

L'érosion en cirques dans la région côtière du Congo

Léonard SITOU et Jean TCHICAYA

Résumé

Plusieurs observations de terrain et analyses de sédiments permettent aujourd'hui de rapporter la formation des cirques d'érosion, dans la région côtière du Congo, à la fin du Quaternaire. L'écoulement des eaux à la surface est l'agent principal de la formation de ces excavations. Leur évolution actuelle se fait par affaissements successifs et par érosion régressive. La circulation de l'eau est favorisée par plusieurs variables, parmi lesquelles le faible recouvrement du sol par la végétation, dont le travail de l'homme est partiellement responsable.

Abstract

Several field works and sedimentary analyses in the coastal area of the Congo reveal that its amphitheatres ("cirques d'érosion") date back to the end of the Quaternary. Surface run-off is the main erosion process which produces these cirques. Nowadays they are changing because of collapses and backward erosion. Water run-off is controlled by several parameters, including poor vegetation cover for which human action has some liability.

I. INTRODUCTION

Le Congo s'ouvre au sud-ouest sur une façade maritime d'environ 17 000 km², soit environ 5 % de la superficie totale du pays. Cette région est isolée de l'intérieur par le massif montagneux du Mayombe. Elle présente une diversité de formes qu'on peut résumer en trois types de modelés qui sont, d'est en ouest :

- un modelé de collines qui forme au pied de la montagne un plateau très découpé;
- une zone de plateaux moins tourmentés mais assez ondulés et localement découpés, par endroits, par de profondes vallées;
- une frange littorale composée d'une série de cordons sableux parallèles au rivage, séparés les uns des autres par de longues dépressions où se développent des étangs lagunaires et des marécages colonisés parfois par les papyrus et une mangrove plus ou moins dense.

Les plateaux et le littoral sont séparés par un talus à profil redressé dont la hauteur varie entre 60 et 100 m. De cet accident topographique remarquable partent plusieurs petits cours d'eau qui, aidés par le ruissellement, ont taillé un modelé très complexe de cirques à parois escarpées et aux contours irréguliers.

Bien qu'ils aient été cités dans de nombreux travaux de recherches (RIQUIER, 1966; VENNETIER, 1968; PEYROT, 1983), les cirques de cette région n'ont pas encore fait l'objet d'une étude systématique.

Le présent article traite des aspects de la dynamique

actuelle de ces cirques. Il essaie de décrire les conditions et les processus de leur formation ainsi que leur évolution actuelle.

Les observations sont limitées ici à la région de Diosso, c'est-à-dire à la région qui s'étend au nord et nord-est de Pointe-Noire jusqu'au fleuve Kouilou (Fig. 1). Ce secteur connaît un développement spectaculaire des cirques et, contrairement à ce qu'on observe ailleurs, ces cirques restent encore actifs. Certains ont cessé d'évoluer parce qu'ils sont colonisés par la forêt mais cette stabilité reste cependant précaire à cause de la destruction continue du couvert forestier protecteur par l'homme.

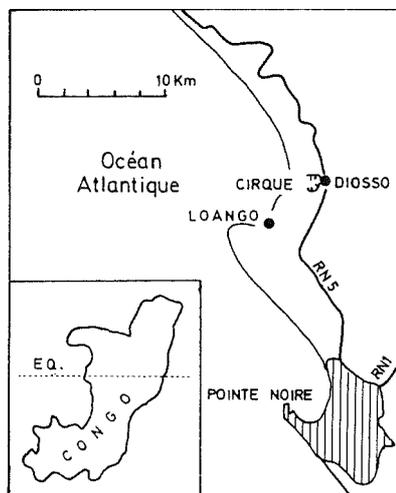


Figure 1
Croquis de localisation

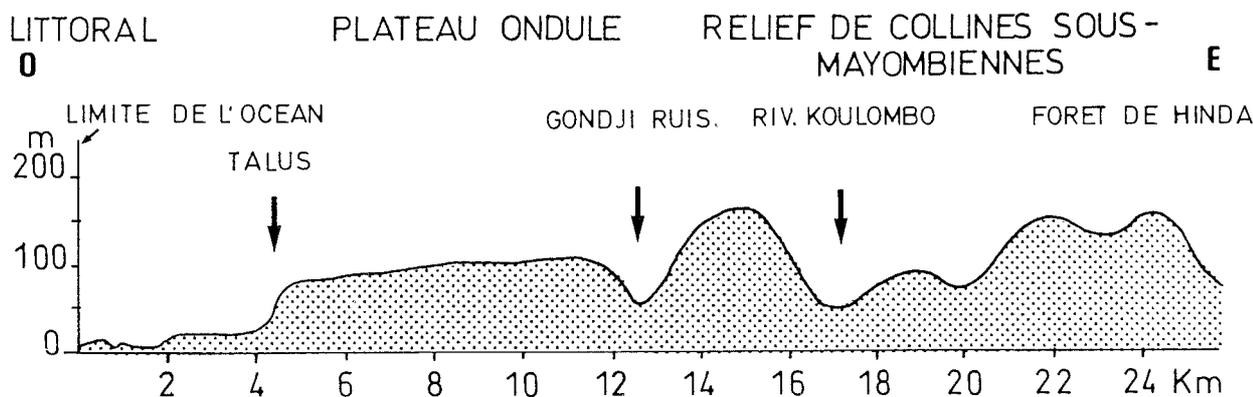


Figure 2 : Coupe du relief du bassin côtier.

II. LES PAYSAGES DU BASSIN CÔTIER

A. Le cadre géologique

Le socle précambrien est constitué essentiellement de roches éruptives, métamorphiques et volcaniques. Il est surmonté par des sédiments crétacés dont l'épaisseur varie entre 3 500 et 4 000 m et qui vont du Néocomien à l'Albien. Celui-ci est composé de bas en haut :

- de sédiments grossiers suivis d'éléments fins (brèches, conglomérats, grès grossiers, grès fins, etc.);
- de dépôts palustres et lacustres (argiles et grès fins organiques, végétaux);
- de dépôts évaporitiques;
- de dépôts marins interrompus par des épisodes plus continentaux (grès, argile noire).

Les formations du Crétacé sont surmontées par 100 à 200 m de sédiments apparentés à la série dite des cirques, dénomination retenue du fait que des cirques d'érosion s'y sont creusés. Il s'agit d'un ensemble sédimentaire qui, dans le secteur étudié, comprend de haut en bas :

- une couverture de coloration gris jaunâtre à ocre jaune, sableuse à sablo-argileuse, renfermant de 70 à 95 % de sables assez fins, et dont l'épaisseur varie entre 3 et 10 mètres. L'étude morphoscopique des grains de cette couverture indique une origine éolienne (nombreux impacts de choc en V et en croissant), avec remaniement hydrique indiqué par une usure prononcée des bords de ces impacts éoliens. La granulométrie des sables de ce niveau présente une grande homogénéité. Les grains sont assez fins et bien classés avec un mode compris entre 0,1 et 0,2 mm.
- un horizon cuirassé dont l'épaisseur varie de quelques dizaines de centimètres à un peu plus d'un mètre et qui, partout où il est possible de l'observer en coupe, épouse approximativement la surface topographique. Dans les cirques de Diosso, il est constitué d'un ensemble d'éléments grossiers (galets, graviers) liés par un ciment sablo-ferrugineux induré.

- une succession de strates d'épaisseur variable et de texture tantôt sablo-argileuse tantôt argilo-sableuse. Les bancs sableux sont plus épais et ont des proportions de sable variant entre 70 et 94 % tandis que les couches argilo-sableuses atteignent jusqu'à 65 % de particules inférieures à 50 microns.

L'étude stratigraphique de l'ensemble des couches sous-jacentes à la cuirasse indique une sédimentation continentale d'origine fluvio-lacustre avec des arrêts dans le processus de dépôt. La morphoscopie des quartz montre, sur un cortège assez important de particules, un façonnement éolien que les actions postérieures de l'eau n'ont pu effacer entièrement.

La série des cirques, d'après PEYROT (1983), est un vaste épandage recouvrant le Crétacé, dans un milieu lagunaire ou fluvial suivi d'une alternance de périodes de pédogenèse et d'érosion hydrique et/ou éolienne. L'étude des minéraux argileux aux rayons X, effectuée par MASSENGO (1970) au Laboratoire de Bordeaux puis par nous-mêmes à l'Institut de Géologie de Strasbourg, révèle une teneur en kaolinite assez importante dans ces formations. La kaolinite est un minéral argileux caractéristique de la sédimentation détritique de bordure. Une phase argileuse kaolinique dominante est la conséquence d'une alimentation particulaire dominante.

