A PROPOS DE L'ORIGINE DES ILOTS DE FORET DENSE SECHE ZAMBEZIENNE DU KATANGA MERIDIONAL

About the origin of the dry evergreen forest islets of the South Katanga

DIKUMBWA N. & MBENZA M.*

ABSTRACT

The paper discusses the controversial origin of the dense woody islets scattered into the Zambezian open forest of Upper Katanga.

The authors look into the different resilience eventualities on xeric conditions regarding dry evergreen forests established in the area under cover of humid Quaternary climates.

After having underlined the large adaptability, but also the extreme vulnerability of the present forestry islets, as recorded through the study of biogeochemical cycles of the muhulu of Luiswishi, the authors conclude that only a recent origin allows the conservation of the humid equatorial forests characteristics that they both possess today.

In fact, they realise a step of a dense forest recovery, with the help of climate humidification, from the Zambezian forest, born itself from the adaptation of the humid holocene forest during the last arid episode, which took place, in this area, between 3000 and 4000 B.P. Their restricted distribution, even their complete disappearance from certain areas is the result of a still heavier human pressure (urban as well as industrial injuries, deforestation for diverse needs, ...).

In conclusion, the present study puts together arguments that support the climacic origin of the dry evergreen forests of Katanga, as suggested by DESENFANS and SCHMITZ, while it brings a different light on the role of soil factors regarding the edaphic hypothesis, supported notably by DUVIGNEAUD.

RESUME

L'article aborde l'origine très controversée des îlots forestiers denses disséminés en forêt claire zambézienne au Katanga méridional.

Les auteurs examinent différentes éventualités de résilience subséquente à des

^{*} Unilu, B.P. 1825 RDC

conditions xériques qu'ont subis les forêts denses établies dans la région à la faveur des climats humides du Quaternaire.

Après avoir souligné la grande adaptabilité mais aussi l'extrême vulnérabilité des îlots forestiers actuels, mises en évidence par l'étude des cycles biogéochimiques du muhulu de Luiswishi, les auteurs concluent que seule une origine récente, épargnant les formations forestières humides quaternaires des modifications trop marquées dues aux climats arides qui ont suivi leurs établissements, peut garantir la conservation des caractéristiques communes avec les forêts humides équatoriales que ces îlots possèdent aujourd'hui.

Ils constitueraient, de ce fait, un stade de reconquête forestière dense, à la faveur de l'humidification du climat, à partir de la forêt zambézienne, née elle-même de l'adaptation de la forêt humide holocène au dernier épisode aride, survenu dans la région entre 3000 et 4000 B.P. Leur étendue réduite, voire leur disparition complète de certaines aires, résulteraient de la pression de plus en plus forte des actions anthropiques (urbanisation, industrialisation, déboisement pour différents besoins...).

De la sorte, la présente étude apporte des arguments qui confortent l'hypothèse de l'origine climacique des forêts denses du Katanga, émise par DESENFANS et SCHMITZ, tout en fournissant un nouvel éclairage sur le rôle des facteurs pédologiques de l'hypothèse édaphique, soutenue notamment par DUVIGNEAUD.

INTRODUCTION

Au Katanga méridional, les îlots de forêts denses sempervirentes, disséminés dans la forêt claire zambézienne, ont surtout été étudiés dans deux types de site, à savoir les aplanissements sommitaux (forêts denses sèches de MALAISSE & COLONVAL-ELENKOV, 1981) et les versants de ravins (forêts de ravin de STREEL, 1963).

Leur origine est 1'objet d'une controverse qui divise les chercheurs en deux courants d'hypothèses: une hypothèse édaphique soutenue par DUVIGNEAUD (1958) et FANSHAWE (1960) et une hypothèse climacique défendue notamment par DELEVOY (1948), DESENFANS (1952), SCHMITZ (1962). Pour cette dernière tendance, il est possible de faire le départ entre les tenants d'une hypothèse relictuelle (climax ancien de DELEVOY, 1948 et DUVIGNEAUD, 1949) et ceux en faveur d'un climax régional actuel (DESENFANS, 1952, SCHMITZ, 1962, 1963). Dans tous les cas, 1'argumentation des uns et des autres repose essentiellement sur des considérations botaniques.

Les données relatives aux facteurs du milieu, susceptibles de faire mieux comprendre le cadre dans lequel ont évolué ces îlots de forêt dense, étaient très fragmentaires à l'époque où ces opinions ont été émises. Elles sont mieux connues à présent grâce, entre autres, à l'essor de la recherche géomorphologique et palynologique des deux dernières décades (ALEXANDRE, 1978, 1984; ALEXANDRE & ALEXANDRE-PYRE, 1970, 1987; ALEXANDRE & ICART, 1980; ALEXANDRE & STREEL-POTELLE, 1979; ALEXANDRE-PYRE, 1971; DE DAPPER, 1981a, 1981b, 1985, 1991; LOOTENS, 1983; MBENZA, 1983; MBENZA & ROCHE, 1980; MBENZA *et al.*, 1984, 1991; ROCHE, 1975, 1987, 1989, 1991; VINCENS, 1989). Ce progrès a permis de préciser le cadre paléoclimatique régional intégré tel qu'il a évolué au cours du Quaternaire dans

une grande partie de l'Afrique centrale. Une synthèse vient encore d'en souligner les détails les mieux connus (ALEXANDRE et al., 1992; LEROUX, 1992).

Parallèlement à cet essor des recherches sur l'évolution du milieu, les études plus spécifiquement botaniques n'ont cessé de s'affiner, abordant notamment la structure des forêts denses zambéziennes et certaines affinités avec les formations guinéennes (SCHMITZ, 1962; MALAISSE & COLONVAL-ELENKOV, 1975; MALAISSE, 1993). Plus récemment, l'un de nous a souligné l'incidence remarquable des facteurs écoclimatiques, dans leurs variations saisonnières, sur les cycles biogéochimiques du "muhulu" de la station expérimentale de Luiswishi, situé à quelque 30 km au N-E de la ville de Lubumbashi (DIKUMBWA, 1992).

