

Evolution de la couverture latéritique et impact des facteurs déterminants dans la dynamique du contact forêt-savane de sud-est Cameroun

Véronique KAMGANG Kabeyene BEYALA¹, Georges Emmanuel EKODECK²,
Mariama OUANGRAWA³, Bruno BOULANGÉ⁴

¹ Université de Yaoundé I, ENS, BP 47, Yaoundé, Cameroun

² Université de Yaoundé II, BP 4930, Yaoundé, Cameroun

³ Université de Ouagadougou, Faculté des Sciences BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

⁴ IRD/CEREGE, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, B.P. 80, 13545 Aix en Provence

RÉSUMÉ

Développé sur des latérites issues de l'altération des roches du socle Précambrien, le domaine périforestier du Sud-Est Cameroun est une zone de mosaïque de végétations complexe. Les études botaniques, celles géochimiques et hydrodynamiques des formations superficielles ont permis d'y observer plusieurs ensembles lithiques (meubles, cuirassé, altéritique) et faciès cuirassés ferrugineux (alvéolaires, nodulaires) de même que diverses unités texturales de végétation allant de la savane herbacée à la forêt mature. A partir de l'analyse des variations climatiques et du traitement d'images (aériennes, satellitaires, radar) d'âges différents, une étude morphopédologique a été effectuée de même qu'un suivi de l'évolution spatio-temporelle de la végétation de cette région. Il ressort de toutes ces investigations que cet écosystème, marqué par la transgression de la forêt sur la savane, a une dynamique forestière entretenue par des facteurs déterminants anthropiques, climatiques, géologiques, hydrodynamiques, et surtout morphopédologiques. Une étroite relation de dépendance apparaît également entre la distribution phytogéographique et l'organisation de la couverture pédologique latéritique. L'interprétation de ces résultats montre que les variations quaternaires et actuelles vont faire osciller la forêt autour des limites imposées par les formations latéritiques et leur évolution géochimique.

Mots clés: latérites, contact forêt-savane, dynamique, Cameroun

ABSTRACT

In the South-Eastern Cameroon, the forest borderline region is developed on laterites derived from the weathering of Precambrian basement rocks. A botanical study of this complex mosaic zone of vegetation reveals several textural units ranging from grassland to mature forest. Geochemical and hydrodynamic studies of superficial formations enabled the determination of several lithic groups (clayey horizon, iron crust, weathered and decayed rock) and facies of iron crust (alveolar, nodular). Using climatic variation analysis and remote sensing, it was possible to make morphological characterisations and to follow the evolution in space and time of vegetation in that area. This ecosystem shows a forest dynamics maintained by anthropic, climatic, geological, hydrodynamic and especially morphopedological factors. The vegetation distribution also appears to be closely related to the organisation of the lateritic cover. An interpretation of these results indicates that the Quaternary and Present climatic variations will oblige the forest to oscillate around the limits imposed by the superficial formations and their geochemical evolution.

Key words: laterites, forest-savanna contact zone, Cameroon, dynamics:

INTRODUCTION

Le domaine périforestier du Sud-Est du Cameroun (ou région de Bertoua) est une zone de mosaïque forêt-savane d'une centaine de kilomètres de large, suivant globalement le parallèle 4°20'. Il limite la forêt qui s'étend vers le Sud, de la savane qui se développe vers le Nord. Soumise à un climat équatorial de transition, cette zone ne paraît pas présenter un caractère stationnaire : le domaine forestier est en extension aux dépens du domaine savanicole (Letouzey, 1968). Cette évolution laisse entrevoir une dynamique du contact forêt/savane sous la dépendance de facteurs déterminants qui sont anthropiques, climatiques, géologiques, hydrodynamiques et morphopédologiques (Kamgang, 1998 ; Vincens *et al.*, 2000 ; Kamgang *et al.*, 2001). Il est donc important de préciser l'impact conjugué de ces facteurs dans ladite dynamique. Ceux-ci agissent à des échelles de temps différents. A l'échelle de quelques dizaines d'années, et à l'échelle du Quaternaire, les variations climatiques,

accentuées par les feux, font osciller ce contact forêt/savane de part et d'autre de limites morphopédologiques héritées de l'histoire géologique. Il s'avère alors nécessaire de caractériser les formations latéritiques qui ici déterminent ces limites et de rechercher leurs conditions de genèse et d'évolution.

MATERIELS ET METHODES

L'étude de la zone de contact forêt-savane du Sud-Est du Cameroun a d'abord été effectuée à l'échelle de toute la région de Bertoua, ensuite à celle du site de référence de Kandara (4°20 N, 13°43 E) (Fig. 1), afin d'observer, à l'échelle régionale, les variations spatio-temporelles du contact forêt-savane, tant sur le plan géomorphologique que sur l'agencement structural des différentes unités forestières et savanicoles. Cette observation a été faite à partir d'analyses de photographies aériennes d'âges différents, d'images du radar aéroporté et d'images du satellite Landsat «Thematic Mapper» (TM). Un levé