L'âge de la série des cirques fait encore l'objet d'investigations mais les dernières conclusions des géologues lui attribuent un âge néogène (PEYROT, 1983).

B. Le modelé

A partir du relief en cloisons allongées de la retombée occidentale du Mayombe, on distingue un étagement de modelés successifs (Fig. 2).

Les collines pré- ou sous-mayombiennes culminent à environ 175 m. Elles forment un plateau très découpé par un réseau assez dense de rivières qui descendent du Mayombe. Disposées dans un désordre total, ces collines plus ou moins massives sont très boisées.

Les plateaux ondulés qui s'étendent à perte de vue à l'ouest des collines culminent à 130 m environ d'altitude. Ils sont traversés d'est en ouest par trois grandes vallées autour desquelles se greffe un réseau de petites et assez profondes vallées sèches ou humides. Ce sont les vallées de la Noubi au nord, du Kouilou au centre et de la Loemé au sud. Sur ces plateaux pousse une mosaïque forêt-savane dominée jusqu'au début des années 80 par la savane classique à *Hyparrhenia diplandra* et *Annona arenarie*. La savane classique est restée jusque-là le type de végétation dominant avec environ 100 000 ha dans l'ensemble de la région. Aujourd'hui, elle est progressivement remplacée par une forêt de pins et d'eucalyptus introduite depuis une décennie et occupant actuellement plus de 30 000 ha.

Le fond des vallées humides et des cirques d'érosion est occupé par une forêt-galerie. Celle-ci a acquis une certaine maturité dans des zones impropres à l'agriculture (aires caillouteuses, surfaces trop pentues) et dans des secteurs peu habités. Elle forme dans ces endroits deux à trois strates dont la plus haute peut atteindre et dépasser 50 mètres; elle prend des allures de forêt primaire avec notamment un sous-bois très aéré et pauvre en espèces.

Les cordons littoraux sont disposés en deux ou trois séries parallèles les unes aux autres. La première série, la plus proche du trait de côte et la plus récente, culmine à 10 mètres environ; la suivante à 15 mètres et la dernière à 21 mètres. Ces lourdes ondulations allongées sont recouvertes par le fourré littoral à *Manilkara lacera*, arbre de petite taille extrêmement branchu, à l'écorce crevassée et au réseau très serré de racines qui couvrent densément les horizons superficiels du sable.

La chronologie de l'acquisition de ce modelé n'est pas encore bien établie. GIRESE (1981) voit dans cet étalement une succession de surfaces d'érosion dont la plus vieille serait fin-tertiaire et les autres quaternaires. Dans le bas Zaïre, MORTELMANS et MONTEYNE (1962) ont pu déceler dans ce modelé quatre surfaces d'érosion successives constituées en seulement 60 000 ans, toutes au Quaternaire. L'enfoncement des cours d'eau, qui est à l'origine du réseau de vallées, est resté sous l'influence des fluctuations eustatiques antérieures au début du Würm ou peut-être plus anciennes.

Le climat, dans ses variations, a connu des périodes plus sèches qui ont laissé des empreintes dans les vallées qui descendent du Mayombe. Il s'agit de nombreux indices de variations du tracé de l'écoulement qui sont les témoins de fréquents changements du débit des cours d'eau (GIRESE, 1978, 1981). Plusieurs régressions se sont sans doute succédées dans la région pour arriver à ce résultat. La plus importante connue au Congo, celle de 18 000 ans B.P., qui a laissé des traces datées sous les sédiments quaternaires actuels, est contemporaine d'un climat moins humide que l'actuel, conséquence de la remontée vers l'équateur des eaux froides du courant de Benguela (VAN ZINDEREN BAKKER, 1967). Sur le lit-

toral, le courant de Benguela a été à l'origine de l'installation d'un régime d'alizés secs qui a édifié le système de cordons sableux parallèles au rivage.

Le talus qui sépare le littoral des plateaux peut être attribué à une faille sensiblement parallèle au trait de côte, comme le pense GIRESE (1981). En effet, selon cet auteur, cet escarpement liminaire ne peut être attribué à un ancien niveau marin. Les hypothèses émises par PEYROT (1983), qui fait de cette dénivellation une ancienne falaise côtière, restent à vérifier.

D'une ampleur considérable, les cirques contrastent nettement avec l'indigence actuelle de l'érosion à la surface des plateaux et posent le problème de leur genèse et celui de leur dynamique actuelle.

III. LES CIRQUES D'ÉROSION

A. Leur genèse

Le creusement des cirques d'érosion dans les bassins côtiers d'Afrique occidentale a été incontestablement influencé par les variations climatiques du Quaternaire.

Dans l'état actuel de nos connaissances, quatre phases climatiques ont affecté l'Afrique centrale (Tabl. 1).

La dernière phase, la plus étudiée, est le *Kibanguien*. Elle commence vers 12 000 ans B.P. et est globalement humide, avec un maximum d'humidité situé vers 8 000 ans B.P., accompagnée d'un important développement forestier dans les vallées creusées au début du retour des pluies. C'est à cette période qu'il faut rapporter l'une des générations de cirques et de vallons figés, encore visibles sur ces plateaux côtiers. Le maximum pluviométrique s'est accompagné d'une pulsation positive du niveau marin, la transgression holocène qui favorisa l'installation de la mangrove. L'expansion du couvert forestier qui s'ensuit, dans les dépressions et sur les versants, limite l'érosion le long des lignes d'écoulement permanent.

A partir de 4 000 — 3 000 ans B.P. commence une phase de détérioration climatique qui conduit progressivement à la dégradation et au recul du couvert forestier, mettant ainsi les versants à la merci de l'érosion dans le cas où se présenterait une réhumidification brusque. La dégradation de la forêt est accélérée par l'action anthropique d'une population sans doute plus nombreuse durant les deux derniers millénaires (LANFRANCHI et SCHWARTZ, 1986). Les analyses de sédiments tant continentaux que marins confirment ces faits (CARATINI et GIRESE, 1979). Dès 12 000 ans B.P., en effet, on note une diminution des pollens de savanes (2 %), une augmentation des pollens de forêt (41 à 64 %) et de mangroves (29 à 38 %). A partir de 3 000 ans B.P., les pollens de savanes tendent à nouveau à augmenter.

De ce fait, la reprise de l'érosion linéaire, responsable du creusement de la génération actuelle des cirques, est à rapporter à la fin du Kibanguien, au début de la période actuelle, c'est-à-dire vers 500 ans B.P. Cette phase de

| Chronologie | Tendance climatique (-humide aride) | Principaux événements du littoral |
|--|--|---|
| Subactuel 500 B.P. ? | | Niveau actuel influence anthropique |
| B Kibanguien A 12 000 B.P. | humide | Battement négatif Transgression holocène Mangrove. Pollen de forêt Vitesse de sédimentation |
| C Léopold- villien B 30 000 A | aride 18 000 | Régression marine - 120 m ogolien - cordons dunaires - lagunes Disparition de la mangrove ; savane ; spores de ptéviolophytes |
| Njilien 40 000 | humide | Transgression marine (Inchirien) Mangroves pollens forestiers |
| Malukien | (semi)aride | Régression marine pré-Inchirien |

Tableau 1 : Essai de synthèse paléogéographique et paléoclimatique du littoral du Congo – LANFRANCHI, R. et SCHWARTZ, D. (1986).

creusement linéaire a dû être déclenchée par l'abaissement du niveau marin.

Cette interprétation s'appuie sur plusieurs observations de terrain et sur une étude récente de SCHWARTZ (1990) concernant les sédiments du littoral. En effet, le littoral de la baie de Laongo est constitué dans sa partie nord (à l'exutoire des gorges de Diosso) d'un épandage sablo-argileux épais de 2 à 7 mètres (Photo 1). Ces sédiments, qui sont les produits du creusement des cirques, reposent sur une formation où se mélangent des sables, des argiles et des débris végétaux assez grossiers. A certains endroits, ce niveau est constitué par les restes d'une forêt en place. Les datations au ^{14}C , faites par SCHWARTZ sur ces restes végétaux, ont donné à plusieurs reprises un âge de plus ou moins 500 ans B.P. En plusieurs endroits, ce niveau repose à son tour sur un sable identifié comme sable de plage (grâce aux analyses morphoscopiques), vestige de la plaine post-kibanguienne édifée après la petite régression fini-kibanguienne. Cette plage a dû évoluer sous forme de littoral fait de marécages, de zones boisées, d'étendues sablonneuses occupées par une mince végétation littorale. La fossilisation de ce paysage

par les produits de l'érosion du cirque de Diosso s'est faite d'abord à travers une sédimentation lacustre, alimentée par de petits ruisseaux dont l'accès vers la mer devait être gêné de temps en temps par un cordon mobile.