En dépit de cette meilleure connaissance des îlots de forêt dense sèche et de l'évolution récente du milieu qui a présidé, soit à leur essor, soit à leur disparition progressive, l'incertitude sur ce dernier point n'a pu être levée, du moins à notre connaissance. La présente note suggère une nouvelle piste pour tenter de résoudre cette question assez controversée.

CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ACTUEL

En s'inspirant des recherches récentes effectuées dans le "muhulu" de la station expérimentale de Luiswishi, l'environnement actuel des îlots de forêts denses sèches zambéziennes du Katanga peut être caractérisé de la façon suivante.

PARAMÈTRES ÉCOCLIMATIQUES

a) Précipitations

Au cours de la période d'observations (de 1979 à 1986), les précipitations moyennes annuelles ont été de 1173 mm à la station de Luiswishi. La moyenne régionale, calculée sur 78 ans, est de 1238 ± 127 mm (SOYER & NTOMBI, 1982). Les mois de décembre, janvier et février ont été les mieux arrosés. Toutefois, le mois de janvier a enregistré une baisse de pluviosité plus sensible que d'habitude au cours de la période concernée. Une telle diminution momentanée a été considérée comme une "petite saison sèche" (MALAISSE et al. 1978). Cette dernière ne se produit pas chaque année et sa période d'occurrence n'a pu être établie statistiquement (ASSANI, 1994). Avril et octobre, généralement considérés comme mois de transition, ont connu une pluviosité variable d'une année à l'autre; la moyenne a été, en l'occurrence, plus faible en octobre qu'en avril (20 mm contre 85 mm). Le premier mois de saison sèche, mai, a enregistré 5 mm pendant que septembre, qui en marque la fin, n'a connu aucune précipitation. Ces observations confirment l'installation plus brutale de la saison des pluies vis-à-vis de celle de la saison sèche, et ceci, malgré une grande variabilité interannuelle du début de ces saisons (MBENZA, 1982; NTOMBI, 1982). Les mois de juin, juillet et août, dits de pleine saison sèche, ont été, comme pour le climat régional, dépourvus de toute précipitation.

b) Températures

Les observations ont surtout porté sur la température du sol entre 0 et 1m. Une moyenne annuelle de 18,5°C(moyennes mensuelles extrêmes 22,8 et 14,5°C) alors qu'elle a été de 23,9°C en savane. Contrairement à celle de l'air, la température du sol se caractérise par des valeurs plus faibles en saison des pluies qu'en saison sèche, quelle que soit la profondeur considérée dans le premier mètre du sol.

Entre 0 et 1 m de profondeur, la température présente des différences plus ou moins accusées suivant la profondeur et les saisons: l'écart est de l'ordre de 0°C en saison des pluies. Il est, au contraire, assez élevé en saison sèche avec des maxima de 11,5° C contre seulement 4,6° C en saison des pluies.

La température de l'air mesurée à la station de Keyberg est de 20°C pour l'année et varie entre des maxima de 31 à 33° C, en septembre-octobre, et des minima descendant parfois jusqu'à 4° C pendant la saison sèche froide (juin et juillet). Des gelées peuvent alors survenir très occasionnellement, en terrain découvert, dans les fonds de vallée, à la faveur d'inversions thermiques nocturnes.

c) Teneur en eau du sol

La teneur en eau du mètre supérieur des sols est, comme on devait s'y attendre, fortement dépendante de l'alimentation en eau météorite ainsi que l'avaient déjà souligné ALEXANDRE & NZENGU (1974) pour le "miombo" (forêt claire).

Deux phases bien marquées de variation annuelle de l'hydratation du sol ont été observées:

une phase de forte humidité, consécutive à l'infiltration des eaux des pluies, qui se produit entre octobre et avril avec deux maxima; le premier, en décembre, correspond à la restauration des réserves d'eau du sol, le deuxième survient en février, mois le plus pluvieux de l'année, après la légère chute des teneurs liée à la "petite saison sèche" de janvier;

une phase d'assèchement progressif liée à l'installation de la saison sèche dont le maximum est atteint en septembre à toutes les profondeurs avec une teneur en eau de $16.8 \pm 4.2\%$, proche du point de flétrissement permanent (avec un pF de 4.2, soit 13.5% à 5 cm de profondeur, d'après GOFFINET, 1973). Notons que c'est dans cet horizon que se concentrent une partie importante des racines.

DONNÉES DES CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES

Seules les apports organiques à la litière ont pris en considération. Les organes vivants n'ont pas été pris en compte, à cause du biais qui pourrait résulter de l'influence trop marquée de leur variabilité spécifique.

a) Apports organiques à la litière

Les apports totaux au sol sont de 9,75 t/ha/an. Leur évolution au cours de l'année révèle un pic à la fin de la saison sèche (septembre) et un creux à la fin de la

saison des pluies (mars). Seulement 3,03 t/ha/an des débris organiques sont apportés durant les mois de la saison des pluies contre 6,72 t/ha/an en saison sèche, soit un rapport saisonnier de 1 à 2. Les feuilles constituent le plus gros de ces apports (67% contre 31% de bois, 2% de fleurs et fruits).

Les fleurs et les fruits, dont les apports sont beaucoup moindres, présentent une évolution assez semblable à celle des feuilles, mis à part un pic en janvier qui s'explique par une chute particulièrement abondante des fruits immatures de certaines espèces (Albizia adianfifolia, Diospyros hoyleana, Entandrophragma delevoyi, Landolphia eminiana), dont le début de fructification coïncide avec cette période de l'année.

