

La recherche française sur le climat

► Les thèmes de recherche



Paléoclimatologie

Forêts et savanes d'Afrique centrale : une histoire holocène mouvementée

Extrait de la [Lettre n°6 du Programme International Géosphère Biosphère-Programme Mondial de Recherches sur le Climat](#) (PIGB-PMRC)

On les croyait relativement stables depuis la fin de la dernière époque glaciaire, et, en corollaire, on pensait que la plupart des perturbations les ayant affectés ont eu une origine anthropique. En fait, les écosystèmes d'Afrique Centrale, forêts denses et savanes périforestières, ont été affectés par des évolutions incessantes, dont l'intensité résulte de leur sensibilité aux changements climatiques.

Le programme [ECOFIT](#) (Ecosystèmes des Forêts Intertropicales) s'est appuyé sur une importante densité d'observations dans le sud du Cameroun et du Congo. Les sites les plus importants (Ossa et Kandara au Cameroun, Sinnda, Kitina et Songolo au Congo) ont fait l'objet d'approches pluridisciplinaires complémentaires : palynologie, spectrométrie IR des sédiments, diatomologie, détermination de macrorestes végétaux fossiles, biogéochimie isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ des matières organiques des sols, écologie végétale. La période de référence est l'Holocène, qui a succédé au dernier épisode glaciaire il y a environ 10 000 ans. Nous développons ci-dessous quelques uns des résultats les plus significatifs, mais également les points restant à approfondir dans la deuxième phase du programme ECOFIT.

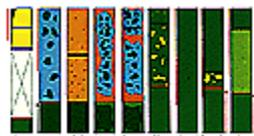
Une histoire Holocène essentiellement forestière

Le premier enseignement de ces études est que la couverture forestière de l'Afrique Centrale était bien plus étendue à l'Holocène moyen qu'actuellement. Les huit sites palynologiques analysés (figures 1 et 2) montrent tous des spectres purement forestiers avant 2500-3000 B.P. (*Before Present*), y compris ceux qui sont situés dans les régions de savane (Bilanko, Ngamakala, Songolo, Coraf, Sinnda). De fortes nuances régionales sont toutefois perceptibles :

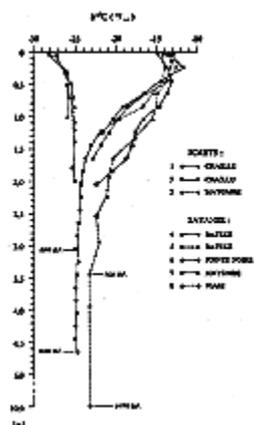
- à Songolo et Coraf, le spectre est dominé avant 3000 B.P. par des plantes de forêts hydromorphes qui témoignent de l'existence locale d'une nappe d'eau proche de la surface.
- à Sinnda, Bilanko et Ngamakala, une forte saisonnalité apparaît via le caractère semi-décidu de la végétation.
- dans les trois derniers enregistrements (Kitina, Barombi Mbo et Ossa), la végétation était peu différente de l'actuelle : des forêts sempervirentes avec une ceinture de forêt hydromorphe



1 - Localisation des principales observations



2 - Enregistrements palynologiques dans les principaux sites d'Afrique Centrale atlantique (et Bosumtwi au Ghana). (Synthèse établie par A. Vincens, LGQ/CEREGE Aix-en-Provence)



3 - Profils $\delta^{13}\text{C}$ de différents sols ferrallitiques du Congo. (Contact : D. Schwartz, IRD/CEREG Strasbourg)

plus ou moins développée.