Avec l'intensification des pluies, et par conséquent de l'érosion des cirques, plusieurs types de dépôts ont alterné. En effet, on observe, dans les formations de cette coupe, une succession de dépôts de type laves torrentielles reconnaissables par leur structure entrecroisée. Ils sont caractérisés par un aspect chaotique des matériaux sablo-argileux, mélangés parfois à des éléments plus grossiers (galets, graviers, petits blocs de cuirasse), de sédiments fins déposés par excès de charge dans un écoulement en nappe, et de dépôts argileux résultant d'une sédimentation par décantation.

La superposition de ces différentes strates témoigne d'une alternance de périodes de ralentissement et d'accélération de l'érosion. Quelques moments d'arrêt dans les processus érosifs sont indiqués par de minces couches de sols (au sens pédologique du terme). Ces moments ne peuvent être interprétés comme des périodes de véritables

changements climatiques. Ils pourraient plutôt être comparés dans les années actuelles à la période 1958 à 1978, au cours de laquelle on a reçu moins de 500 mm de hauteur de pluie dans les stations météorologiques proches du littoral, alors que la moyenne annuelle est de 1 250 mm environ. De telles périodes ont sans doute provoqué une baisse de la nappe aquifère, étant entendu que la moyenne pluviométrique annuelle devait être plus grande que celle qui prévaut à l'heure actuelle. Cette réduction bien limitée dans le temps n'a pas annulé complètement les processus de dépôts qui affichent une continuité dans la coupe.

Le creusement du cirque de Diosso a sans doute été un processus court et brutal. Une végétation forestière largement réduite à la fois par la sécheresse fin-kibanguienne et par l'action anthropique, des formations meubles dont la structure des horizons superficiels a été affaiblie par la même sécheresse, une surface déjà ondulée et un retour brusque des pluies abondantes et violentes sont sans doute les conditions qui ont présidé à la rapidité du creusement de ces excavations. L'existence des talwegs et la présence de surfaces inclinées ont été déterminantes. La reconquête forestière, liée à l'installation progressive d'un climat humide, a contribué à la stabilisation progressive du milieu. La réduction de l'action de l'érosion a été aidée par le retour de la ligne de rivage au niveau actuel, ce qui a permis aux cours d'eau d'atteindre leur profil d'équilibre.

La forêt qui se trouve au débouché et dans le cirque de Diosso témoigne, avec ses arbres séculaires, d'une maturité certaine qui nous pousse à lui attribuer un âge de plusieurs siècles. Ceci réduit la durée de l'édification initiale des cirques, si on admet 500 ans comme point de départ de leur creusement.

Aujourd'hui, la dynamique érosive dans ces excavations est localisée le long des parois non colonisées par la végétation, c'est-à-dire sur les parois souvent léchées par les eaux d'écoulement et sur les surfaces pentues (faiblement couvertes par la végétation). L'entretien actuel de cette érosion dans ces cirques est lié à une réhumidification du climat au cours de ces derniers siècles et à des conditions locales après la sécheresse fin-kibanguienne.

B. Les formes actuelles

Entre la vallée du Kouilou au nord et la ville de Pointe-Noire au sud, s'étend d'est en ouest une ligne de partage des eaux axée sur Diosso. Elle délimite deux réseaux de vallées, l'un dirigé vers le sud en direction du littoral de Pointe-Noire, l'autre vers le nord-ouest en direction de la plaine alluviale du Kouilou. Ces vallées ont en général des versants à profil convexe-concave. La convexité sommitale et la concavité basale sont séparées par une rupture de pente. C'est à partir de cette ligne d'inflexion et du talus qui sépare les plateaux de la frange litto-

rale que se sont creusés les cirques qui ont donné leur nom à l'étage géologique où ils se sont développés. De manière générale, il s'agit d'excavations plus ou moins grandes, aux parois bordières très escarpées. Les plus spectaculaires s'ouvrent entre Loango et Tchissanga, face à l'océan Atlantique. Dans ce secteur, il existe un foisonnement impressionnant de cirques de toutes tailles et de toutes formes. Cette diversité rend complexe la recherche d'un fil conducteur quant à l'évolution de ces cirques.

Deux critères peuvent cependant permettre une étude typologique de ces cirques. Il s'agit de la fraîcheur des formes d'une part, de leurs types d'évolution d'autre part. Le premier critère permet de distinguer les cirques actifs des cirques figés. Le cirque actif se caractérise par une dynamique qui se manifeste par la vigueur et l'agressivité des formes en saillie. Il évolue encore et cela se reconnaît par l'absence de végétation sur ses parois. Le cirque figé, par contre, se caractérise par l'absence de traces d'érosion linéaire et de glissement sur les pentes, mais surtout par des formes très éoussées et entièrement envahies par la végétation. Ce sont des cirques morts. Etant donné ces caractéristiques, il est facile de reconnaître ces cirques figés, tant sur le terrain que sur photographies aériennes.

Très peu de cirques sont figés dans le secteur étudié. La plupart des appareils présents ici évoluent encore, soit partiellement, soit globalement. Mais une disposition qui emboîte parfois un cirque actif dans un cirque figé nous pousse à envisager ici plusieurs générations de cirques dont deux seulement sont facilement reconnaissables sur le terrain ou sur les documents cartographiques et photographiques.

Le deuxième critère, lié au type d'évolution, permet d'inventorier trois types de cirques : les reculées, les petits amphithéâtres suspendus et les cirques composés ou complexes (Fig. 3).

- Les premiers sont des espèces de ravins allongés pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres voire plusieurs kilomètres de long. Le fond y est souvent plat et envahi par des bancs de sable où serpentent des rivières à chenaux anastomosés. Souvent, la pente longitudinale y est presque nulle. Le fond est souvent délimité par deux parois subverticales plus ou moins rectilignes qui se referment en amont. La forme du dessin en amont est tributaire des conditions du développement de l'appareil (Fig. 3 et 4).

La reculée occupe en général une ancienne vallée ou un ancien vallon qu'elle rajeunit et transforme. Le rajeunissement consiste, dans un premier temps, à creuser le talweg (érosion verticale); ensuite, à faire reculer les berges (érosion latérale) et la tête de l'appareil (érosion régressive). Mais comme le recul de la tête se fait plus rapidement que celui des berges, cela confère à l'appareil une allure de ravin rectiligne et allongé.

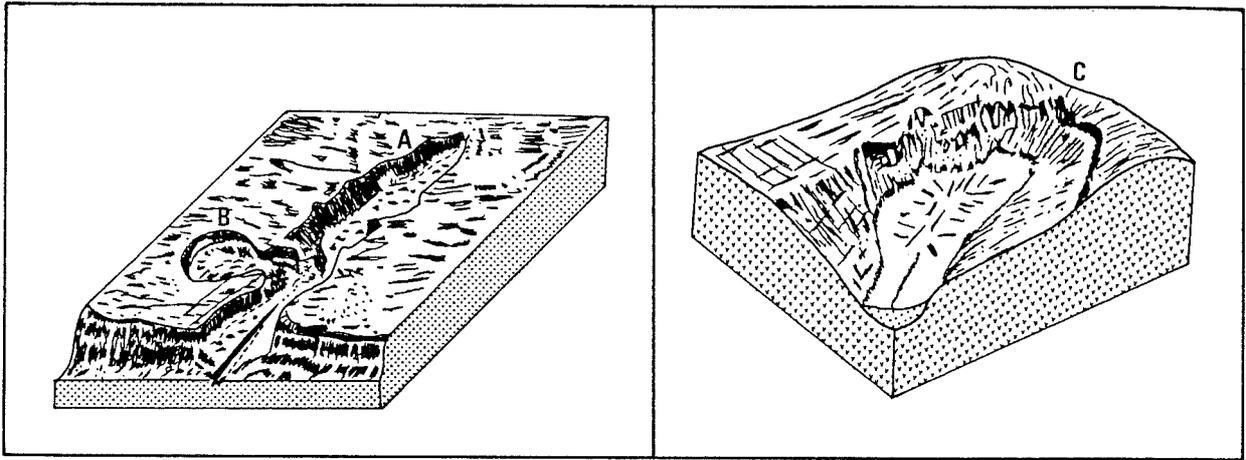


Figure 3 : Types de cirques : A. Reculée; B. Amphithéâtre suspendu; C. Amphithéâtre suspendu partiellement figé.