Quant au bois, le rythme de ses apports est plus complexe. On discerne néanmoins un maximum accusé en novembre, résultant notamment de l'importance de la chute du bois asséché en saison sèche et qui tombe sous la surcharge des premières averses intenses, bien connues dans la région (KALOMBO, 1981). Pour le reste, la répartition au cours de l'année est plus ou moins équilibrée, avec un rapport saisonnier faible de 1 à 1,2.

b) Composition minérale

La masse minérale restituée au sol par les débris organiques est de l'ordre de 233 kg/ha/an pour les éléments considérés (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, N, Na, P, Zn). Environ 81% sont fournis par les feuilles, 16% par le bois et 3% par les fleurs et les fruits. La composition minérale de ces apports, au cours de l'année, montre deux phases en rapport avec les deux saisons. Une phase de hautes teneurs qui se produit en saison des pluies pour les feuilles, et en saison sèche lorsqu'il s'agit du bois. Une phase de faibles teneurs en rapport avec la chute massive des débris qui survient en saison sèche pour les feuilles et en saison des pluies pour le bois. Les fleurs et les fruits ont un schéma d'évolution analogue à celui du bois.

L'évolution annuelle de la teneur minérale des apports organiques est en concordance avec l'hydratation du sol. Ceci souligne la dépendance étroite entre le métabolisme des plantes et les conditions météorologiques.

Les enseignements les plus importants de l'analyse des cycles biogéochimiques tirés des apports à la litière du "muhulu" de Luiswishi peuvent ainsi être schématisés de la facon suivante:

- un rythme saisonnier très marqué des apports à la litière des débris épigés;
- une étroite correspondance entre le rythme des apports et les phases d'hydratation du sol, reflet incontestable des précipitations incidentes;
- une nette dépendance à l'égard du climat actuel de la variation de la composition minérale des organes vivants;
- une évolution saisonnière inverse des teneurs en éléments minéraux par rapport à la quantité des apports organiques à la litière.

CADRE PALÉOCLIMATIQUE RÉGIONAL

Depuis le schéma sinusoïdal d'ALEXANDRE-PYRE (1971) opposant des phases de climat plus sèches à d'autres plus humides vis-à-vis d'une position moyenne plus aride au Tertiaire, le cadre paléoclimatique du Katanga n'a cessé de se confirmer et de se préciser. Le grand tournant climatique entre le Tertiaire très aride et le Quaternaire a été reconnu dans une grande partie de l'Afrique centrale (BONNEFILLE, 1974; HAMILTON, 1982).

Les phases humides et arides, oscillant autour d'une position proche du climat actuel (climat tropical humide à saisons très contrastées), ont été mises en évidence par des analyses sédimentologiques et palynologiques des dépôts alluviaux quaternaires (ALEXANDRE-PYRE, 1967, 1971; ALEXANDRE & STREEL-POTELLE, 1979; DE DAPPER, 1978, 1981a, 1981b; MBENZA, 1983; MBENZA & ROCHE, 1980; MBENZA et al., 1991; ROCHE, 1984, 1991). Plusieurs évidences révèlent, par ailleurs, que les climats secs ont prévalu pendant la plus grande partie du Quaternaire supérieur (BERNARD, 1962; CLARK & VAN ZINDEREN BAKKER, 1964; MBENZA et al., 1991; ALEXANDRE et al., 1992), bien que de l'avis d' auteurs tels que ALEXANDRE-PYRE (1986) et TSHIDIBI & ALEXANDRE (1984), leur aridité n'ait plus été aussi accusée qu'au Tertiaire.

La dernière pulsation aride remonte à peine à moins de 3000 B.P. (MBENZA, 1983; MBENZA & ROCHE, 1980; MBENZA et al., 1991; ROCHE, 1991). Enfin, les observations rapportées sur 1'ensemble de la région, révèlent un accroissement récent de l'humidité du climat régional, ce dernier toujours assorti d'un caractère saisonnier assez marqué dans la zone zambézienne (BERNARD, 1962; BULTOT, 1957; ROCHE & MOEYERSONS, 1978; VAN KERSCHAVER, 1983; MBENZA et al., 1991).

De ce cadre paléoclimatique régional, trois aspects importants sont à retenir pour la bonne compréhension de la suite du développement de la présente étude :

- o l'importance de la durée de l'occurrence des climats xériques pré-holocène, malgré l'atténuation de leur aridité par rapport aux climats tertiaires;
- o l'existence d'une pulsation aride récente, postérieure à la grande humidité climatique holocène;
- o la progression vers des conditions de plus en plus humides du climat actuel.

IMPACTS PALEOENVIRONNEMENTAUX DES CYCLES BIOGEOCHIMIQUES

Les données des cycles biogéochimiques telles qu'exposées ci-dessus révèlent des caractéristiques appartenant à la fois à la forêt claire zambézienne et à la forêt équatoriale. Ceci permet de postuler une égale probabilité, en ce qui concerne l'origine des îlots forestiers denses, d'une évolution à partir de chacun de ces deux types de formations végétales. Le fait qu'actuellement la forêt claire domine dans un contexte

paléoclimatique récent, ponctué d'occurrence de climats arides, pose le problème de la résilience de ces îlots dont les équivalents physionomiques et morphologiques ne se rencontrent plus qu'aux latitudes équatoriales.

Le cadre paléoclimatique régional renseigne, certes, sur l'existence des phases humides dans les latitudes tropicales (LEROUX, 1992). Leur occurrence s'est accompagnée, comme c'est également le cas dans les région de montagnes (BONNEFILLE, 1974), d'une migration de la zone des forêts denses sempervirentes (ROCHE & MOEYERSONS, 1978; ROCHE, 1975). Au Katanga, l'établissement de forêts en rapport avec de telles phases humides s'est produit au cours de trois périodes relativement bien définies.

