phases: une phase de développement marqué de la forêt ombrophile de montagne dans laquelle *Podocarpus* est un élément important, précédée et suivie par des périodes favorables à l'expansion des taxons forestiers mésophiles. Durant la première de ces périodes, *Hagenia* et certains genres sclérophylles afro-subalpins sont encore présents dans l'environnement; en fin de seconde période, ils ont quasi disparu.

Il résulte de ces constatations que le climat se caractérise ici par une augmentation sensible de la température et des précipitations qui vraisemblablement, sont à leur optimum.

Dans les périodes initiale et terminale les températures devaient être assez élevées mais les précipitations un peu moins importantes que dans la période intermédiaire au cours de laquelle devaient régner des conditions climatiques plus fraîches entretenues par une humidité atmosphérique persistante.

Zone 5: -1,95 à -1,25 m

L'analyse pollinique révèle à ce niveau d'importants changements dans l'environnement consécutifs à une dégradation sensible des conditions climatiques. Celle-ci se traduit, vers 4000 ans B.P. par un pic d'aridité entraînant un recul prononcé des taxons forestiers ombrophiles et une progression des milieux ouverts de savanes attestée par une augmentation du pourcentage des *Gramineae*. Cette aridité était due probablement à une diminution des précipitations alors que la température n'a pas dû connaître de recul vraiment significatif comme le laisse supposer la faible avancée des éléments sclérophylles afro-montagnards et de *Hagenia*.

A la suite de cet événement plutôt limité dans le temps, des formations forestières hétérogènes méso-ombrophiles réoccupent progressivement le terrain à la faveur d'un climat de transition évoluant à nouveau vers un stade plus humide. Ces nouvelles conditions se traduisent également par une réduction des milieux de savanes.

Zone 6: -1,25 à -1,05 m

L'expansion forestière amorcée dans la deuxième partie de la zone 5 atteint son optimum dans la zone 6.

L'ensemble forestier voit progresser successivement ses composantes mésophile puis ombrophile tandis que les milieux ouverts à *Gramineae* et le marécage à *Cyperaceae* régressent. A ce niveau s'amorce une colonisation des bords du marais par le genre ligneux *Mitragyna*.

Cette extension des milieux forestiers est due à une nouvelle phase climatique chaude et humide qui n'atteint cependant pas en intensité celle qui s'est développée antérieurement. On constate en effet que dans les spectres polliniques, les pourcentages des taxons forestiers restent inférieurs à ceux atteints dans la zone 4.

Zone 7: -1,05 à -0,85 m

Une oscillation sèche temporellement limitée vers 500 ans A.D. se traduit par un recul assez sensible des taxons forestiers puis par une reprise des mésophiles uniquement alors que les *Gramineae* sont à nouveau en expansion.

Zone 8: -0,85 à -0,35 m

Après la pulsation sèche précédente, le milieu forestier progresse à nouveau mais on constate que cette progression n'affecte que les éléments ombrophiles alors que les taxons mésophiles sont en recul. Le climat semble pourtant favorable à un développement forestier global comme l'indique la végétation galerie du marécage.

Il serait logique d'admettre qu'une cause autre que climatique a, après 1200 ans B.P. (datation C¹⁴ à -0,60 m: 1145±130 B.P.), provoqué la régression de la végétation mésophile occupant les zones de basse altitude sur la chaîne des Birunga. Cette cause pourrait être de nature anthropique. On sait en effet que, vers les X^{ème}-XI^{ème} siècles de notre ère, la région a été occupée par des populations de chasseurs venu du nord-est (F. VAN NOTEN 1983; E. ROCHE, 1996). La déforestation observée résulterait aussi en partie d'activités pastorales et de feux courants nuisant à la stabilité de couvert végétal.

La composition de la forêt ombrophile de montagne qui ne semble pas avoir été affectée ici par l'impact anthropique, permet d'émettre une hypothèse sur l'évolution climatique à cette époque: l'extension du milieu afro-montagnard a été favorisée par une nouvelle phase humide qui s'est manifestée après la pulsation sèche de ca.500 A.D. Chaude à son origine, celle-ci a évolué vers un stade plus frais comme le montre la progression de *Podocarpus* au sein de la forêt dense de montagne.