D'autres enregistrements complètent ce tableau. Ainsi, au Congo, des podzols couverts actuellement de savane, ont livré des macrorestes végétaux datant du début de l'Holocène, et appartenant à des espèces de forêts denses. Si l'on s'éloigne des stations (tourbières, lacs et podzols), où les conditions d'hydromorphie particulières ont permis la conservation de ce type d'archives, les profils $\delta^{13}\text{C}$ des sols drainés des versants savanicoles témoignent également de cette histoire forestière (figure 3) : les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ des horizons profonds (environ -25 ‰) sont caractéristiques des sols forestiers. Il en est de même au Cameroun des enregistrements $\delta^{13}\text{C}$ dans la mosaïque forêt-savane à la limite nord de la zone forestière (Kandara). Mais les valeurs légèrement plus élevées des $\delta^{13}\text{C}$ évoquent des faciès forestiers plus secs (forêts semi-caducifoliées, forêts mésophiles, voire forêts claires), ce point devant être précisé par les études en cours. Il est toutefois clair que la forêt occupait à l'Holocène inférieur la majeure partie de l'espace actuellement occupé par les savanes intraforestières et périforestières. Rappelons que ces formations occupent actuellement 40 % de la surface du Congo.

Un assèchement progressif

Les datations au carbone 14 permettent de centrer les changements de végétation en Afrique Centrale circa 3000-2800 B.P. (âges non calibrés). Nous avons alors interprété les écarts autour de ces valeurs comme une conséquence de la méthode de datation. La relative constance des datations nous a poussé, dans un premier temps, à formuler l'hypothèse de variations de végétation relativement brutales et synchrones, résultant d'un changement climatique abrupt. L'analyse des flux sédimentaires lacustres nous conduisent cependant à reconsidérer ce schéma. En effet, les enregistrements des lacs Kitina et Sinnda, pourtant situés dans des contextes très différents, montrent une décroissance des flux détritiques relativement synchrone depuis plus de 4000 B.P., c'est à dire bien avant les changements de végétation (figure 4). Nous interprétons ce fait de la manière suivante. Dans les milieux forestiers intertropicaux, le ruissellement et l'érosion sont faibles. L'intensité du transport particulaire, notamment celui du particulaire grossier, est, dans ces milieux, une fonction quasi-directe des écoulements, c'est à dire du bilan hydrique. La diminution des flux détritiques indiquerait ainsi une diminution de la pluviosité en Afrique Centrale depuis plus de 4000 B.P. Il convient de croiser cette information avec celle apportée par l'étude des diatomées. Au Cameroun, les enregistrements diatomologiques du lac Ossa ne mettent en évidence que de faibles variations du plan d'eau, et ne permettent donc pas de mettre en évidence une baisse continue de la pluviométrie. Toutefois, ce lac est situé dans une zone très arrosée (3000 mm/an) et son alimentation par la

Sanaga semble très complexe. L'étude en cours des diatomées du lac Kitina, situé dans une zone moins pluvieuse (1500 mm/an) et tributaire d'un bassin versant de taille bien plus réduite (quelques dizaines de km²) permettra peut-être de résoudre ce problème.

Des perturbations qui sont une fonction de la sensibilité des milieux

Malgré les incertitudes, l'hypothèse d'une baisse continue des précipitations depuis 4000 B.P. permet cependant de rendre compte de deux faits d'observation : le décalage chronologique observé d'un site à l'autre, et l'intensité des perturbations observées. En effet, les milieux les plus sensibles, c'est à dire les régions où les conditions climatiques sont limites pour la forêt, réagissent plus vite et de façon plus intense que les autres.

Sur le plan chronologique, le lac Sinnda, situé dans la zone d'Afrique Centrale la plus sèche (la vallée du Niari), avec actuellement des précipitations de l'ordre de 1050 mm/an et une saison sèche de près de 5 mois présente une lacune de sédimentation liée à un assèchement complet vers 3500/3900 B.P. A l'inverse, les sites des zones forestières n'ont réagi que vers 2800-2500 B.P. La végétation des sites intermédiaires du littoral et du pays Teke a changé vers 3000 B.P.

Il en est de même en ce qui concerne l'intensité des changements (figure 2) :

- au lac Sinnda, l'assèchement climatique s'est traduit par la formation de savanes très herbacées ;
- dans les sites du littoral et pays Teke, des forêts ont subsisté à côté des savanes,
- dans les sites forestiers comme Kitina et le Barombi Mbo, sont apparues des savanes incluses ;
- au lac Ossa, ne sont enregistrées que des perturbations légères de la forêt (abondance des essences héliophiles).