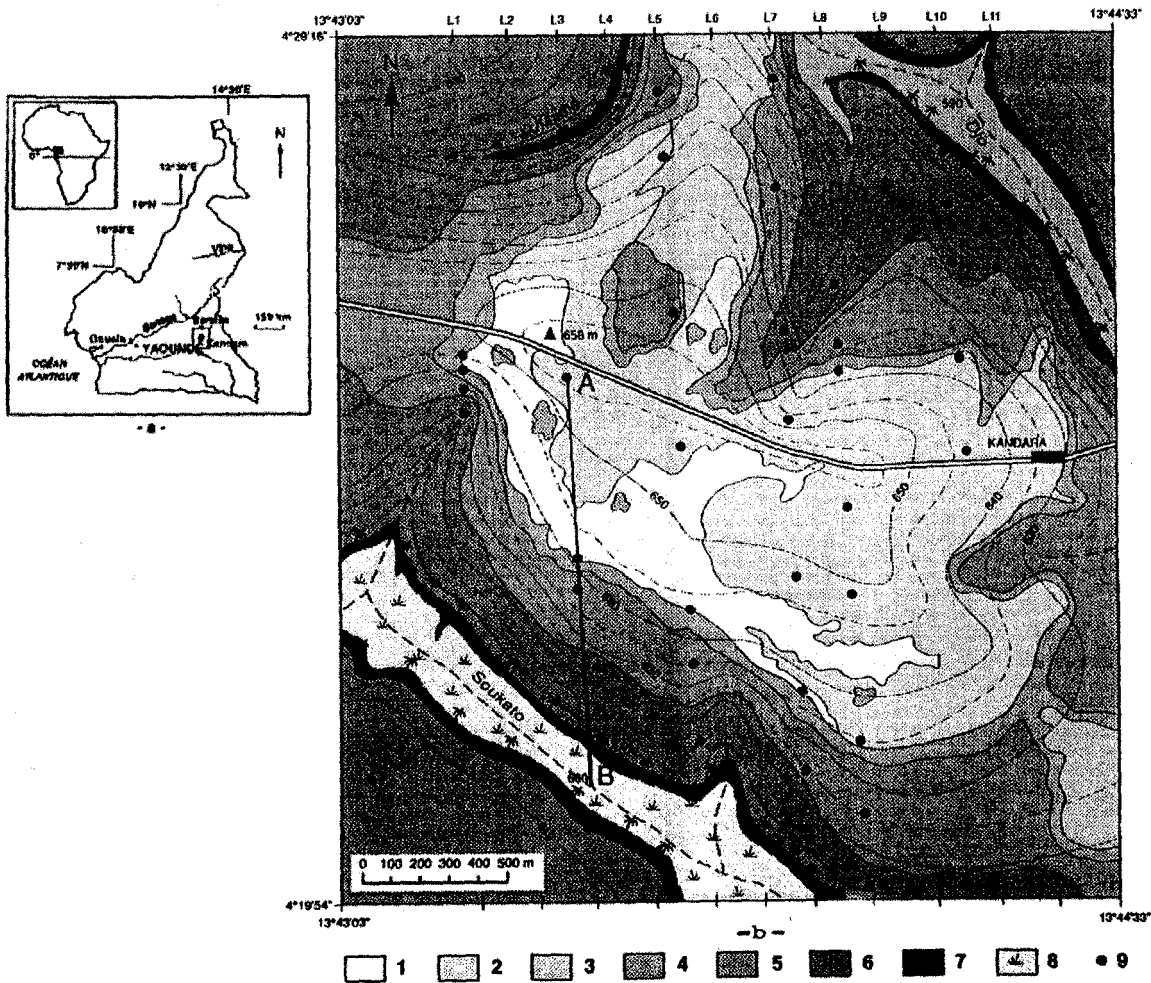


Figure 1 : Le plateau de Kandara : a- situation ; b- organisation de la couverture végétale ;
 1- savane herbacée ; 2- savane herbacée et arbustive ; 3- savane arbustive et arborée ;
 4- écotone ; 5- forêt de recrû ; 6- forêt mature ; 7- forêt marécageuse ;
 8- prairie marécageuse ; 9- puits pédologiques placés suivant les layons (L1 ...)

topographique du plateau de Kandara à grande échelle (1/10000) a permis d'y implanter avec précision une série de transects, le long desquels ont été faits tous les relevés botaniques, et les prospections pédologiques à la tarière. Des toposéquences nord-sud ont été également choisies suivant les transects, sur lesquels ont été ouvertes les fosses pédologiques. Les échantillons prélevés ont été soumis aux analyses pétrologiques classiques (descriptions macroscopiques et microscopiques, densimétrie, diffraction des rayons X, analyses ponctuelles au microscope électronique à balayage (M.E.B.) et à la microsonde électronique, analyses chimiques globales) effectuées au Centre de Recherches et d'Enseignements de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) de Marseille en France.

CARACTERISATION DU MILIEU NATUREL

Climat et morphologie

Le climat actuel de la région de Bertoua, marqué par quatre saisons, est caractérisé en moyennes annuelles par une pluviométrie de 1600 mm, une humidité relative de 80 % et une température de 24°C. Cette région s'étend sur une grande surface d'aplanissement, dite Surface Africaine I, datée de l'Eocène (Segalen, 1967), morcelée par un réseau hydrographique dense isolant de nombreux petits plateaux dissymétriques. Ce réseau est en relation directe avec les structures de la roche sous-jacente. La succession plateau/vallée est d'une grande monotonie, interrompue par la présence de dômes rocheux granitiques. Les plateaux, dont l'altitude moyenne est comprise entre 640 et 680 m, sont en général couverts de savane et d'îlots forestiers ; ils portent de vastes étendues de cuirasses ferrugineuses.