Bien qu'aucun élément intrinsèque des îlots actuels ne permette de les dater formellement (l'analyse palynologique des sondages effectuée par l'un de nous dans le "muhulu" s'est révélée stérile), on s'accorde cependant à remonter à une époque antérieure au dernier pluvial est-africain(correspondant à la transgression flandrienne) l'installation de forêts denses humides au Katanga. Cette estimation repose plus particulièrement sur l'interprétation de l'origine du réseau de ravins entamant les aplanissements sommitaux, site favorable à un certain nombre de ces îlots forestiers (MBENZA et al., 1991).

L'établissement de ces îlots de forêt dense sèche le mieux attesté, notamment par l'analyse palynologique (extension des pollens arboréens des diagrammes polliniques des sédiments alluviaux), ainsi que par la détermination de bois fossiles (affinités spécifiques avec les forêts équatoriales), remonte à une période située entre 7000 et 6000 B.P. (MBENZA, 1983; MBENZA & ROCHE, 1980; MBENZA et al., 1984). Cette période est considérée, dans la région, comme celle du maximum d'humidité holocène, qui, e fait, aurait débuté vers 12000 B.P. (VAN ZINDEREN BAKKER, 1962; LIVINGSTONE, 1965; ROCHE, 1991, ROCHE et al. 1992). Bien qu'il soit malaisé de déterminer à l'aide des seuls pollens, le(s) type(s) de formation forestière présents à cette époque au Katanga (forêt claire "miombo", forêt galerie "mushitu"; forêt dense sèche "muhulu"), le fort taux des pollens de taxons arborés (AP/NAP) enregistré lors de cette extension ne permet aucun doute quant à l'existence des forêts denses dans le paysage katangais.

Le dernier établissement de forêt dense, se déduit également des recherches palynologiques (nouvelle extension des AP) et remonte à peine à un peu plus de 3000 ans. Cette période étant proche de nous, la question de savoir si l'extension pollinique concerne toutes les formations de la région ne se pose pas. Par contre, dans l'hypothèse où les îlots forestiers actuels proviendraient des forêts humides de cette époque, il est intéressant de connaître le type de formation forestière dont ils pourraient dériver. La réponse demande que soient prises en considération, simultanément, les exigences de ces îlots telles qu'elles ont été déduites de l'analyse des cycles biogéochimiques d'une part et d'autre part les conséquences sur ces îlots de l'existence des phases xériques au cours du Quaternaire.

En effet, suivant la période de l'établissement dont on les fait dériver, les îlots présenteront une plus ou moins grande résilience aux conditions xériques affrontées selon la sévérité de celles-ci (nombre et intensité des phases arides) et le degré d'adaptabilité des formations concernées aux modifications climatiques intervenues. Si l'on remonte au plus ancien établissement reconnu (fin Pléistocène), deux phases arides au moins (dont une, préholocène, assez longue) sont à considérer. Si on opte pour le deuxième établissement (correspondant au maximum d'humidité holocène), une seule phase, entre 3000 et 4000 B.P., est alors à prendre en compte. Cette phase, de courte durée, est probablement la moins aride de tout le Quaternaire (caractéristiques sédimentologiques et palynologiques des dépôts corrélatifs suggérant une mise en place dans un environnement plutôt humide où des alluvions et colluvions fines rubéfiées contiennent un cortège sporo-pollinique à NAP hydromorphes type cypéracée, typhacée et fougère avec des AP, largement dominé par des graminées: LIVINGSTONE, 1962; GIRESSE, 1978; MBENZA & ROCHE, 1980; MBENZA et al., 1984).

La dernière éventualité serait de rapporter cette origine au dernier établissement forestier documenté par les extensions des AP, postérieure à 3000 B.P. Ici, aucune autre phase aride n'est intervenue depuis. Au contraire on assiste plutôt à une humidification progressive en dépit de la régression sensible des pollens de taxons arborés observée vers le sommet des profils palynologiques des dépôts récents (HAMILTON, 1982; MBENZA, 1983; MBENZA *et al.*, 1991; ROCHE, 1991; VINCENS, 1989). Cette régression résulterait notamment du déboisement pour les besoins agricoles d'une population de plus en plus sédentarisée et en croissance constante (CLARK & VAN ZINDEREN BAKKER, 1962; WILMET & SOYER, 1982. BONNEFILLE & RIOLET, 1984; ROCHE, 1991).

Il ne semble y avoir aucun doute que les climats xériques postérieurs aux deux premiers de ces établissements forestiers humides auraient provoqué des modifications d'autant plus accusées qu'une de ces phases de ces climats a été très longue. Notons à ce sujet que le simple allongement de la saison sèche, à mesure que l'on s'écarte de la zone équatoriale, suffit déjà à induire des adaptations substantielles, affectant aussi bien les cycles biogéochimiques que la nature écomorphologique et l'anatomie des feuilles (COLONVAL-ELENKOV & MALAISSE, 1975; MALAISSE & COLONVAL-ELENKOV, 1981; TOLSMA et al., 1987; DIKUMBWA, 1991, 1992). Tous ces éléments influencent directement la production des matières organiques liées, on le sait, aux types biologiques dont dépend la physionomie des formations végétales. On sait également que les mécanismes d'adaptation de ces formations végétales connaissent des limites. De fait, des évolutions irréversibles peuvent parfois survenir, lorsque perdurent les perturbations, même atténuées, des conditions du milieu.