Ce principe explique également que la reconquête forestière du début de l'Holocène a été plus lente dans le Niari qu'ailleurs. Une faune de vertébrés, étudiée par W. Van Neer et R. Lanfranchi dans les années 80, et comprenant des restes d'animaux de milieux ouverts, dont du rhinocéros noir actuellement disparu du Congo a montré que des végétations de type savane arborée ou forêt claire y ont subsisté jusque vers 7000 B.P.

Les savanes actuelles résultent de l'action conjointe de l'homme et du climat

Les savanes actuelles du Congo sont apparues circa 3000 B.P. Elles se distinguent des formations végétales du Pléistocène supérieur (période qui précédait l'Holocène et qui inclue les grandes glaciations) par la faiblesse du couvert arboré. A cette époque tous les indicateurs (palynologie, anatomie du bois, d¹³C des sols) soulignent, malgré leur aspect encore fragmentaire, qu'il s'agissait de savanes arborées et/ou de forêts claires.

L'aspect herbacé des savanes est lié à la pratique des feux

courants par les chasseurs. Cette pratique a pour effet d'éliminer les essences non pyro-tolérantes, dont la plupart des ligneux. Elle s'est établie précocement : les

enregistrements de ^{13}C de paléosols et la découverte de chaumes brûlés nous donnent une date minimale de 2000 B.P. En fait, la présence de savanes dans des régions climatiquement favorables à la forêt, et leur aspect herbacé, s'expliquent par la conjonction de trois facteurs :

- un facteur paléoclimatique : l'assèchement de l'Holocène supérieur, qui est le moteur premier de la dégradation de la végétation, c. 3000 B.P. ;
- un facteur édaphique : les savanes sont essentiellement apparues, et se sont maintenues dans les zones les moins favorables à la forêt, c'est à dire celles où les déficits hydriques saisonniers sont les plus importants : vallée du Niari, où faibles précipitations et faible disponibilité de l'eau dans les sols très argileux conjuguent leurs effets ; pays Bateke et littoral, où des pluviosités plus fortes sont compensées par le drainage excessif des sols sableux ;
- un facteur anthropique : les brûlis, pratiqués par les populations de chasseurs et peut-être d'agriculteurs itinérants, qui ont imprimé précocement une marque définitive au paysage que nous connaissons et ralentissent la progression forestière.

Ces trois conditions sont simultanément indispensables.

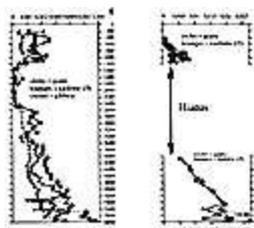
Qu'une seule manque, et le paysage demeure forestier :

- en absence du déclencheur paléoclimatique, les actions anthropiques passées auraient abouti, par le passé comme actuellement, à la constitution de reclus forestiers et de forêts pionnières.
- en absence de brûlis, toutes les zones de savane auraient déjà été reconquises par la forêt, comme le montre la rapidité de la progression forestière dans les zones mises en défens.
- en absence de conditions favorables, l'espace aurait également déjà été reconquis par la forêt, malgré les brûlis, comme le suggère la plus grande extension passée des savanes incluses.

Plusieurs conclusions importantes en découlent. Il est clair que les savanes actuelles du Congo ne sont pas des formations qui ont subsisté depuis le dernier glaciaire. D'un autre point de vue, il apparaît qu'il est vain d'opposer, comme cela a été fait dans le passé, les hypothèses paléoclimatiques et anthropiques pour expliquer la présence de savanes dans le contexte précis de l'Afrique Centrale. Celles-ci sont réellement la conséquence d'une conjonction de facteurs, même si le forçage paléoclimatique en est nécessairement le facteur initiateur.