Situé dans la région de Bertoua, 300 km à l'Est de Yaoundé, le plateau étudié de Kandara est limité par deux rivières : la *Kibimé* au Nord et la *Soukato* au Sud (Fig.1) ; ces rivières se jettent dans le *Djo*, affluent de la *Doumé*, elle-même tributaire de la *Kadé*. Au Nord, les pentes sont abruptes (12%) vers la *Kibimé* qui, par de petits affluents, entaille profondément les versants du plateau, formant ainsi de profondes ravines de 15 à 20 m de profondeur sur des longueurs de plus de 100 m. Au Sud, vers la *Soukato*, les pentes sont douces (3%) jusqu'à la plaine alluviale. Les versants sont peu entaillés. Au Nord comme au Sud, les têtes d'entailles portent pour la plupart des sources. La vallée de la *Soukato*, plus large que celle de la *Kibimé*, est barrée dans sa partie aval par un seuil rocheux, qui constitue une barrière contre l'enfoncement de la rivière coulant à 600 m d'altitude. Plus étroite, la vallée de la *Kibimé* est entretenue par une rivière qui coule à une altitude proche de 590 m. Il apparaît ainsi, une dissymétrie morphologique entre la partie nord et la partie sud du plateau de Kandara.

Formations végétales

Comme dans toute la région de Bertoua, quatre principales formations végétales sont décrites sur le site de Kandara (Fig. 1).

Une savane à Imperata cylindrica occupe le sommet du plateau. Les arbustes les plus fréquents sont du genre *Albizia*. Les variations du couvert arboré permettent de différencier : i) une savane herbacée sur cuirasse ferrugineuse massive affleurante ; ii) une savane arbustive à *Albizia*, sur cuirasse recouverte par l'ensemble meuble de plateau ; iii) une savane arborée à *Albizia* plus abondants, bien développée, là où les fragments de cuirasse sont rares sinon absents. Sur ce plateau, existent d'anciennes termitières de 3 à 5 m de diamètre qui correspondent à des zones préférentielles de circulation, véritables « dolines » où, par déferruginisation, la cuirasse se fragmente. L'humidité de ces zones favorise le développement d'espèces ligneuses et donc celui de petits bosquets de savanes arborées. En bordure du plateau, la rupture de pente est marquée par un *jeune recru forestier* ou écotone, luxuriant, dynamique, au sous-bois riche en Zingiberaceae et fougères. La strate arborée est constituée d'espèces de savane et d'espèces pionnières de forêt.

Une forêt de recru à Albizia, développée sur le recouvrement meuble de versant, se caractérise par un sous-bois de Marantaceae et Zingiberaceae et par une végétation ligneuse jeune, riche en essences à croissance rapide caractéristiques des recrûs de forêt semi-décidue du Cameroun. Dans cette zone, une augmentation progressive du nombre, de la taille et du diamètre des arbres atteste d'un vieillissement du peuplement de la lisière vers la forêt mature.

Une forêt mature semi-décidue à Sterculiaceae et Ulmaceae, au sous-bois clair, riche en arbustes de type *Rinorea sp.*, est développée à mi-versant sur sols sur altérites. Elle présente une augmentation notable du nombre, du diamètre et de la taille des ligneux à croissance lente. En bas de versant, sur les sols à hydromorphie permanente, la forêt mature est remplacée par une *forêt marécageuse* à peuplement de *Raphia*

Formations géologiques du socle.

La région de Bertoua appartient à la zone mobile d'Afrique (Bessoles et Trompette, 1980). Elle est constituée essentiellement par des migmatites et des granites d'âge panafricain. Dans ces formations les principales directions de linéations minéralogiques, de filons pegmatitiques et fractures varient entre N70 et N120. Les paragenèses minérales des roches sont toujours à biotite ou à deux micas. A Kandara, la couverture latéritique provient de l'altération des roches sous-jacentes : granites calco-alcalins, porphyroïdes, à biotites et