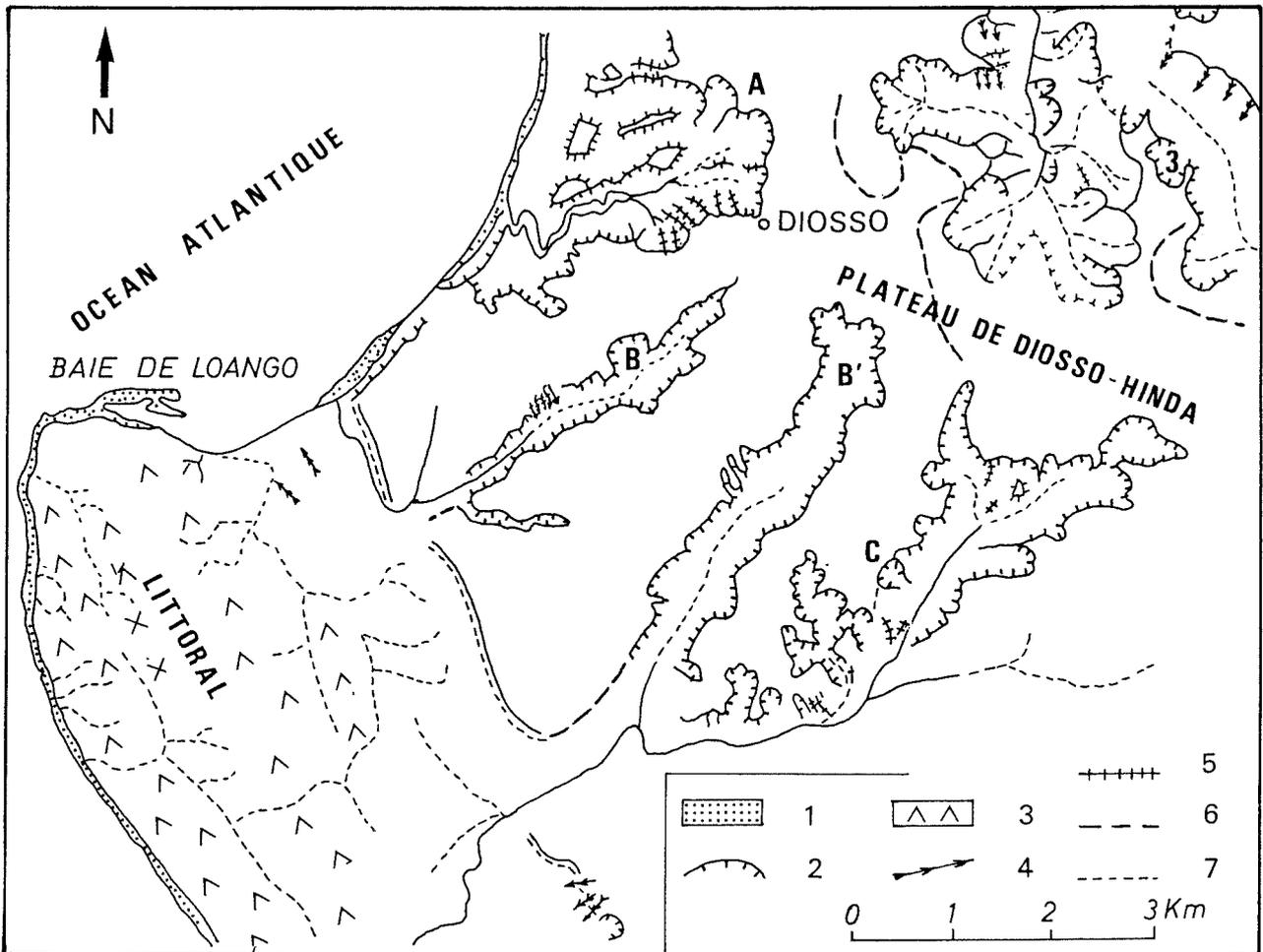


Figure 4 : Types de cirques dans la région côtière du Congo : 1. sable de plage; 2. paroi verticale ou subvertical; 3. cordons littoraux; 4. ravine profonde et récente; 5. arête vive; 6. limite supérieure du versant; 7. réseau hydrographique. A. Cirque composé; B. Reculée; C. Petit amphithéâtre suspendu.

Etudiant les cirques de la région du Pool, au sud de Brazzaville, SAUTTER (1970) accorde une place prépondérante à l'action des cours d'eau permanents pour le développement de ce type de formes qu'il appelle : cirque à source. Il estime, en effet, que la source est ici le principal agent de l'érosion. Elle fait reculer la paroi amont du ravin par un appel constant de l'érosion vers elle. Pour les reculées de notre terrain, il est vrai que bon nombre d'entre elles sont drainées par un cours d'eau permanent dont la source exerce elle-même un effet autonome de sapement. Mais plusieurs autres reculées sont nées de simples entailles purement linéaires dont l'évolution est animée par des ruissellements répétés.

- Les petits amphithéâtres suspendus naissent en général à partir des petites ravines qui se forment sur les versants et le long du talus interne, au niveau de la ligne d'inflexion du profil, omniprésente sur les versants. Les petites ravines peuvent, en effet, atteindre aussitôt 2 à 3 mètres de profondeur et s'allonger sur plusieurs dizaines de mètres de part et d'autre de cette ligne de rupture de pente. Mais leur évolution se fait surtout du côté supérieur du versant. L'érosion peut ainsi creuser au coeur du versant de véritables cirques d'érosion. Les petits amphithéâtres suspendus se caractérisent par une morphologie particulière. Ils ont en général une partie supérieure qui forme une enceinte et une partie inférieure en forme de petit canal nettement rétréci, étranglé par rapport à l'enceinte (Fig. 5).

Ce canal correspond à une partie de la ravine initiale. Il relie l'enceinte au talweg de la vallée principale qui sert d'exutoire au cirque. Le schéma d'ensemble de ce type de forme fait penser, du point de vue fonctionnellement, à un torrent. La paroi de l'enceinte est souvent proche de la verticale. Son recul dégage un espace central qui sert de plancher à l'enceinte. Ce plancher s'incline d'une part vers son centre à partir des rebords de l'excavation et d'autre part vers l'exutoire qui est le talweg du couloir principal. Le profil longitudinal montre bien que le plancher est suspendu par rapport au talweg de la vallée principale. Ce profil reste tributaire du ruissellement. Plus le ruissellement est abondant et régulier, plus la pente moyenne est entretenue. Au débouché du petit amphithéâtre suspendu, il se forme souvent un cône de déjection. Mais il est aussi fréquent que celui-ci soit absent. Contrairement à ce qui se passe pour la reculée, l'écartement du mur de l'amphithéâtre se fait de tous les côtés de l'enceinte. Il n'est pas rare que des minilobes viennent troubler la courbure parfaite de l'enceinte.

Beaucoup de cirques morts peuvent aussi être rangés dans ce type d'appareils. Mais les cirques non-figés ont un plancher méconnaissable, assimilable à un vallon à pente longitudinale assez forte. Leur enceinte garde, en dépit d'une pente assez altérée, la forme bien caractéristique des cirques non-figés.