Certains aspects morphologiques des surfaces quaternaires de la région (absence de cuirasses à enduit épais, de dunes récentes et de vernis désertiques sur grès polymorphes) attestent, à n'en point douter, une atténuation certaine de l'aridité des climats quaternaires. Il convient toutefois de ne pas ignorer sa capacité de modifier la végétation préexistante. En effet, la simple interruption saisonnière des précipitations du présent climat, pourtant encore assez humide, suffit déjà à menacer les îlots de forêt dont elle rompt l'alimentation en éléments minéraux, malgré l'importance des apports de débris au sol.

On comprend dès lors que l'aridité préholocène, plus longue et accusée, n'ait pu laisser subsister les forêts denses du premier établissement (fin Pléistocène) sans leur imprimer des modifications profondes et les faire évoluer vers des formations plus ouvertes : forêt claire, savane, voire steppes. Même le dernier épisode aride, malgré son

intensité moins forte et sa durée plus courte, a pu être capable de déclencher une telle évolution compte tenu de l'extrême vulnérabilité et de la grande adaptabilité des îlots forestiers actuels, dont a témoigné l'analyse des cycles biogéochimiques. En effet, dans le "muhulu" de Luiswishi, le prélèvement puis le transfert des nutriments aux organes aériens sont contrôlés à 80% par les échanges minéraux en surface. Ces caractéristiques montrent à la fois la capacité d'adaptation des îlots actuels aux variations saisonnières de l'alimentation en eau, mais aussi l'extrême fragilité de ces formations devant un amoindrissement de ce pluviolessivage, notamment lors d'une évolution vers la sécheresse. Dans ce cas, la part des nutriments provenant des migrations profondes même minimes (environ 20%) n'est plus accessible lorsque les organes aériens, qui assurent leur pompage à partit des nappes, viennent à s'assécher complètement. Déjà, la durée de la saison sèche actuelle provoque le blocage complet du processus de restitution au sol des éléments minéraux. Que se produirait-il si cette sécheresse perdurait davantage, comme cela a été le cas lors des épisodes arides du Quaternaire.

Il apparaît dès lors difficile de soutenir l'hypothèse d'une origine ancienne pour les îlots de forêts denses actuels. Les modifications que supposerait une telle ancienneté éloigneraient considérablement ces formations des caractéristiques qu'elles présentent de nos jours en commun avec les forêts humides équatoriales. Ces caractéristiques communes sont, entre autres, la physionomie, l'affinité floristique, l'index des surfaces foliaires (SCHMITZ, 1962; MALAISSE, 1984, 1985), une production de matières organiques plus élevée qu'en forêt claire (10 t/ha/an contre 4 t/ha/an, LOWMAN, 1988; DIKUMBWA, 1992). Enfin, leur extrême vulnérabilité actuelle due à la dépendance absolue de leurs cycles biogéochimiques, leur ôte encore un peu plus toute prétention à une origine lointaine.

Si les conditions arides entraînent une évolution des formations denses vers des formations végétales plus ouvertes, il n'y a aucune raison d'écarter le processus inverse, surtout si cette aridité, comme celle du dernier épisode, n'a pas été très accusée. Nous pensons, en effet, que la progression vers des conditions plus humides du climat peut alors entraîner la fermeture des formations ouvertes. C'est, semble-t-il, à la faveur d'une progression de l'humidité actuelle du climat, qu'il semble plus judicieux de situer, une installation des îlots denses aux dépens de la forêt claire zambézienne. Cette dernière proviendrait elle-même de l'adaptation des forêts denses humides holocènes au dernier épisode aride de l'entre 3000 et 4000 B.P.

Cette reconquête forestière se serait effectuée par densification localisée des portions de forêt claire, sous forme de petits bosquets plus ou moins touffus, tels que les faciès "muhuluteux" dispersés dans la forêt claire zambézienne (SCHMITZ, 1962; MALAISSE, 1984). Il se serait alors développé en leur sein, une sorte de synergie qui, à la faveur des facteurs pédologiques (sols profonds à bonne économie en eau, termitière géante) aurait entraîné le resserrement des essences créant ainsi des conditions favorables à l'apparition et à l'entretien d'un microclimat humide. Celui-ci aurait assuré le développement des mécanismes d'échange des nutriments entre les horizons superficiels du sol (où se concentrent la majorité des racines) et les organes aériens. Le système non seulement se serait maintenu et même aurait pris de l'extension. Un tel processus pourrait se maintenir tant que le climat régional restera humide. Par ailleurs, l'expansion forestière le long des vallées à partir des fonds de plaines, refuges supposés de la forêt dense humide pendant l'occurrence de conditions xériques (SCHMITZ, 1962;

STREEL, 1963; DIKUMBWA, 1992), n'est probablement pas à exclure, tout au moins pour les forêts de ravin. Elle ne semble cependant pas rendre compte de la position éloignée des vallées vis-à-vis des sites qu'occupent la plupart des îlots forestiers sur les plateaux, ainsi que l'a déjà souligné SCHMITZ (1962).

DISCUSSION ET CONCLUSION

La grande sensibilité aux variations saisonnières des facteurs écoclimatiques, devant l'apparente indifférence physionomique et morphologique des îlots denses, traduit leur plus ou moins bonne adaptation à un climat actuellement de plus en plus humide. La densification des formations ouvertes ne semble pas un phénomène isolé aujourd'hui, limité à la seule forêt claire zambézienne. En effet, des observations rapportées par l'un de nous dans la zone de mosaïque de savane du BAS-CONGO, témoigne de leur vigoureuse reforestation, une fois laissées en friche. Cette dynamique, ainsi qu'une intense progression de l'altération signalée par VAN KERSCHAVER (1983) dans la même région, appuient cette tendance de plus en plus humide du présent climat, malgré un contraste saisonnier très marqué en zone zambézienne.