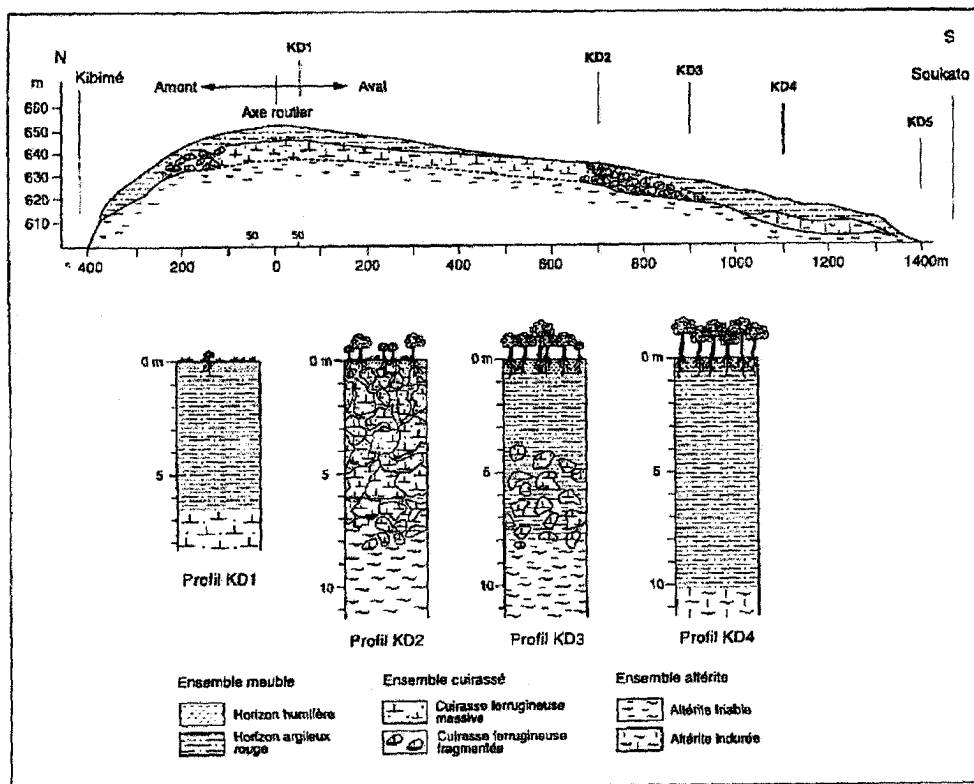


Figure 2 : Le plateau de Kandara. Organisation latérale et verticale de la couverture latéritique.

amphiboles. Sur le plan structural, ces granites sont marqués par des enclaves ferromagnésiennes, des linéations minéralogiques, des filons pegmatitiques, et des fractures dont la direction principale est N120-145, avec des pendages orientés vers l'est.

Formations superficielles latéritiques

Les formations superficielles, étudiées de façon détaillée sur le plateau de Kandara, représentatif de l'écosystème péreforestier du Sud-Est Cameroun, présentent une succession verticale et latérale de quatre ensembles (Kamgang *et al.*, 2001) (Fig. 2) bien exprimés au Sud du plateau.

Tableau 1 : Analyses chimiques globales moyennes des ensembles latéritiques (exprimées en % pondéraux d'oxydes d'éléments majeurs).

ENSEMBLES		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	H ₂ O	Total
Recouvrement meuble							
	- de plateau	47,35	25,18	9,81	1,95	12,75	97,07
	- de versant	44,05	26,23	11,26	1,98	15,24	98,76
Cuirasse							
FACIES	- fragments, nodules	28,90	21,64	32,12	1,12	13,25	97,03
SUPERIEUR	- matrice	41,41	24,55	13,51	1,53	14,34	95,34
<hr/>							
FACIES	- fragments, nodules	17,71	14,73	49,70	1,53	13,69	97,36
INFERIEUR	- matrice	35,75	25,08	21,62	1,73	14,93	98,11
Altérite							
	- altérite friable	52,97	19,90	9,96	1,84	14,22	98,89
	- altérite indurée	41,69	21,27	21,00	1,24	12,20	97,40

L'ensemble meuble de plateau, rouge homogène, poreux, à structure microagrégée, argilo-sableux, de densités apparentes et réelles de 1,44 et 2,56, repose sur la cuirasse ferrugineuse massive. Quelques nodules ferrugineux à hématite et gibbsite témoignent d'une évolution ancienne de ce recouvrement meuble. D'une épaisseur de 6 m au sommet du plateau, il s'amenuise progressivement jusqu'à disparaître, là où la cuirasse sous-jacente affleure. En saison des pluies, une nappe d'eau temporaire s'installe à sa base et génère des écoulements sur la cuirasse affleurante. Le tableau 1 présente les éléments de composition chimique exprimé en pourcentages pondéraux d'oxydes de ce matériau. La diffraction des rayons X montre qu'il est constitué de quartz (5%), silice amorphe (25%), kaolinite (50%), gibbsite (8%), hématite (8%), goëthite (2%), anatase et zircon (2%), les taux étant calculés par la méthode normative (Ekodeck et Kamgang, 2002).

L'ensemble cuirassé de plateau, ferrugineux, recouvert ou affleurant, d'une épaisseur de 5 à 8 m, s'étend largement sur le plateau. Cette cuirasse, massive, compacte, est fragmentée en bordure du plateau, où elle marque par une faible rupture de pente, le passage au versant. Elle présente deux faciès bien identifiés : le supérieur brun rouge de densités apparentes et réelles de 2,33 et 2,94 respectivement, riche en nodules à gibbsite et hématite, et l'inférieur rouge violacé, alvéolaire, avec des nodules à kaolinite et goëthite, à structure d'altérite préservée, de densités apparentes et réelles de 2,20 et 2,88.

L'ensemble meuble de versant présente les mêmes caractéristiques que celui de plateau. D'une épaisseur de 4 à 9 m, il est limité à sa base par un lit de fragments et nodules de cuirasses en continuité avec la cuirasse fragmentée. Cette disposition indique que le versant a été soumis à une érosion mécanique, avec transfert de matière à partir du sommet. A mi-versant, ce recouvrement se mélange aux matériaux développés directement à partir des altérites sous-jacentes.

L'ensemble altéritique présente en bas de versant un faciès faiblement induré, alvéolaire, surmontant un faciès friable argilo-sableux. Des résurgences permanentes au toit des altérites marquent la présence d'une nappe d'eau profonde.