Une reprise de l'humidité depuis quelques siècles

Divers indicateurs témoignent d'une reprise de la forêt durant la période la plus récente. Nous relierons cette reprise forestière à un retour à des conditions climatiques plus humides. La date de cette réhumidification demeure toutefois imprécise.



4 - Variation des flux sédimentaires détritiques dans les lacs Sinnda et Kitina. (Contact : J. Bertaux, IRD, Bondy)

La remise en eau du lac Sinnda a eu lieu vers 1300 B.P., mais un petit épisode sec est enregistré vers 700 B.P. A Kitina, les mêmes tendances sont perçues aux mêmes dates par le biais des flux sédimentaires (figure 4) ; les savanes incluses y disparaissent vers 500-600 B.P. Aux mêmes époques, on note dans tout le sud du Congo une reprise de l'érosion qui pourrait être liée à la recrudescence des pluies : abondance d'enfouissement de paléosols depuis 1500 ans B.P. dans le Mayombe, reprise d'activité des cirques d'érosion de la façade maritime vers 500- 600 B.P. Sur le littoral, une brève oscillation humide est enregistrée sur le site de la Coraf vers 1500 B.P. En fait, il semble que l'épisode circa 1500 B.P. ait été une simple oscillation, et que les conditions climatiques actuelles se soient mises en place vers 500-600 B.P. Ce point reste toutefois à préciser.

La mesure de la progression actuelle de la forêt

La mesure du $\delta^{13}\text{C}$ des matières organiques des sols (voir encart) dans des transects forêt-savane à l'échelle hectométrique a montré que les lisières forestières progressent sur les savanes. Les vitesses de progression actuelle des lisières congolaises ont été évaluées en croisant ces données avec la mesure du temps moyen de résidence de ces matières organiques par le ^{14}C , avec des comparaisons d'archives photographiques et avec des mesures dendrochronologiques sur des Okoumés. La cohérence entre les estimations de la vitesse et les observations écologiques (abondance et répartition des espèces pionnières héliophiles, en particulier) est frappante. Les situations observées vont de l'existence de rares lisières stables depuis plus d'un siècle, à la progression des forêts à Okoumés à des vitesses dépassant la centaine de mètre par siècle. Entre ces extrêmes, des progressions de quelques dizaines de mètre par siècle sont courantes. Lentes dans l'absolu, ces vitesses sont remarquables quand on considère que les savanes brûlent annuellement. En extrapolant, on peut estimer que, toutes choses égales par ailleurs, la plupart des savanes incluses auront disparu dans un laps de temps de 3-5 siècles. Au Cameroun, des envahissements plus rapides ont été observés sur les 30 dernières années par la comparaison de prises de vue aériennes. Ce processus semble combiner progression des lisières et envahissement généralisé par la forêt de zones complètes de savanes à partir de bosquets ou de fourrés.

De telles vitesses sont-elles compatibles avec la rapidité observée (quelques siècles à quelques millénaires) de la reconquête forestière lors des améliorations climatiques ? Une simple extrapolation (100 m/siècle, donc 10 km en 10000 ans ...) conclurait que non. Mais il est évident qu'on ne peut opposer, en une lecture simpliste de la théorie des refuges, des grands massifs demeurés forestiers distants les uns des autres de plusieurs centaines de kilomètres, à des zones intermédiaires devenues purement savaniques. Il est certain qu'entre ces massifs ont subsisté des microrefuges, constitués par des galeries forestières, ou des boqueteaux liés à des

conditions édaphiques locales. Ce sont ces microrefuges qui ont été le point de départ de la reconquête forestière, et qui ont permis, par coalescence, la reconstitution rapide du manteau forestier. On soulignera également que les vitesses de progression forestière enregistrées actuellement peuvent difficilement être comparées à celles qui ont prévalu aux époques postglaciaires, périodes où la reconquête forestière n'était pas entravée par la pratique des brûlis.