Quant aux données des cycles biogéochimiques, elles laissent apercevoir une grande sensibilité et une extrême vulnérabilité des îlots forestiers actuels du Katanga. Ces caractéristiques traduisent un comportement relevant autant de la forêt claire zambézienne que de la forêt humide équatoriale qui donne à ces îlots une égale probabilité de provenir de l'un ou de l'autre de ces deux formations forestières.

Si la forêt claire domine aujourd'hui dans la région, le contexte paléoclimatique local révèle l'existence d'au moins deux phases favorables à une grande expansion de la forêt humide dense. La résilience d'une telle forêt vis-à-vis des conditions xériques quaternaires, lorsqu'elle est envisagée selon l'âge de l'établissement, écarte toute idée d'ancienneté pour les îlots. Leur forme et leur production de matières organiques, comparables à celles des forêts humides des basses terres, postulent une origine récente. Ces îlots se seraient formés à la suite de l'adaptation au climat actuel de plus en plus humide de la forêt claire zambézienne, résultant elle-même de la modification des forêts humides holocènes durant la dernière pulsation aride. La colonisation s'effectuerait prioritairement par densification localisée des sites à bonne économie en eau: les latosols profonds des plateaux, le milieu confiné des ravins, les versants des hautes termitières. La remontée le long des vallées à partir d'éventuels sites refuges peut être envisagée, mais n'est cependant pas toujours indispensable.

Ainsi, plutôt que de parler d'un morcellement au départ d'un ensemble que l'on croit étendu, les îlots de forêts denses actuels constitueraient plutôt des stades de reconquête forestière dense à partir de la forêt claire zambézienne, à la faveur d'une humidification progressive du climat actuel. Le maintien en îlots d'étendue réduite, voire leur disparition complète de certaines aires, malgré la génération de la reforestation observée, résulteraient de la pression des actions antagonistes de l'homme tels que feux de brousse, déboisement pour besoins agricoles, industriels et d'urbanisme en constante croissance (WILMET & SOYER, 1982; BINZANGI, 1989).

Enfin, les données de cette étude apportent des arguments qui confortent l'hypothèse climacique, émise par DESENFANS et SCHMITZ, de l'origine des forêts denses sèches du Katanga méridional. Elles permettent également de rendre compte du rôle des facteurs pédologiques qui sous-tendent l'hypothèse édaphique défendue notamment par DUVIGNEAUD.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Messieurs les professeurs ALONI K. de l'Université de KINSHASA et MALAISSE F. de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomique de Gembloux, le premier pour l'intérêt qu'il a toujours manifesté envers le sujet traité et le second pour nous avoir familiarisés avec les formations végétales du Katanga. Nos discussions avec eux ont permis la concrétisation de la présente étude.

BIBIOGRAPHIE

- ALEXANDRE, J. 1978. Les stades de la formation des cuirasses latéritiques du Haut-Shaba (Zaïre) et leur signification géomorphologique. *Trav. et Doc. Géogr. Trop.*, *CEGET*, 33, 133-149.
- ALEXANDRE, J. 1984. Critère pour une datation des cuirasses latéritiques. *Bull. Séances Acad. roy. Sci. Outre-Mer*, 30, 2, 159-167.
- ALEXANDRE, J. & ALEXANDRE-PYRE, S. 1964. Action linéaire et en surface du ruissellement dans une région de savane (Katanga méridional). *Publ. Univ. Elisabethville*, 7, 105-114.
- ALEXANDRE, J. & ALEXANDRE PYRE, S. 1989. La reconstitution à l'aide des cuirasses latéritiques de l'histoire géomorphologique du Haut-Shaba. *Zeit. für Geomorph.*, N. F., Suppl. Bd, 64, 119-131.
- ALEXANDRE, J. & ICART, J.C. 1980. Les cailloutis superficiels du plateau de Kundelungu. *Bull. Soc. Belge Géol.*, 89, 4, 277-289.
- ALEXANDRE, J. & NZENGU, J. 1974. Le régime hydrique dans les sols de la région de Lubumbashi (Haut-Shaba, Zaïre). *Pédologie*, 24, 1, 49-63.
- ALEXANDRE, J. & STREEL-POTELLE, A. 1979. Les alluvions anciennes de la Lupembashi inférieure (Shaba, Zaïre) et évolution d'une plaine alluviale en région intertropicale à saison sèche pendant la fin du Quaternaire. *Geo-Eco-Trop*, 3, 3, 169-184.
- ALEXANDRE, J. & TSHIDIBI, N. B. 1984. Les enduits associés aux cuirasses latéritiques successives du Haut-Shaba. In: ALEXANDRE, J. & SYMOENS, J.J. (Éds.), Les