Au Nord du site, il n'y a pas de traces d'affleurement de cuirasse massive. Sur les bords pentus des entailles de rivières, le sol argileux rouge repose directement sur les altérites. Fragments et nodules de cuirasses sont rares, ne se rencontrant que sporadiquement vers les hauts de versants.

INTERPRETATIONS

Genèse et évolution de la couverture latéritique.

L'étude pétrologique des différents ensembles a permis de préciser leurs relations mutuelles (Kamgang et al., 2001). Ainsi le recouvrement meuble de plateau présente, avec le faciès supérieur de la cuirasse, une continuité qui se traduit dans la présence de nodules à hématite et gibbsite, et dans la distribution des terres rares. Ce recouvrement meuble proviendrait de la dégradation par déferruginisation d'une cuirasse ancienne. Un tel mécanisme de dégradation de la partie supérieure d'un profil, et de réinduration de la partie inférieure permet un enfoncement géochimique de la cuirasse (Nahon et al., 1977) et un épaississement du profil (Boulangé, 1984). Les ferruginisations secondaires affectent d'abord le faciès supérieur de la cuirasse, puis le toit des altérites. Ainsi, il apparaît une certaine continuité structurale entre les deux faciès de cuirasse, présentant des matrices ferrugineuses à goëthite et kaolinite.

Le recouvrement meuble de versant, identique pétrologiquement à celui de plateau est en discontinuité avec les fragments de cuirasse, et les altérites sous-jacentes, et résulte apparemment d'un transfert de matière du plateau vers le versant. Le faciès inférieur de la cuirasse et l'ensemble altéritique sont en continuité et représentent les étapes de l'évolution actuelle de ces formations.

La succession verticale actuelle résulte donc d'un enfoncement géochimique du profil. Le fer sans cesse libéré à la partie supérieure se fixe dans un horizon d'accumulation sous-jacent. La dégradation à la partie supérieure de la cuirasse et l'induration à la base progressent au cours du temps. La formation de la couverture latéritique a nécessité la permanence d'une longue période tropicale humide, ce qui n'exclut pas les contrastes de sécheresse favorisant l'induration. Les périodes humides et arides se sont alors succédées et ont conduit au paysage actuel. Les plateaux étudiés dans cette région sont semblables aux surfaces décrites antérieurement dans d'autres pays d'Afrique (Lamotte et Rougerie, 1961 ; Segalen, 1967 ; Michel, 1978 ; Grandin, 1976 ; Beauvais, 1991). Ainsi, l'histoire géologique, climatologique, géomorphologique ancienne de la région génère la distribution actuelle des formations superficielles. Elle fixe des limites morphopédologiques, dont l'évolution est relativement lente au moins à l'échelle du Quaternaire, qui vont influencer la distribution phytogéographique.

Impact des facteurs contrôlant la dynamique du contact forêt-savane

Impact de la distribution des formations latéritiques et de la dynamique de l'eau

L'étude phytogéographique de la région (Kamgang, 1998)

a montré que les deux grandes structures de végétation que sont la savane et la forêt, sont divisées en unités texturales. La succession dans l'espace de ces unités est en relation directe avec les formations superficielles et la dynamique de l'eau (Guillet *et al.*, 2001). Ainsi sur le plateau, la présence d'une cuirasse massive sous le recouvrement meuble empêche la percolation de l'eau et favorise la formation saisonnière d'une nappe temporaire. C'est le domaine de la savane qui peut se développer jusqu'au stade arbustif et arboré en fonction de l'état de cette nappe. A la rupture de pente, sur la cuirasse fragmentée, les eaux de la nappe temporaire s'écoulent directement vers la nappe profonde dans les altérites. Mais, dans les fissures, persiste suffisamment d'humidité pour permettre l'installation d'un jeune recrû forestier qui reste cependant fragile lors des saisons ou des années plus sèches. Sur le haut des versants à pente douce, les fragments et les nodules de cuirasse, de même que le recouvrement meuble argilo-sableux conservent une forte porosité. Cette zone de versant est le domaine de la forêt de recrû. Sur les versants abrupts et en bas de versants à pente douce, les débris de cuirasse et le recouvrement meuble sont supprimés par l'enfoncement du réseau hydrographique. Un sol argileux se développe directement à partir des altérites, en relation avec la nappe phréatique permanente. C'est le domaine de la forêt tropicale semi-décidue mature.

L'organisation des formations superficielles, et la dynamique des eaux qui leur est attachée, contrôlent donc la distribution des unités phytogéographiques.

Impact de la géomorphologie

Les plateaux de la région de Bertoua, à l'exemple du plateau de Kandara, présentent le plus souvent une dissymétrie morphologique. Celle-ci se marque sur les bordures des plateaux qui apparaissent, sur les images aériennes et satellitaire, soit rectilignes, soit festonnées (Kamgang, 1998). Les bordures festonnées correspondent aux versants abrupts des côtés profondément entaillés à dynamique forestière accentuée. A l'inverse, les bordures rectilignes à dynamique moins exprimée correspondent aux cuirasses affleurantes et aux versants subséquents à pente douce. Durant la longue période humide Crétacé-Eocène, altération et cuirassement ont marqué le développement des profils latéritiques de cette zone. Les reliques de nodules à hématite et gibbsite témoignent que ce cuirassement, comme en d'autres parties du continent, était bauxitique. Ces mécanismes ont conduit, par enfoncement géochimique, à l'aplanissement du sommet pour l'amener à peu près à sa forme actuelle de plateau. Ce climat en permanence humide a pu s'étendre jusqu'au Mio-Pliocène. Puis se seraient succédées des périodes arides et humides au cours desquelles s'est établie la dissymétrie morphologique

observée sur les plateaux de la région. L'étude du site de Kandara montre que la transgression de la forêt sur la savane est plus importante sur les versants abrupts des côtés profondément entaillés du plateau. Ainsi, au Sud du site, la zonalité phytogéographique est moins mobile qu'au Nord. Cette mobilité n'est cependant pas instantanée et est une des conséquences de l'enfoncement du réseau et du recul du versant qui auraient débuté au Mio-Pliocène.