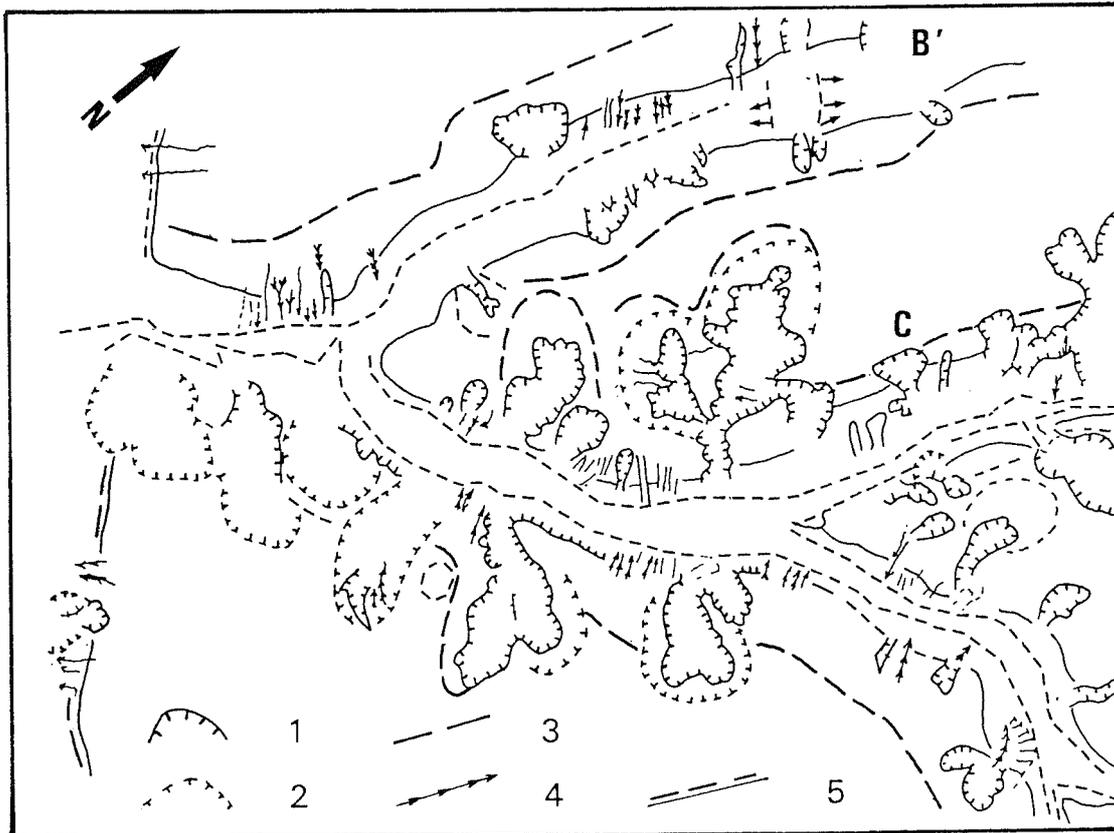


Figure 5 : Détail de la reculée B' et du petit amphithéâtre suspendu C de la figure 4. 1. paroi verticale; 2. cirque figé; 3. limite supérieure du versant; 4. ravine profonde et récente; 5. talus interne.

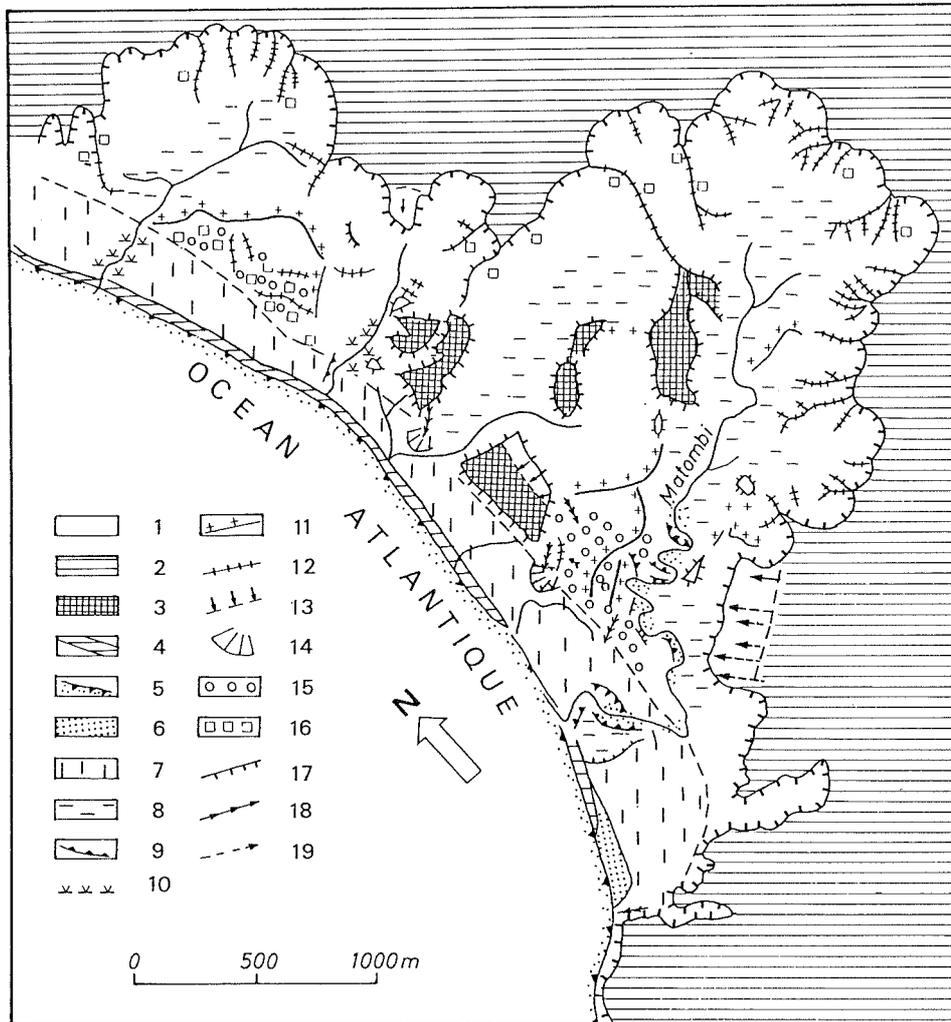


Figure 6 : Carte géomorphologique du cirque de Diosso.

1. secteur à forte pente, paroi abrupte du cirque; 2. plateau de Diosso; 3. replat en lambeaux de plateau; 4. partie érodée depuis 1981 (érosion côtière); 5. trait de côte et plage en 1981; 6. sable en zone humide; 7. remblaiement fini-kibanguien; 8. secteur plan de dépôts actuels; 9. berge rafraîchie par érosion; 10. zone de marécage; 11. sommet arrondi d'interfluve; 12. arête vive; 13. surface inclinée avec ligne de rupture de pente; 14. cône de déjection; 15. nappe de débris en surface; 16. blocs de cuirasse démantelée; 17. paroi verticale et subverticale; 18. ravine profonde et récente; 19. ravine superficielle.

- Les cirques composés, par contre, sont d'énormes excavations aux contours polylobés qui peuvent atteindre plusieurs centaines d'hectares de surface, comme le cirque de Diosso (Fig. 6) dont la superficie couvre 537 hectares environ. Le rebord supérieur est souvent à angle droit et peut atteindre 100 mètres de dénivellation. C'est le cas à certains endroits du cirque Tchissanga (Photo 2).

Du long de la paroi raide qui forme l'enceinte de la gigantesque dépression, partent de façon spectaculaire de longues crêtes dont le sommet est étroit, allongé et découpé par des espèces d'ensellements. Ces crêtes plongent à l'intérieur du cirque et sont séparées les unes des autres par des sillons très profonds et rétrécis à la base. Les lignes de crête sont elles-mêmes bordées par une succession d'autres petites arêtes plongeantes et de mini-sillons

perpendiculaires. Le fond d'un cirque complexe présente un modelé très accidenté dans lequel serpentent des ruisseaux dont certains sont souvent asséchés, ou comblés par des bancs de sable.

Le cirque composé est le résultat de la coalescence de plusieurs reculées et parfois de plusieurs petits amphithéâtres suspendus. Un cirque composé, dont le cirque de Diosso est l'exemple parfait, combine ainsi plusieurs types d'évolution. Son dessin d'ensemble se distingue des deux premiers types par le festonnement du tracé de ses contours.

En somme, dans cette classification, le dessin des contours semble être le critère principal de différenciation. La forme n'est cependant que tributaire d'un type d'évolution qui obéit lui-même à des lois propres au milieu.

IV. LA DYNAMIQUE ACTUELLE

Un cirque actif se caractérise par sa paroi bordière très escarpée et fraîche d'une part et d'autre part par l'existence d'un plancher formant un angle presque droit au contact de l'abrupt bordier. Toute dépression qui ne répond pas à ces critères ne peut être considérée comme cirque actif.

L'évolution d'un cirque, qui détermine sa forme, s'opère selon deux lignes distinctes : le développement longitudinal et le sapement latéral. La prédominance de l'un ou de l'autre processus donne naissance à un type de cirque. L'agrandissement de l'enceinte se fait par arrachement successif de paquets mis en porte-à-faux. L'entaille initiale qui met en place les sections en pente raide, nécessaire pour amorcer le recul, peut résulter soit d'un ruissellement concentré donnant naissance à une ravine plus ou moins profonde, soit d'un surcreusement d'un talweg par l'eau courante.

Les versants des vallées du plateau de Diosso sont parsemés d'incisions linéaires qui pourraient donner naissance à des cirques suspendus ou perchés. Le déclenchement de ces cannelures qui rayent les versants est à rapporter, nous le verrons, au travail de l'homme qui prépare le terrain à l'érosion. Dès que la paroi escarpée existe, l'évolution est conditionnée par plusieurs paramètres. Le plus important est le ruissellement ou tout autre écoulement qui prend en charge les produits de l'ablation.