- processus de latérisation. Bruxelles, 37-46.
- ALEXANDRE, J., ALONI, K & DE DAPPER, M. 1992. Variations climatiques au Quaternaire en Afrique centrale. *Geo-Eco-Trop*, 16, 1-4, 176-205.
- ALEXANDRE-PYRE, S. 1967. Les processus d'aplanissement de piémont dans les régions marginales du plateau des Biano. *Publ. Univ. Officielle du Congo*, 16, 52 p.
- ALEXANDRE-PYRE, S. 1971. Le plateau des Biano (Katanga), Géologie et Géomorphologie. *Mém. Acad. roy. Sc. Outre-mer, cl. Sc. Nat. Méd.*, 18, 3, 151 p.
- ASSANI, A. A. 1994. Étude statistique de nombre des jours secs et de la longueur des périodes sèches au cours de la saison des pluies à Lubumbashi. *Geo-Eco-Trop*, 17, 1-4, 1-14.
- BERNARD, E. 1962. Interprétation astrologique des pluviaux et interpluviaux du Quaternaire africain. In : Actes IVème Congrès Panafr. Et. Quatern., Sect. I, Ann. Mus. roy. Afr. Centr. (Tervuren) Sc. Hum., 40, 67-95.
- BONNEFILLE, R. 1974. Étude palynologique des dépôts plio-pléitocènes d'Éthiopie. Ass. sénégal. Et. Quat. afr., Bull. liaison Sénégal., 42-43, 21-3 1.
- BONNEFILLE, R. 1987. Évolution forestière et climatique au Burundi durant les quarante derniers milliers d'années. *C. R. Acad. Paris*, 305, II, 1021-1026.
- BONNEFILLE, R. & RIOLET, G. 1984. L'histoire forestière du Burundi d'après 1'étude des tourbières. Cahiers d'histoire n° 2, 4, 82-83.
- BINZANGI, K. 1989. Contribution à l'étude du déboisement en Afrique Tropicale: le cas du Shaba méridional. Th. Doct. (inéd.), Université de Lubumbashi, 192 p.
- BULTOT, F. 1957. Risques d'années sèches et pluvieuses au Congo belge et au Ruanda-Urundi. *Publ. INEAC*, Bruxelles, 22 p.
- CLARK, J. D. & VAN ZINDEREN BAKKER, E. M. 1962. Pleistocene climates and cultures in North-Eastern Angola. *Nature*, 196, 639-642.
- CLARK, J. D. & VAN ZINDEREN BAKKER, E. M., 1964. Prehistoric cultures and Pleistocene vegetation at Kalambo Falls, Northern Rhodesia. *Nature* 210, 971-975.
- COLONVAL-ELENKOV, E. & MALAISSE, F. 1975. Contribution à 1'étude de 1'écosystème forêt claire (Miombo). Note 20, Remarques sur 1'écomorphologie de la flore termitophile du Haut- Shaba (Zaïre). *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 108, 167-181.
- DE DAPPER, M. 1978. Couvertures limono-sableuses, stone-line, indurations

- DE DAPPER, M. 1981a. Geomorfologische studie van het plateau complex rond Kolwezi (Shaba, Zaïre). Verh. Kon. Acad. Wet. Lett. Sch. België, KI. Wet., 43, 172, 203 p.
- DE DAPPER, M. 1981b. The microrelief of sand cover plateau near Kolwezi (Shaba, Congo). II. The microrelief of the crest dilungu. *Geo-Eco-Trop*, 5, 1, 1-12.
- DE DAPPER, M. 1985. Quaternary aridity in tropics as evidenced from geomorphological research using conventional panchromatic aerial photographs (examples from peninsular Malaysia and Zaire). *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 27, 157-173.
- DE DAPPER, M. & DE MOOR, G. 1980. Manaerosion on the Shaba high plateaux (SE-Zaire). In: DE BOODT, M. & GABRIELS, D. (Eds.) Assessment of Erosion. John Wiley Publishers, New York, London, p. 495-503.
- DELEVOY, G. 1948. Notes de sylviculture Katanguienne. Publ. C. S. K., Bruxelles, 121 p.
- DESENFANS, R. 1952. Rapport sur la végétation des feuilles Sokole et Haut-Lomami. Serv. géogr. et géol., C. S. K. (inédit).
- DIKUMBWA N. 1991. L'impact des facteurs écoclimatiques sur les cycles biogéochimiques en forêt dense sèche à *Entandrophragma delevoyi* De Wild. au Shaba méridional (Zaïre). Th. Doct., Univ. Liège (inédit).
- DIKUMBWA N. 1992. Facteurs écoclimatiques et cycles biogéochimiques en forêt dense sèche zambézienne (muhulu) du Shaba méridional. *Geo-Eco-Trop*, 14, 159 p.
- DUVIGNEAUD, P. 1949. Voyage botanique au Congo belge à travers le Bas-Congo, le Kasaï et le Katanga, de Banana à Kasenga. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 81, 15-33.
- DUVIGNEAUD, P. 1958. La végétation du Katanga et de ses sols métallifères. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 90: 127-286.
- FANSHAWE, B. D. 1960. Evergreen forest relics in Northern Rhodesia. Kirkia, 1, 20-24.
- FANSHAWE, B.D. 1969. The vegetation of Zambia. Kitwe, *Min. Rural Dev. For. Res. Bull.* 7, 67 p.
- GIRESSE, P. 1978. Le contrôle climatique de la sédimentation marine et continentale à la fin du Quaternaire, problèmes de corrélation. *Palaeogeogr. Palaeoclim.*, *Palaeoecol.*, 23, 57-77.
- GOFFINET, G. 1973. Synécologie comparée des milieux édaphiques de quatre écosystèmes caractéristiques Haut- Shaba (Zaïre), Th. Doct., Univ. Liège, 332 p. (inédit).