La morphologie, agissant sur la distribution des formations superficielles, est donc un facteur déterminant de la dynamique du contact forêt-savane.

Impact de la géologie

Le modelé du relief dépend des entailles dont le degré d'enfoncement et l'orientation seront contrôlés par la nature et la structure du socle rocheux. En effet, on peut constater que le réseau hydrographique en zone de forêt s'inscrit suivant trois directions qui font partie des directions de l'orogénèse panafricaine. L'orientation principale est E-W et les deux orientations secondaires sont SE-NW et SW-NE. La fracturation des roches a permis la pénétration de l'altération. Sur les épaisses formations latéritiques, un réseau hydrographique s'est formé indépendamment de la structure du socle. Lors de son enfoncement, le réseau a repris ses directions initiales, isolant les plateaux reliques de la surface africaine. Le dégagement local de seuils rocheux va commander l'enfoncement différentiel du réseau. L'influence du socle rocheux ne paraît pas limitée uniquement à la dissymétrie géomorphologique. Sur le plateau, en zone de savane, des taches sombres de savane arborée sont alignées le long des bordures sud et est. Leur observation sur le terrain a montré qu'elles correspondaient à de légères dépressions. Ces taches, rattachées à des zones préférentielles d'humidité, se situent en général dans l'alignement des têtes d'entailles, orientées suivant les structures du socle. Il apparaît que les fractures du socle constituent toujours des zones préférentielles de circulation des eaux. Ainsi, la structure du socle, orientant et commandant l'enfoncement du réseau, et les directions de circulation des eaux, influe sur la morphologie du plateau, de même que sur l'évolution des formations superficielles. A l'échelle des temps géologiques, la structure du socle est donc un facteur qui influera sur le contact forêt-savane.

Impact des variations climatiques

Au cours des temps géologiques, à partir du continent gondwanien, le continent africain a été soumis à un lent mouvement de rotation, entraînant un déplacement de la zone intertropicale. C'est à partir de l'étude de ce déplacement qu'ont pu être retracés les grands épisodes climatiques de l'Afrique, du Jurassique au Quaternaire

Tableau 2 : Synthèse des variations climatiques d'Afrique Centrale au Quaternaire récent.

Grandes Coupures Climatiques	Subdivisions en ans B.P.	Site de référence	Faits caractéristiques
Actuel. Période humide 2 000 ans B.P.	Période humide	Afrique Centrale	Accroissement des précipitations, extension des forêts, Régression des savanes.
Période sèche 4 000 ans B.P.	-- 3 000 Période sèche	Afrique Centrale Afrique Orientale	Régression de la forêt Expansion des savanes.
Période Humide	Période transitoire -- 4 500..... -- 6 000 Période -- 8 000 humide -- 9 000..... --10 000 Période Lac Simnda (Congo) Plateau Batéké Lac Barombi Mbo Lac Bosumtwi Augmentation des précipitations et du niveau d'eau des lacs, reforestation intense. Régression des savanes. Dislocation du massif
11 000 ans B.P. Période Sèche	--12 000 transitoire --13 000..... --14 000 Période --16 000 sèche --18 000 --19 000..... --20 000 Période	Niayes (Sénégal) Plateau Batéké Lac Bosumtwi (Ghana) Lac Barombi Mbo Afrique équatoriale Atlantique	forestier. Baisse des précipitations et du niveau d'eau des lacs Expansion des savanes Régression de la forêt. Augmentation du niveau
22 000 ans B.P. Période Humide	--24 000 transitoire --25 000..... --26 000 Période --28 000 --30 000 --32 000 humide --34 000 --36 000 --38 000	Lac Barombi Mbo (Cameroun) Plateau Batéké (Congo) Lac Tchad	d'eau des lacs Recrudescence forestière. Accroissement de la pluvio- Métrie.
40 000 ans B.P.			