Des changements inscrits durablement dans les écosystèmes

Les perturbations climatiques peuvent s'inscrire durablement dans les paysages. Ainsi, nous avons vu que les savanes du Congo ont un âge d'environ 3000 ans. Malgré un climat redevenu favorable à la forêt depuis plusieurs siècles, elles n'ont pas disparu, en raison de la pratique généralisée des feux courants. C'est ici un facteur anthropique qui explique la survivance de ces formations "écologiquement aberrantes", pour reprendre une expression d'Aubréville. De même, des types particuliers de forêt constituent des témoins précieux des changements climatiques, à différentes échelles de temps. Les forêts clairsemées à Marantacées, fréquentes en Afrique Centrale en lisière de savanes incluses, semblent être liées à une reconquête lente de l'espace ; elles caractériseraient des zones qui étaient occupées par des savanes il y a plusieurs siècles. Ce faciès est lié au blocage de la régénération ligneuse par les Marantacées. Les forêts à Okoumés du Gabon et du Congo constituent, quant à elles, un faciès de reconquête à l'échelle de 50-100 ans. Il pourrait en être de même des forêts à *Lophira alata* du Cameroun, cette essence ayant le même comportement écologique que l'Okoumé. La présence de forêts clairsemées à Marantacées ou de forêts à Okoumés dans des régions purement forestières est donc un indice de la présence plus ou moins récente de savanes incluses, aujourd'hui disparues, au sein des massifs forestiers. Ce fait a été formellement démontré pour les forêts à Okoumés du Chaillu congolais en utilisant le marquage naturel en ^{13}C . Les autres formations seront étudiées dans la seconde phase d'ECOFIT.

Des chronologies et des paléoclimats mieux connus ?

Les études menées dans le cadre d'ECOFIT ont donc permis d'affiner la chronologie des paléoenvironnements holocènes d'Afrique Centrale. D'ores et déjà trois périodes apparaissent : un début de l'Holocène humide et forestier, un Holocène supérieur plus sec à mosaïque forêt-savane, et, depuis 5-6 siècles la période actuelle à nouveau plus humide. Cependant, cette chronologie repose plus sur des marqueurs écologiques que sur des enregistrements climatiques directs. Or nous avons montré que les écosystèmes réagissaient plus ou moins vite, et plus ou moins intensément, aux forçages climatiques, selon le niveau de contraintes qui s'exercent sur eux. Il est certain qu'une brève oscillation sèche aura plus de chances d'être répercutée par la végétation qui borde le lac Sinnda (1050 mm/an) que par celle du lac Ossa (3000 mm),

où elle passera peut-être entièrement inaperçue.

La reconstitution d'une chronologie climatique précise nécessite donc de s'affranchir autant que possible de ce facteur végétation. Les diatomées, algues siliceuses vivants dans les lacs, sont l'un de ces moyens. Elles sont très sensibles aux variations de conditions hydriques, qui est un facteur intégrateur du climat. Les variations dans les flux sédimentaires constituent également un autre moyen d'approcher le bilan hydrique. Les études en cours sur les lacs Ossa, Kitina et Sinnda devraient donc permettre d'affiner la chronologie paléoclimatique de l'Afrique Centrale. Il est également nécessaire de préciser les intensités des changements climatiques entre Holocène inférieur et Holocène supérieur. En effet, celles-ci sont pour l'heure inconnues, et ne peuvent être déduites directement des changements de végétation. Elles n'ont pas été forcément très importantes : un seuil bioclimatique peut être franchi avec une diminution de seulement quelques centaines de mm de pluie par an, ou par l'allongement de quelques semaines de la saison sèche. Cependant l'amplitude et l'extension des perturbations climatiques observées, même dans des sites comme le lac Barombi Mbo ou le lac Ossa, suggèrent qu'elles ont été plus fortes que ce que l'on supposait jusqu'à présent.

Contact :

Dominique Schwartz
IRD/CEREG
3, rue de l'Argonne
67083 Strasbourg cedex

© CNRS - Contact : Sagascience@cnrs-dir.fr