Zone 9: -0,35 à -0,25 m

Dans la zone terminale du profil on constate qu'après la forêt mésophile, la forêt ombrophile elle-même est réduite par l'effet anthropique. La secondarisation du milieu provoque une importante expansion des *Gramineae*. Celle-ci affecte aussi l'environnement proche du

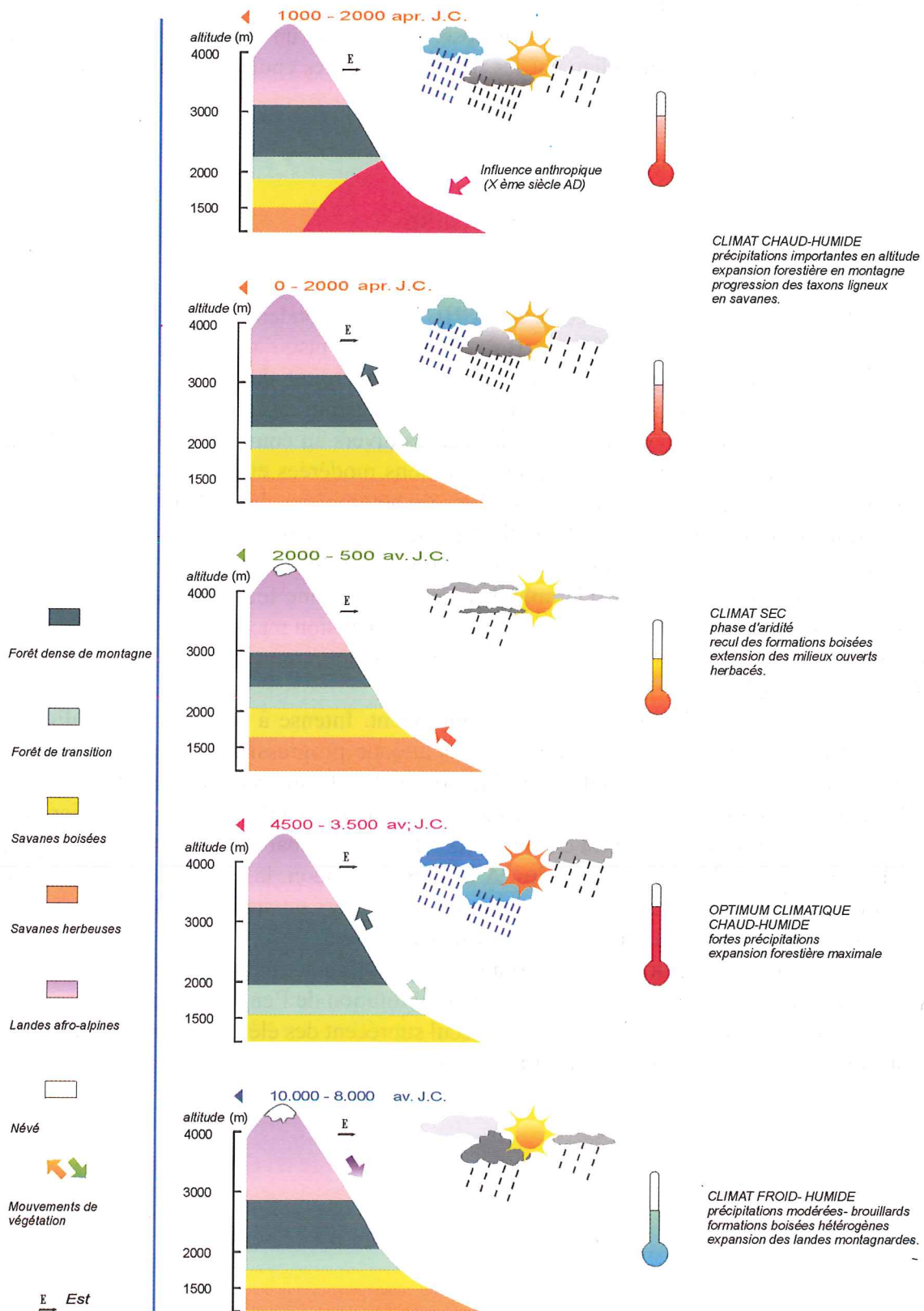


Fig :4 : Evolution de l'environnement dans le domaine oriental montagnard du Rwanda au cours de l'Holocène.

Environmental evolution in the Afro - mountain area of Rwanda during the Holocene period.

marécage comme le souligne le recul de *Mitragyna*.

Vers le sommet de la séquence on observe toutefois un regain forestier qui pourrait résulter d'un abandon relatif du milieu par les populations après épuisement de l'environnement local.

SYNTHÈSE

Dans la partie de la séquence de KIGUHU II correspondant à la période de l'Holocène qu'on peut estimer antérieure à 7000 ans B.P. et remontant jusqu'à la fin du Tardiglaciaire (3 premières zones palynologiques), la présence nettement marquée des *Ericaceae* et de *Hagenia* dans les assemblages polliniques est révélatrice d'une descente des zones de végétation à flanc de montagne favorisée par un climat qui, à des degrés divers au cours du temps, était plus froid et relativement plus sec que l'actuel. Des précipitations modérées et des brouillards en altitude contribuaient au développement de formations boisées hétérogènes de tendance mésophile.

L'analyse palynologique de la partie supérieure de la séquence (zones palynologiques 4 à 9) révèle que les variations climatiques y sont contrastées après 7000 ans B.P.

Hagenia et les éléments sclérophylles régressent et une forêt montagnarde à caractère ombrophile plus marqué s'installe. Celle-ci connaît son expansion maximale sous un climat chaud et humide qui, dans les régions bordières du Kivu, est à son optimum vers 6000 ans B.P. (ROCHE, BIKWEMU & NTAGANDA 1988).