(Parrish *et al.*, 1982). Au Jurassique supérieur, lors de l'ouverture de l'Atlantique sud, le continent africain entreprend une rotation progressive vers le Nord, et l'Equateur descend donc vers le Sud, puis du Crétacé à l'Eocène, prend progressivement sa position actuelle. La zone de climats tropicaux chauds et humides va donc s'étendre et gagner graduellement le Cameroun. La permanence de ces conditions climatiques durant une longue période pouvant s'étendre jusqu'au Miocène, favorisera le développement de grands aplanissements géochimiques que sont la Surface Africaine (Lamotte et Rougerie, 1961), ou Surface Bauxitique (Boulangé, 1984), la Surface Intermédiaire (Grandin, 1976). Vers le Mio-Pliocène, les climats humides tendent vers les climats arides. Ce passage accompagne les glaciations des zones antarctiques (Mercier, 1983). La végétation s'amenuise. L'érosion mécanique devient plus intense. Les surfaces précédentes sont partiellement détruites et leurs débris étendus sur de vastes glacis pédimentaires. Au Cameroun, le climat reste sous l'influence de l'Equateur. Dans la région de Bertoua, si les ensembles meubles et les cuirasses de plateau, sur leurs épaisses altérites, sont les restes de la longue période Crétacé-Eocène, les épandages du versant sud du plateau de Kandara et ceux observés çà et là dans le paysage en dehors de ce site, correspondraient à cette période aride Mio-Pliocène. Ces grands épisodes climatiques anciens ont donc marqué, dans cette région, l'évolution morphopédologique dont dépend la distribution de la végétation. Le tableau 2 synthétise les coupures climatiques en tenant compte de certaines références (Servant et Servant Vildary, 1980; Lezine, 1987; Maley, 1987, 1996; Deschamps *et al.*, 1988; Elenga, 1992; Vincens *et al.*, 1994; Schwartz *et al.*, 1996; Reynaud Farrera *et al.*, 1996). On peut donc considérer dans les derniers 40 000 ans B.P., la succession de cinq périodes alternativement humides et sèches. Cependant, les récurrences arides furent trop courtes pour s'inscrire dans les formations latéritiques et marquer la morphologie. Néanmoins, cette variation a influé sur la végétation, c'est-à-dire sur les alternances forêt-savane. Le climat actuel présente suffisamment de variations dans la pluviométrie et dans l'alternance de saisons ou d'années plus humides et plus sèches pour affecter le contact forêt-savane. L'impact de ce climat sur la végétation est accentué par l'action anthropique. Ainsi, en période sèche, la savane dépérit et les feux de brousse peuvent la ramener à son point initial de savane herbacée. Ces brûlis peuvent même, dans le cas de sécheresse extrême, toucher le recru forestier jeune de la zone de transition.

Les cultures sont faites principalement à l'amont des pentes abruptes de versant. C'est là la zone de savane arborée, plus fertile, plus humide, plus facile à défricher. Mais cette action anthropique peut réduire dans ce secteur l'avancée lente et permanente de la forêt liée à

l'érosion du versant.

CONCLUSION

La région périforestière du Sud-Est Cameroun est développée sur une couverture latéritique comprenant plusieurs ensembles dont la distribution spatiale détermine des limites morphopédologiques marquées par un changement d'unité de végétation. Son climat actuel est de type tropical humide. Les résultats des travaux effectués sur le terrain (levées topographiques, relevés botaniques, études morphopédologiques) complétés par ceux obtenus en laboratoires (traitements d'images et analyses pétrologiques classiques) ont montré que la zone périforestière est le siège d'une remarquable dynamique conduisant par endroits à une transgression de la forêt sur la savane. Celle-ci est commandée par des facteurs déterminant et ses limites demeurent morphopédologiques. Quatre facteurs apparaissent alors étroitement liés : la nature et la distribution des formations superficielles, la dynamique de l'eau, l'évolution géomorphologique du paysage et la structure géologique du socle rocheux. Les données climatiques d'Afrique Centrale au Quaternaire récent présentent manifestement une grande disparité quant à la circonscription dans le temps des inversions climatiques. Cela est dû vraisemblablement aux critères utilisés par les auteurs. Afin d'harmoniser ces données, nous proposons une nouvelle subdivision en intercalant des périodes transitoires entre les périodes franchement sèches et les périodes franchement humides (tableau 2). Le climat tropical humide est permanent depuis au moins 2000 ans B.P. dans cette région du Sud-Est Cameroun. Ainsi, les variations climatiques saisonnières, annuelles, décennales, cinquantennaires ou centenaires, accrues par les facteurs anthropiques, affectent les limites phytogéographiques, mais les périodes arides n'ont jamais été suffisamment longues pour s'inscrire dans le paysage. La forêt reprend toujours ses droits et revient sur les limites morphopédologiques fixées dans l'espace et dans le temps.

Remerciements

La réalisation de ce travail a été possible grâce au concours financier du programme ECOFIT (IRD-CNRS-CEA).

REFERENCES

- BEAUVAIS, A., 1991. Paléoclimats et dynamique d'un paysage cuirassé de Centrafrique : morphologie, pétrologie et géochimie. Thèse Doctorat Université de Poitiers.
- BESSELES, B., TROMPETTE, R., 1980. Géologie de l'Afrique. La chaîne panafricaine, «zone mobile d'Afrique

Centrale (partie sud) et zone mobile soudanaise». Mémoire Bureau Recherches Géologiques et Minières France, 92.

BOULANGÉ, B., 1984. Les formations bauxitiques latéritiques de Côte d'Ivoire. Les faciès, leur transformation, leur distribution et l'évolution du modelé. Travaux et Documents ORSTOM, Paris, 175.

DESCHAMPS, R., LANFRANCHI, R., LE COCQ, A., SCHWARTZ, D., 1988. Contribution à l'évolution des environnements Quaternaires en R. P. du Congo par l'étude de macrofossiles végétaux. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 66, 1, 33-44.