A. Les processus actuels : l'exemple du cirque de Diosso

Le cirque de Diosso (Fig. 6) est une excavation d'environ 80 mètres de profondeur moyenne, aux contours très escarpés et au fond très tourmenté à cause des nombreuses échines très ardues qui alternent parallèlement avec de profonds sillons. Il est drainé par un réseau de petits ruisseaux dont le principal est le ruisseau de Matombi, long d'environ 2,5 km et dont la profondeur atteint rarement le mètre. Ce petit cours d'eau et les autres ruisseaux ont un écoulement pauvre. Ils entretiennent avec les eaux de ruissellement une érosion qui se manifeste sous plusieurs formes dans ce cirque.

| Pics | Années | | |
|------|--------|------|------|
| | 1951 | 1960 | 1981 |
| A | 65 | - | 49 |
| B | 108 | 101 | 85 |
| C | 50 | 48 | 48 |
| D | 52 | 50 | 45 |
| E | 66 | 58 | 56 |
| F | 83 | 78 | 70 |
| G | 63 | 59 | 57 |

Tableau 2 : Evolution des pics dans le cirque de Diosso. Les altitudes sont présentées en mètres.

Dans le développement de ce gigantesque cirque, les mouvements de masse sont les mécanismes dominants, sous forme d'affaissement brusques ou de glissements lents; ils s'observent aussi bien le long de la paroi bordière qu'au niveau des flancs des échines centrales (Tabl. 2). Mais il existe une nette différence d'évolution entre les différentes formations de la série des cirques.

Le niveau supérieur plus sableux est le lieu des affaissements en paquet, où la paroi reste souvent subverticale. Son évolution est liée à des appels au vide entre ce niveau et la cuirasse sous-jacente. Entre les deux formations se crée un phénomène de soutirage causé par la cuirasse qui forme un écran à l'infiltration des eaux percolant à travers les sables sus-jacents. Au niveau du cirque de Diosso, en effet, l'horizon supérieur a un coefficient de perméabilité d'environ 150 cm par heure, selon les calculs obtenus par la méthode de Henin, ce qui le place dans la gamme des sables faiblement perméables mais plus perméable que la cuirasse et les formations sous-jacentes. La concentration des eaux à la surface de la cuirasse provoque des écoulements "hypodermiques" qui sont à l'origine de suintements sous forme de sourcins. Ces suintements créent des vides entre les deux niveaux, et ces vides préparent le matériel à l'affaissement. Le même phénomène se produit dans les horizons sous-jacents à la cuirasse, entre une couche plus sableuse et une couche plus argileuse (Photo 3). Les affaissements du niveau supérieur sont aidés par des fentes de détente qui se créent sur le plateau au bord de l'abrupt, sous l'action combinée de l'appel au vide de base et du poids dû à l'imbibition du matériel. La masse sableuse brusquement mise en mouvement s'écroule plus ou moins vite, en fonction du taux d'humidité qui confère tout de même une certaine adhésion aux matériaux. Le matériel est pris en charge par les eaux de ruissellement et/ou des écoulements concentrés des talwegs.

Par contre, les niveaux sous-jacents à la cuirasse, offrent une légère résistance à l'érosion, comme en témoignent les nombreuses échines qui s'y sont maintenues. Plusieurs formes en saillie sont en effet mises en relief dans ce niveau inférieur, sous forme de contreforts. Elles sont le témoin d'une forme de résistance à l'action destructrice de l'érosion. Dans ces horizons, plusieurs processus d'érosion s'imbriquent ou se succèdent. On observe des phénomènes de glissements de terrain lents à certains endroits, notamment le long des retombées latérales des éperons que forment les arêtes centrales, alors que dans d'autres secteurs, on observe des effondrements brusques et rapides. Mais en général les mouvements de masse sont lents dans ce niveau, du fait que le taux d'argile y est plus élevé par rapport aux sables de surface. Le taux de particules inférieur à 50 microns est de 20,7 % dans certaines couches sablo-argileuses et de 14 % dans d'autres; enfin de 65,0 % dans les couches argilo-sableuses.

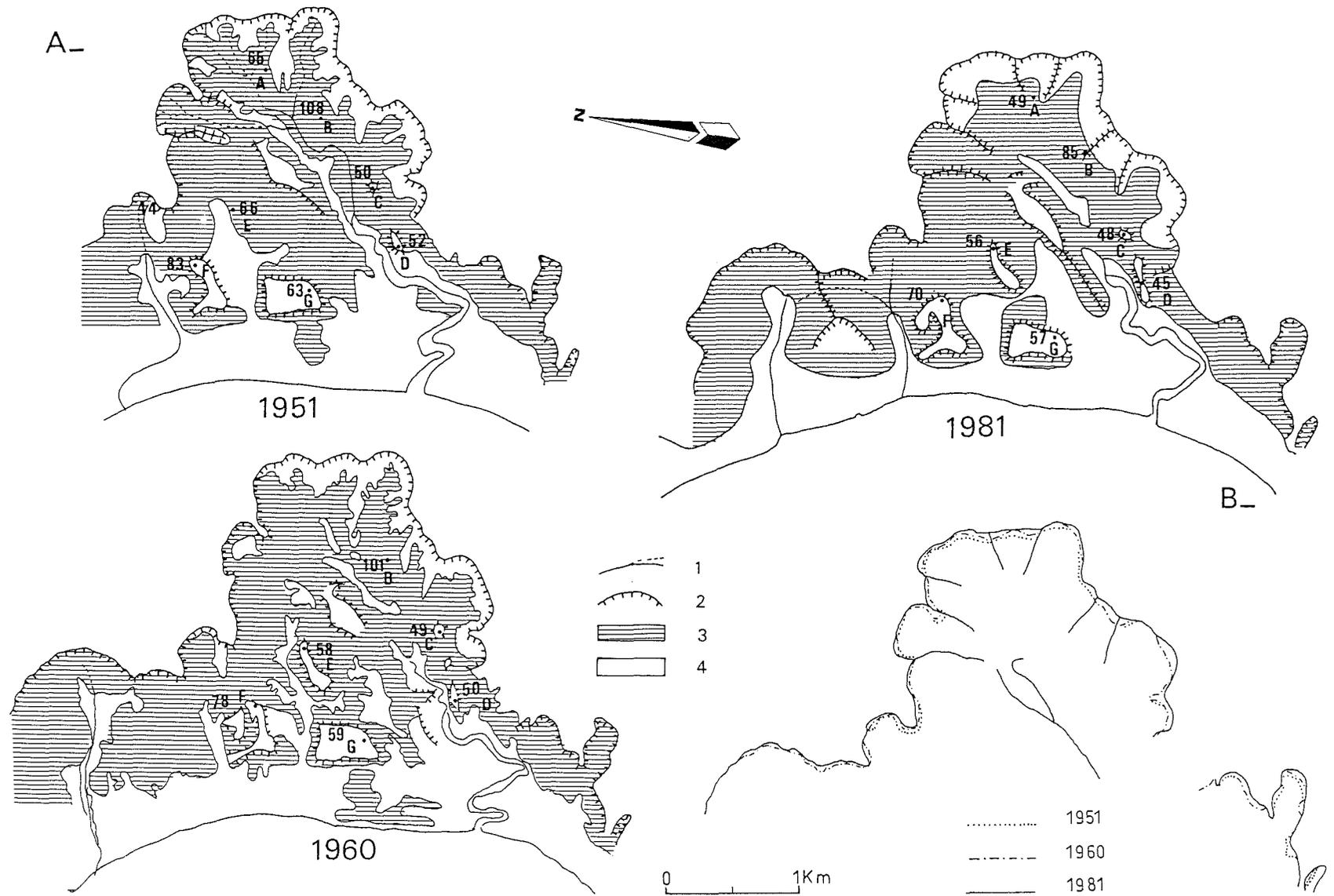


Figure 7 : A. Limites de la forêt dans le cirque de Dioisso en 1951, 1960 et 1981. 1. cours d'eau; 2. talus; 3. zone de forêt; 4. sol nu. B. Evolution de la paroi bordière du cirque de Dioisso (1951-1981).