- HAMILTON, A. 1982. Environmental history of East Africa. A study of Quaternary. Academic press, 328 p.
- KALOMBO, K. 1979. Contribution à l'étude de l'intensité des pluies à Lubumbashi (Shaba, Zaïre). *Geo-Eco-Trop*, 3, 3, 159-167.
- LEROUX, K. 1992. Interprétation météorologique des changements climatiques observés en Afrique depuis 18.000 ans. *Geo-Eco-Trop*, 16, 207-258.
- LIVIGSTONE, D.A. 1965. Sedimentation and history of water level change in Lake Tanganyika. *Limnology and Oceanography*, 10, 4, 607-610.
- LOOTENS, M. 1983. Le réseau fluviatile raviné dans le bassin de la Lufira supérieure (Shaba, Congo). *Geo-Eco-Trop*, 2, 2, 221-228.
- LOWMAN, M.D. 1988. Litterfall and leaf decay in three Australian rain forest formations. J. Ecol., 6, 451-465.
- MALAISSE, F. 1984. Contribution à l'étude de l'écosystème forêt dense sèche (Muhulu). Note 4 : Structure d'une forêt dense sèche zambézienne des environs de Lubumbashi (Congo. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 118, 244-265.
- MALAISSE, F. 1985. Comparison of the woody structure in regressive zambezian succession with emphasis on high termitaria vegetation (Luiswishi, Shaba, Zaire). *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 118, 2, 244-265.
- MALAISSE, F. 1993. The ecology of zambezian dry evergreen forest with recommendation for conservation management. In: H. LIETH & LOHMANN (Eds.), *Restoration of tropical Forest Ecosystems*, Kluwer Academic publishers, Netherlands, pp. 75-90.
- MALAISSE, F., FRESON, R., GOFFINET, G. & MALAISSE-MOUSSET, M. 1975. Litter fall and litter breakdown in Miombo. In: GOLLEY F. & MEDINA E. (Eds.), Tropical Ecosystems. Trends in terrestrial and aquatic research. *Ecol. Stud.*, 11, 137-152.
- MALAISSE, F. & COLONVAL-ELENKOV, E. 1981. Contribution à 1'étude de 1'écosystème forêt dense sèche (muhulu) . Note 2 : Ecomorphologie et anatomie des feuilles des forêts denses sèches zambéziennes. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 114, 209-228.
- MALAISSE, F., MALAISSE-MOUSSET, M. & SCHOROCHOFF, G. 1978. Contribution à l'étude de l'écosystème forêt claire (Miombo). Note 23: Analyse de la pluviosité à Lubumbashi et dans ses environs immédiats. *Geo-Eco-Trop*, 2, 3, 301-315.
- MBENZA, M. 1982. L'évolution de la teneur en eau de l'air à proximité du sol dans la région de Lubumbashi au cours de période sans pluies continuelles. *Geo-Eco-Trop*, 6, 3, 191-199.

- région de Lubumbashi au cours de période sans pluies continuelles. *Geo-Eco-Trop*, 6, 3, 191-199.
- MBENZA, M. 1983. Évolution de l'environnement géomorphologique de fonds de vallées au cours du Quaternaire dans une région tropicale humide. Th. doct., Univ. Liège, 278 p. (inéd.).
- MBENZA, M. & ROCHE, E. 1980. Exemple d'évolution paléoclimatique au pléistocène terminal et à l'holocène au Shaba (Zaïre). *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, Nouv. Sér.* B., 27, 137-148.
- MBENZA, M., MITI, T. & ALONI, K. 1991. Conditions géomorphologiques sur le dépôt de colmatage des vallons du bassin supérieur de la Luafi au Shaba méridional (Zaïre). *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 27, 93-107.
- ROCHE, E. 1975. Analyse palynologique du site archéologique de la Kamoa. *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr., Sér. In -8*°, *Sc. Hum.*, 84, 331-337.
- ROCHE, E. 1984. Analyse palynologique de quatre sondages effectués dans les dépôts de surface quaternaire au Rwanda. Interprétation paléoclimatique. *Mus. Roy. Afr. Centr.*, *Dép. Géol. Min.*, *Rapport annuel* 1983, 153-159.
- ROCHE, E. 1991. Évolution des paléoenvironnements en Afrique centrale et orientale au Pléistocène supérieur et à l'holocène. Influences climatiques et anthropiques. *Bull. Soc. Géog. Liège*, 27, 187-208.
- ROCHE, E. & BIKWEMU, G. 1989. Paleoenvironmental changes on the Zaire-Nile ridge in Burundi; the last 20,000 years: an interpretation of palynological data from the Kashiru core, Ijenda, Burundi. In: W.C. MAHANEY (Ed.). Quarternary and Environmental Research on East African Mountains, York University, Toronto, pp. 231-242.
- ROCHE, E. & MOEYERSON, J. 1978. Évolution paléogéographique et phytosociologique en Afrique centrale durant le p1éistocène supérieur. Études d'Histoire Africaine, 9, 10, 37-48.
- SCHMITZ A. 1962. Le muhulu du Haut-Katanga méridional. *Bull. Jard. Bot. Etat*, 32, 3, 221-299.
- SCHMITZ, A. 1963. Climax et forêts claires du parc national de l'Upemba. Colloque sur les problèmes biogéographiques du parc national de l'Upemba, Elisabethville, du 5-9 février, VI : 57-68.
- SOYER, J. & NTOMBI, M. K. 1982. Variabilité spatiale des pluies à Lubumbashi (Zaïre). Geo-Eco-Trop., 6, 1 1-20.
- SOYER, J. & WILMET, J. 1983. Étude de l'environnement de Lubumbashi de 1973 A 1981 : croissance urbaine et déboisement. *Geo-Eco-Trop*, 7, 1-4, 67-81

- SYS, C. 1961. Het verband tussen morfologie and genetische opbouw van het bodemprofil in hoge Katanga. Gent, Rijkslandbouwhogeschool (inédit), 234 p.
- TOLSMA, A.J., ERNST, W.H.O., VERMEIJ, P.A. & VOOIJ, R. 1987. Seasonal variation of nutrient concentration in semi-arid savanna ecosystem in Botswana. *J. Ecol.*, 75, 755-770.
- VAN KERSCHAVER, G. 1983. Géomorphologie paléoclimatique de la fin Cénozoïque dans la région de Kimpese (Bas-ZaÏre). *Bull. Soc. belge Géol.*, 92, 4, 301-309.
- VINCENS, A. 1989. Les forêts claires zambéziennes du bassin Sud-Tanganyika. Évolution entre 25.000 et 6000 B.P. C.R. Acad. Sc. Paris, Série II, 308, 809-814.
- WILMET, J. & SOYER, J. 1982. Lubumbashi et le Sud-Est du Haut-Shaba: Interprétation des données Landsat. Soc. belge Études géogr., 1, 87-100.