EKODECK GE et KABEYENE BEYALA KAMGANG, 2002. *L'altérologie normative et ses applications : une expression particulière des roches aluminosilicatées du point de vue de leur évolution supérogène*. Collection Connaissances de... Ed. Presses Universitaires de Yaoundé. 231p.

ELENGA, H., 1992. Végétation et climat du Congo depuis 24000 ans B.P. Analyse palynologique de séquences sédimentaires du pays Batéké et du littoral. Thèse Doctorat Université Aix-Marseille III.

GRANDIN, G., 1976. Aplatissements cuirassés et enrichissements des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'Ouest. Mémoire ORSTOM, Paris, 82.

GUILLET B, G ACHOUNDONG, J. YOUTA HAPPI, V KAMGANG KABEYENE BEYALA, J BONVALLOT, B RIERA, A MARIOTTI AND D SCHWARTZ 2001 Agreement between floristic and soil organic carbon isotope ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, ^{14}C) indicators of forest invasion of savannas during the last century in Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*, 17, 809 – 832.

KAMGANG KABEYENE BEYALA, V., 1998. Evolution supérogène des roches et incidences phytogéographiques : cas du contact forêt-savane du Sud-Est Cameroun. Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université de Yaoundé I.

KAMGANG KABEYENE BEYALA V, EKODECK GE, NJILAH I. KONFOR 2001 Evolution géochimique des formations latéritiques dans l'écosystème périforestier du Sud-Est Cameroun : le site de Kandara. *African Journal of Sciences and Technology (AJST)*, 2(1), 19 – 32.

LAMOTTE, M., ROUGERIE, G., 1961. Les niveaux d'érosion intérieure dans l'Ouest Africain. *Recherches Africaines*, Conakry, 4, 51-70.

LETOUZEY, R., 1968. Etude phytogéographique du Cameroun. Ed. P. Lechevalier, Paris.

LEZINE, A. M., 1987. Paléoenvironnements végétaux d'Afrique Nord-Tropical depuis 12000 ans B.P. Analyse pollinique de séries sédimentaires continentales (Sénégal-

Mauritanie). Thèse Université Aix-Marseille III.

MALEY, J., 1987. Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire récent : nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques et biogéographiques. *Palaeoecology Africa*, 18, 307-334.

MALEY, J., 1996. Fluctuations majeures de la forêt dense humide africaine au cours des vingt derniers millénaires. In : «L'alimentation en forêt tropicale ; interactions bioculturelles et perspectives de développement». Ed. UNESCO/CNRS/ORSTOM, Paris, 31-52.

MERCIER, J. H., 1983. Cenozoic glaciation in the southern hemisphere. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 11, 99-132.

MICHEL, P., 1978. Cuirasses bauxitiques et ferrugineuses d'Afrique Occidentale. Aperçu chronologique. In : Travaux et Documents, Géographie Tropicale CEGET, Bordeaux, 33, 11-32

NAHON, D., MILLOT, G., 1977. Géochimie de la surface et formes du relief V. Enfoncement géochimique des cuirasses ferrugineuses par épigénie du manteau d'altération des roches mères gréseuses. Influence sur le paysage. *Bulletin Sciences Géologiques, Strasbourg*, 30, 4, 275-282.

Parrish, J. J., Ziegler, A. M., Slotese, C. R., 1982. Rainfall patterns and the distribution of coals and evaporites of the Mesozoic and Cenozoic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 40, 67-101.

REYNAUD FARRERA, I., MALEY, J., WIRRMANN, D., 1996. Végétation et climat dans les forêts du Sud-Ouest Cameroun depuis 4770 ans B.P. Analyse pollinique des sédiments du Lac Ossa. *Comptes Rendus Académie des Sciences, Paris*, 322, IIa, 749-755.

SCHWARTZ, D., DE FORESTA, H., MARIOTTI, A., BALESDENT, J., MASSIMBA, J.P., GRANDIN, C., 1996. Present dynamics of the savanna-forest boundary in the congolese Mayombe : a pedological, botanical and isotopic ^{13}C and ^{14}C study. *Oecology*, 106, 516-524

SEGALEN, P., 1967. Les sols et la géomorphologie du Cameroun. *Cahiers ORSTOM. série Pédologie*, V, 2, 137-187.

SERVANT, M., SERVANT VILDARY, S., 1980. L'environnement Quaternaire du bassin du Tchad. In: *The Sahara and the Nile*. Williams, M. A. J., Faure H. eds., A. A. Balkema, Rotterdam, 133-162.

VINCENS, A., BUCHET, G., ELENGA, H., FOURNIER, M., MARTIN, L., DE NAMUR, C., SCHWARTZ, D., SERVANT, M., WIRRMANN, D., 1994. Changement majeur de la végétation du Lac Sinnda (vallée du Niari, Sud Congo) consécutif

à l'assèchement climatique holocène supérieur : apport de la palynologie. *Comptes Rendus Académie des Sciences, Paris*, 318, II, 1521-1526.

VINCENS, A., DUBOIS, M.A., GUILLET, B., ACHOUNDONG, G., BUCHET, G., Beyala Kabeyene

KAMGANG V., DENAMUR C., RIERA B., 2000. Pollen rain-vegetation relationships along a forest-savanna transect in Southern Cameroon. *Rev. Palaeobotany and Palynology*. 110, 191 – 208.

Received: 08/04/02

Accepted: 10/10/02