Ainsi, il est certain que les limites d'Atterberg jouent ici un rôle important dans les processus. Nous savons d'après les résultats d'études de mécanique des sols que le seuil qui autorise les déformations lentes (limite de plasticité) dans un sol est atteint avec 30 % et parfois avec 15 % d'éléments argileux. Les études de perméabilité faites sur la couche la plus argileuse des horizons sous-jacents à la cuirasse ont confirmé l'influence des argiles dans le comportement de ces formations. En effet, le coefficient de perméabilité (K) est passé progressivement de 18,08 à 15,30 en passant par 15,99 de la première heure à la troisième heure de mesure. Cette diminution sensible de la vitesse de filtration des eaux s'explique par le caractère fortement gonflant des argiles de la série des cirques. Ce caractère se remarque également par le processus de l'individualisation des particules qui est très lent et ceci aussi bien au niveau des plages qui se décollent et glissent le long des parois qu'au niveau des matériaux en place.

Le lit du petit ruisseau qui draine le cirque de Diosso est parfois parsemé de paquets d'argile transportés par les eaux sans être complètement désagrégés. Le plus gros paquet observé à 150 mètres de l'embouchure mesure 33 cm de diamètre, ce qui témoigne d'une certaine force de transport de ce ruisseau dont la profondeur atteint à peine 1 mètre dans les mouilles.

La compétence varie ainsi en fonction des apports d'eau et donc des pluies. Autrement dit, dans ces petites rivières tous les types de transport se succèdent ou alternent. En effet, au fur et à mesure que les matériaux tombés des parois arrivent à la base, ils sont pris en charge par les écoulements. A ce niveau, tous les types de transport peuvent s'effectuer : en suspension, par saltation et par roulement. Le cours d'eau Matombi est souvent chargé, même pendant la saison sèche, ce que révèle le caractère trouble de ses eaux. En mars 1990, dans un échantillon pris à quelques centimètres du fond et à environ 100 m de l'embouchure, il a été prélevé 1 g de charge solide pour un litre d'eau, constituée uniquement d'argiles, de limons et de sables très fins. Le 2 avril 1990, après une pluie qui a arrosé la région dans la nuit du 1 au 2 avril, la charge solide était de 2,07 g par litre avec une nette augmentation de la proportion de sable. C'est ce même jour que nous avons observé ce paquet d'argile non remanié de 33 cm de diamètre cité ci-dessus. On peut ainsi apprécier la puissance de ce petit cours d'eau lors des crues. Cette puissance a sans doute été à plusieurs reprises plus importante lors des siècles écoulés comme en témoignent les nombreux blocs de cuirasse visibles sur la plage et à la base de la coupe actuellement érodée par la mer.

Aujourd'hui, l'activité érosive montre une sensible diminution au niveau des échines. Celle-ci est l'oeuvre de la reconquête forestière en nette progression depuis 1951 (Fig. 7b). La reconquête forestière s'effectue, en effet, sur les flancs des formes en saillie de l'intérieur du cir-

que et le long de la paroi bordière. La forêt met un terme relatif à l'action de l'érosion lorsqu'elle colonise la surface de ces formes en saillie. C'est ce qui explique leur abondance dans l'enceinte du cirque.

Le ruissellement crée des ravinements de style linéaire et, en léchant progressivement les berges ainsi créées, provoque des encoches à la base. C'est ainsi que pluie après pluie, il se forme un appel au vide qui peut être à l'origine d'un affaissement. Le développement latéral s'accompagne parfois du recul par érosion régressive longitudinale de la tête de la ravine.

B. Les conditions de la dynamique actuelle

1. Le rôle de la pluie et du ruissellement

La pluviométrie est l'un des paramètres déterminants de la dynamique actuelle. Elle alimente les eaux d'écoulement qui sont le principal agent de l'érosion; elle imbibe aussi les bordures des parois des cirques qui finissent par céder sous le poids de l'eau.

Il tombe en moyenne 1 250 mm d'eau par an sur la région côtière congolaise, notamment à Pointe-Noire. La saison des pluies est la plus longue, elle dépasse souvent huit mois et dure en général d'octobre à mai, le mois de mars étant le plus pluvieux avec 220 à 230 mm de hauteur moyenne et 14 à 15 jours de précipitations en moyenne. Le nombre moyen de jours de pluie est de 120 jours par an dont 35 pour des pluies de hauteur supérieure à 10 mm. Les études d'intensité menées par le Comité interafricain d'Etudes hydrauliques à Pointe-Noire, pour la période de 1959 à 1982, donnent un temps de retour de 5 mois pour des pluies de 36 mm par heure d'intensité. On sait, d'après les données pluviométriques de Pointe-Noire, que les hauteurs maximales en 24 heures dépassent souvent 60 mm et peuvent atteindre 160 mm. Les études montrent aussi que les pluies dans la région côtière sont en général d'origine orageuse et durent au maximum deux heures. Autrement dit, les hauteurs enregistrées en 24 heures ne sont souvent que le résultat de moins de deux heures de précipitations.

Cependant, les calculs de coefficient de perméabilité obtenus par la méthode de Henin rangent les sols de cette région dans la catégorie des sables faiblement perméables. Les valeurs se situent tout de même entre 60 cm par heure et 140 cm par heure. Ainsi donc, le rapport entre les intensités pluviométriques et le coefficient de perméabilité indique une importante circulation de l'eau en profondeur. L'infiltration alimente à juste titre les ruisseaux qui naissent sur le plateau et découpent le talus interne. Ces cours d'eau, malgré leur faible débit, ont en général un écoulement pérenne; ils se jettent avec une grande régularité dans la mer et alimentent en permanence, comme nous l'avons vu, l'érosion des cirques où ils naissent en général.

Pourtant, les observations de terrain ont révélé une importante action de ruissellement sur les versants et sur

les talwegs même enherbés, comme en témoignent d'ailleurs les nombreuses ravines qui incisent les versants. Plusieurs paramètres expliquent cette importance du ruissellement. Il s'agit avant tout de la mauvaise occupation du sol par les graminées qui jusque-là dominaient sur les plateaux. En effet, la région est recouverte par une savane assez maigre dont les touffes d'herbes laissent un réseau très dense de petites surfaces dénudées qui se rejoignent entre elles et occupent près de 40% de l'espace. Cette savane est constamment brûlée par les feux dont le passage laisse les vides de la surface du plateau au contact des gouttes de pluie. L'effet splash agit ainsi sur le sol dont les horizons de surface sont reconnus assez meubles. Ceci donne naissance à une croûte de battance, grâce aux fines particules arrachées au sol et étalées sur les espaces nus. Le ruissellement est exacerbé à certains endroits où la croûte de battance est renforcée par la présence d'une espèce d'algues violettes qui oppose une bonne résistance à l'impact des gouttes d'eau.

L'humidité assez élevée observée dans les sables de la région, même au milieu de la saison sèche, provoque une rapide saturation des horizons superficiels, causant ainsi des ruissellements presque instantanés dès les premières minutes de pluie.

2. L'action anthropique

Sur les versants boisés, le ruissellement naît à la suite du défrichage de la forêt par l'homme pour les travaux agricoles.

Les sols de savane sont en général ferrallitiques, lessivés, très acides en surface avec un pH variant entre 3 et 5 (JAMET, 1966). Cela les rend impropres à l'agriculture et pousse les paysans à exploiter les terres sous forêt qui sont légèrement plus riches. Les techniques culturelles traditionnelles, basées sur la culture itinérante sur brûlis, conduisent à la destruction, chaque année, de plusieurs ares de couvert forestier, laissant ainsi le sol pendant plusieurs mois en contact avec la pluie.

Bien qu'utilisant du matériel simple (houe, lame de couteau ou de machette, hache, etc.), l'agriculture réunit ici les conditions d'une érosion intense des sols cultivés. La technique elle-même consiste à retourner à la houe le sol (débarrassé de ses débris végétaux par incinération) puis à édifier des billons d'environ 15 à 30 cm de haut, alignés en rangées espacées de 30 à 40 cm. Ce travail contribue non seulement à fragiliser le sol par cette perturbation de l'état de surface mais crée aussi, à travers les allées laissées entre les rangées de billons, des espèces de gouttières qu'exploitent les eaux de ruissellement. Or, les forêts sur les plateaux côtiers sont en général localisées sur les versants des vallées et dans le fond des dépressions. La pente des surfaces inclinées mesurée dans la région, au niveau de la plupart des versants, se situe entre 20° (36,40 %) et 6° (10,51 %). Les études de VAN CAILLIE (1990) sur l'érodabilité des terrains sableux du Zaïre stipulent que le ruissellement en filets d'eau sur sol

dénudé apparaît dès 5 % de pente; au-delà de 12,5 %, ces filets d'eau creusent le sol, le ruissellement est alors érosif. A partir de 20 à 25 % de pente, l'érosion linéaire prend le pas, le ruissellement concentré creuse alors en formant des ravines et des ravins dont les entailles remontent dans les versants.