Ensuite, une aridification du milieu intervient. Intense à son début et soulignée par un net recul forestier (vers 4000 ans B.P.), elle s'atténue progressivement au cours du temps jusqu'à ca. 2500 ans B.P. Une nouvelle phase humide et chaude, moins prononcée toutefois que la précédente, se développe alors. Attestée par une progression sensible du milieu forestier, surtout de sa composante ombrophile, elle est coupée, vers 500 ans A.D. par une oscillation sèche propice au développement des éléments mésophiles. A la suite de celle-ci, la forêt ombrophile manifeste une certaine recrudescence mais le climat semble évoluer vers un stade plus frais favorable à la progression du *Podocarpus* au sein du milieu afro-montagnard.

En fin de la séquence (vers 1000 ans B.P.), un impact anthropique interfère dans les conditions climatiques qui, jusqu'alors, régissaient l'évolution de l'environnement.

Cet effet anthropique responsable du recul subrécent des éléments forestiers mésophiles au début du deuxième millénaire A.D. ira en s'amplifiant comme l'atteste la secondarisation ultérieure de la forêt ombrophile elle-même.

CONCLUSIONS

Les résultats de l'étude de la séquence KIGUHU II confrontés à ceux issus de travaux antérieurs (HAMILTON 1982; ROCHE, BIKWEMU & NTAGANDA 1988; HABİYAREMYE, ROCHE & NTAGANDA 1995; ROCHE 1996; ROCHE 1998) relatifs au domaine afro-montagnard du Rwanda (région des Birunga et dorsale Congo-Nil) permettent de proposer pour la partie orientale de ce dernier, un schéma évolutif du paléoenvironnement holocène. (fig. 4)

Au début de la période, un climat froid, modérément humide, favorisait l'extension de landes afro-alpines et l'intrusion d'éléments forestiers de haute altitude, tel que *Hagenia*, dans des formations boisées hétérogènes méso-ombrophiles occupant les zones inférieures des reliefs.

Le réchauffement et l'humidification progressive du climat a ensuite permis une expansion du milieu forestier dense qui a atteint son optimum entre ca. 6500 et 5500 ans B.P.; la forêt ombrophile remontant en altitude tandis que les taxons à caractères mésophiles envahissaient les zones basses occupées antérieurement par des savanes boisées.

Vers 4000 ans B.P., une phase d'aridité s'est installée, entraînant le retrait des formations boisées au profit des landes montagnardes en haute montagne et des formations ouvertes herbeuses à basse altitude. Ce phénomène, marqué au début, subit une atténuation progressive au cours du temps jusqu'à 2500 ans B.P. environ.

Enfin, c'est vers 2000 ans B.P. que s'est mis en place un climat chaud et humide, proche de l'actuel, déterminant la distribution des zones phyto-géographiques connues de nos jours. A signaler toutefois qu'un bref recul forestier, induit par une pulsation sèche de faible amplitude, est encore enregistré vers 500 ans A.D.

Quant à l'influence anthropique sur l'environnement, celle-ci a commencé à produire ses effets au cours des premiers siècles de notre ère, à l'Age du Fer Ancien, principalement dans les savanes boisées du Plateau central, au sud du Rwanda. Mais l'impact sur le milieu forestier proprement dit ne s'est réellement manifesté qu'à partir du 10^{ème} siècle avec l'intrusion de populations venues du nord-est et l'intensification concomitante des activités humaines (chasse, pastoralisme, agriculture, métallurgie).

BIBLIOGRAPHIE

- BONNEFILLE, R. & RIOLLET, G.,(1988). The Kashiru pollen sequence (Burundi) - Paleoclimatic implications for the last 40.000 yrs B.P. in Tropical Africa. *Quaternary research*, 30: 19-35.
- DEVRED, R., (1958). La végétation forestière du Congo belge et du Rwanda - Urundi. *Bull. Soc. roy. forest. de Belgique*, 65e année, 6, 409-468
- HABIYAREMYE, F., ROCHE, E. & NTAGANDA, C.,(1995). Le Hagenietum abyssinicae sur la dorsale orientale du Lac Kivu; interprétations palynologiques et écologiques. *CIFEG - Orléans*, P.O. 95/31: 123-144.
- HAMILTON, A.C., (1982). Environmental History of East Africa. A study of the Quaternary. *Academic Press Inc. (London) Ltd.* 328 p.
- 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.
- 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. *Institut français de Pondichéry, Trav. Sci. et techn.*, Pondichery (India), XXV: 105-123.
- ROCHE, E., (1996). L'influence anthropique sur l'environnement à l'Âge 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. *Proceedings of the International Conference "Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology "* (Brussels 1996), 108 - 127
- VAN NOTEN, F., (1983). Histoire archéologique du Rwanda. *Annales du Musée royal de l'Afrique Centrale, Sciences humaines* 112 p.