Ainsi, dans le cas présent, le processus érosif est accéléré par toutes ces variables; à savoir: la pente, la dégradation structurale par les labours, la création de ce petit modelé type billons qui laisse des couloirs préférentiels qui canalisent l'eau de ruissellement, et enfin la destruction de la couverture forestière.

Aujourd'hui, avec la mise en culture des savanes par reboisement, selon les techniques de sylviculture intensive mises au point par la Recherche, en relation avec le F.A.C., on observe localement des signes d'érosion intense sur les versants. En effet, depuis 1978, l'Unité d'Afforestation industrielle du Congo (U.A.I.C.) réalise, dans la région côtière, des programmes de plantations clonales d'eucalyptus basées sur le principe d'une plantation en bloc, effectuée au début de la saison des pluies (en général entre novembre et décembre). L'ouverture des parcelles se fait dès le mois de juillet. Les petites pluies qui interviennent souvent dès le mois de septembre provoquent en principe un rapide enherbement des terres labourées récemment, ce qui devrait les protéger de l'action de l'érosion. Cependant, les traces de roues des engins laboureurs sont telles qu'elles engendrent parfois des phénomènes d'érosion que la compagnie essaie d'enrayer par de multiples interventions.

En septembre 1988, au début de la saison des pluies, nous avons observé une large ravine sous une forêt d'eucalyptus. Une griffure d'érosion qui devait dater de la dernière saison des pluies s'était ouverte, à l'est de Pointe-Noire, sur une parcelle de forêt artificielle âgée de trois ans (plantée en mai 1985), sur un versant dont la partie sommitale faiblement convexe a une pente d'à peine 2° et la section inférieure rectiligne 7°. Cette ravine, qui occupait la partie médiane du versant, avait environ 40 m de longueur et 3,5 m de profondeur et elle atteignait à certains endroits 2 m de largeur. Les feuilles d'eucalyptus qui formaient une mince litière à la surface du versant étaient à plusieurs endroits balayées par le ruissellement diffus laissant ainsi de larges espaces nus. Ceux-ci étaient cimentés en surface et formaient de petites croûtes de battance qui accéléraient le ruissellement. Dans la partie sommitale les racines des arbres étaient soit à fleur de sol, soit entièrement déterrées. A la base du versant, par contre, un épandage de sable blanc, mélangé à des feuilles mortes, fossilisait les racines sur environ 30 cm d'épaisseur.

V. CONCLUSION

Si la genèse des cirques d'érosion du bassin côtier congolais est à rapporter à la dernière phase de détérioration

climatique de la fin du Quaternaire, plusieurs formes actuelles d'érosion sont cependant le résultat d'une intervention intempestive de l'homme sur ce milieu. Le ruissellement est l'agent principal de l'érosion : les filets d'eau, nés au sommet des surfaces inclinées, acquièrent en se réunissant une puissance qui leur permet de creuser un sillon; d'averse en averse, celui-ci s'approfondit et s'allonge vers le haut en reculant son point de départ. L'évolution peut être également latérale donnant ainsi naissance à un petit amphithéâtre suspendu. L'excavation, une fois formée, évolue en fonction des écoulements qui exercent les affouillements nécessaires au recul des enceintes. L'écoulement peut être temporaire ou permanent, mais les modalités de l'évolution restent les mêmes.

La stabilisation du phénomène passe donc par un abandon à la nature des surfaces très pentues et par une bonne maîtrise des écoulements qui assurent l'évacuation des produits d'érosion.

VI. BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD, E.A., 1962. Théorie astronomique des pluviaux et interpluviaux du Quaternaire africain. *Acad. roy. Sc. O.M., Cl. Sc. nat. méd.*, 12, 232 p.
- CARATINI, C. et GIRESE, P., 1979. Contribution palynologique à la connaissance des environnements continentaux et marins du Congo, à la fin du Quaternaire. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 228.
- GIRESE, P., 1978. Le contrôle climatique de la sédimentation marine continentale en Afrique centrale atlantique à la fin du Quaternaire. Problème de corrélation. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 23 : 57-77.
- GIRESE, P., 1981. Les sédimentogenèses quaternaires du plateau et de la côte du Congo en fonction du cadre structural. *Bull. IFAN*, 43, sér. A., 1-2 : 43-68.
- JAMET, R., 1975. Evolution des principales caractéristiques des sols des reboisements de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM*, Brazzaville, sér. pédol., 36 p.
- JAMET, R., 1966. *Etude pédologique d'une zone témoin dans la région de Houle*. ORSTOM, sér. pédol., 96 p., 1 carte 1/50.000e.
- JANSEN, F., GIRESE, P. et MOGUEDET, G., 1982. Etude sismique de la plate-forme congolaise (air-gun et mud-penetrator), mise en évidence de déformations intraplaques. *Netherl. J. Sea Res.*
- LANFRANCHI, R. et SCHWARTZ, D., 1986. Paléogéographie du site de Brazzaville, in *Journée d'étude sur Brazzaville, Actes du Colloque ORSTOM*. AGEO, publié avec le concours de la mission française de coopération et d'action culturelle.
- MASSENGO, A., 1970. *Contribution à l'étude stratigraphique, sédimentologique et minéralogique de la série pliopléistocène du bassin côtier du Congo-Brazzaville*. Thèse de 3^e cycle, Université de Nancy, 159 p.
- MORTELMANS, G. et MONTEYNE, R., 1962. Le Quaternaire du Congo occidental et sa chronologie. IV^e Congr. panafr. Préhist. et Quat., 4, 1959, Léopoldville. *Ann. Mus. roy. Afr. centr.*, 40 : 97-132.
- PETIT, M., 1975. Le massif granitique de Kanda. La retombée du Mayombe. Etude de géomorphologie. *Trav. Doc. Géogr. trop., CEGET*, 22 : 147-159.
- PEYROT, B., 1983. Interprétation géomorphologique du littoral et de la façade maritime atlantique de la République populaire du Congo. *Trav. Doc. Géogr. trop., CEGET*, 49 : 75-95.
- RIQUIER, J., 1966. Note sur l'érosion en cirque au Congo. *Cah. ORSTOM*, sér. pédol., 137.
- SAMABA-KIMBATA, M.J., 1978. *Le climat du Bas-Congo*. Thèse de 3^e cycle, Université de Dijon.
- SAUTTER, G., 1970. Essai sur les formes d'érosion en cirques dans la région de Brazzaville. *Mém. Doc. C.N.R.S.*, 9, 170 p.
- SCHWARTZ, D., 1990. Les podzols de Lousseke, une pédogenèse quaternaire sur sable Bateke. In : LANFRANCHI, R. et SCHWARTZ, D. (Eds), *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*, ORSTOM : 183-191.
- SITOU, L., 1987. *Etude des littoraux en milieu tropical et humide : approche méthodologique*. Mémoire de D.E.A., U.L.P. Strasbourg, Institut de Géographie, 113 p.
- VAN CAILLIE, X.D., 1990. Erodabilité des terrains sableux du Zaïre et contrôle de l'érosion. *Cah. ORSTOM*, sér. pédol., 25 (1-2) : 197-208.
- VAN ZINDEREN BAKKER, E.M., 1967. Upper Pleistocene and Holocene stratigraphy and ecology on the basis of vegetation changes on subsaharan Africa, in *Background to evolution in Africa*.
- VENNETIER, P., 1968. Pointe-Noire et la façade maritime du Congo-Brazzaville. *Mém., ORSTOM*, 26, 458 p.

Adresse des auteurs : Léonard SITOU
 Département de Géographie
 Université de Brazzaville
 BRAZZAVILLE (Congo)
 et
 Jean TCHICAYA
 Laboratoire de Photogrammétrie
 et de Télédétection du Centre
 de Recherches géographiques
 et de Production cartographique
 BRAZZAVILLE (Congo)



Photo 1 : Sédiments du littoral de la baie de Laongo (à l'exutoire du cirque de Diosso), constitués au sommet d'un épandage sablo-argileux résultant de l'érosion du cirque, reposant sur une formation riche en débris végétaux.

Photo 2 : Vue du cirque Tchissanga laissant clairement apparaître la paroi raide délimitant la dépression ainsi que les longues crêtes à sommet étroit formant interfluves. On remarque également l'épaisseur de la couche sableuse supérieure, bien rafraîchie à la suite des affaissements par paquet.

Photo 3 : Phénomènes d'érosion à partir des sourcins au contact des sables supérieurs et de la cuirasse, ainsi que dans les horizons sous-jacents à cette cuirasse, au contact d'une couche sableuse et argileuse.

