



UNIVERSITE LOUIS PASTEUR
Centre d'Etudes et de Recherches
Eco-Géographiques
Unité de Recherche Associée 95 CNRS



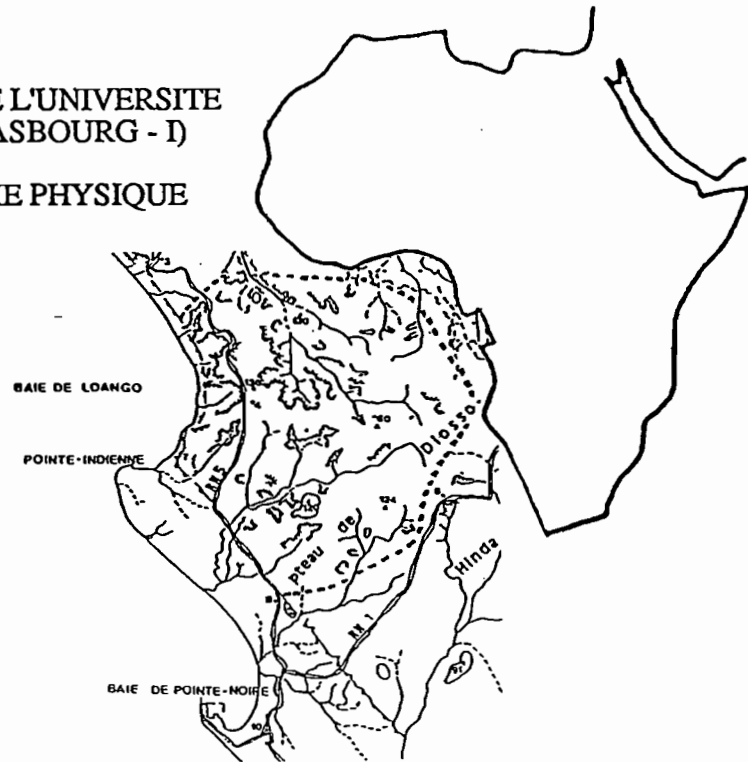
3, rue de l'Argonne
67083 Strasbourg Cedex
(France)

LES CIRQUES D'ÉROSION DANS LA RÉGION DE POINTE-NOIRE (CONGO) : ÉTUDE GÉOMORPHOLOGIQUE.

THESE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITE
LOUIS PASTEUR (STRASBOURG - I)

MENTION GEOGRAPHIE PHYSIQUE

Présentée par
LÉONARD SITOU



Membres du Jury :

Mr. Michel MIETTON - *Professeur à l'ULP de Strasbourg.*

Mr. Jean Michel AVENARD - *Professeur à l'ULP de Strasbourg*

Mr. Pierre MICHEL - *Professeur honoraire à l'ULP de Strasbourg*

Mlle. Annie REFFAY - *Professeur à l'université de Limoges.*

Mr. Dominique SCHWARTZ - *Chargé de recherche à l'ORSTOM.*

Directeur

Rapporteur interne

Examineur

Rapporteur externe

Rapporteur externe

STRASBOURG, Juillet 1994.

*A la mémoire
de mon père,
de mon oncle JULIEN MAVOUNGOU
qui m'a permis de poursuivre mes études,
de mon frère et ami JEAN TCHICAYA,
ingénieur en photogrammétrie au CERGEC de Brazzaville.*



RESUME

Le Congo s'ouvre au sud-ouest par une façade maritime d'environ 17000 km². Ce vaste bassin sédimentaire, au relief de bas plateaux, est le théâtre d'une intense érosion en cirques qui n'a suscité jusque là qu'un intérêt scientifique limité. Et pourtant ces énormes excavations, dont la vigueur des formes contraste avec la faiblesse actuelle du ravinement des versants, posent, par leur agrandissement qui menace les routes, un réel problème sur le plan de l'aménagement du territoire.

Cette étude, basée sur l'analyse des paysages sur le terrain et à l'aide des documents iconographiques, sur des mesures quantitatives par photogrammétrie et sur des analyses de laboratoire (granulométrie et morphoscopie des formations ; datation au ¹⁴C..) porte essentiellement sur ces formes. Elle comprend trois grande parties.

- La première présente et explique le cadre géomorphologique dans lequel se situe ce phénomène d'érosion.

- La deuxième est consacrée à l'étude de la dynamique actuelle, englobe la description typologique des cirques et analyse les causes et les facteurs de cette dynamique.

- la troisième partie est une étude d'un cas traitant des aspects quantitatifs de cette dynamique. Elle comprend ainsi l'analyse de l'évolution chronologique de ces cirques et une réflexion sur la lutte contre ce phénomène d'érosion en cirques.

Les cirques présentent trois grandes formes (des formes allongées : les reculées ; des formes plus ou moins ovoïdes : les amphithéâtres élémentaires ; des formes aux contours polylobés : les cirques composés), liées au mode de formation et d'évolution. Ils présentent deux générations formées au Quaternaire dans la région côtière dont une figée, qui remonte au retour des pluies du Kibangien (vers 12.000 BP, et une encore active dont le début remonte entre 1200 et 1000 B.P). Avec une vitesse moyenne actuelle de recul de 2,5 m/an, ces formes connaissent depuis une dizaine d'années une réactivation et les causes de cette érosion sont à la fois naturelles et anthropiques.

MOTS - CLES

Congo ; bassin sédimentaire côtier ; érosion ; cirques ; reculée ; amphithéâtre ; cirque figé ; cirque actif ; Quaternaire ; anthropique.

ABSTRACT

In its southwestern part, the Republic of Congo has a sea front province of about 17000 square/km. This large sedimentary basin shows a landscape of low plateaux which are the seat of intensive cirque erosion. Until now this phenomenon did instigate only limited scientific interest. However this huge excavations show a strength of shapes contrasting with the current gullying weakness and their continual road threatening extension sets a real problem in the field of regional development.

The present study, founded upon landscape analyses and iconographic documents in the field ; on quantitative measures by means of photogrammetrical technics and lastly on laboratory analyses (granulometry and morphoscopy of formations, C14 datations...) relates mainly on the before mentionned cirques. It consists of three principal parts.

- Part one displays the geomorphological framework where the phenomenon occurs.

- The second is assigned to the study of present dynamics. It includes the typological description of the cirques and analyses the grounds and factors of their dynamics.

- The third part is a case study dealing with quantitative aspects of this dynamics. It includes an analysis of the chronological evolution of this cirques and reflexions on the struggle carried out against this cirque erosion phenomenon.

Therefore the erosion cirques show three principal aspects connected with their formation and evolution process elongated forms : recesses ; more or less ovoid forms : rudimentary amphitheatres ; and lastly shapes showing multifoil outlines : composite cirques. They result from two generations, set ut in the coastal region during the Quaternary. One is fixed and goes back to the rains of Kibangien period, and one is still active. Its beginning goes back to the mid-Kibangien. Since about ten years these landforms experience a recrudescence of activity, at an average recession rate of 2,5 meters/year and the reasons for the uphold of this erosion are at one and the same time natural and man induced.

AVANT- PROPOS

En 1987, j'ai effectué, dans le cadre du D.E.A "Systèmes spatiaux et aménagements régionaux" de Strasbourg, sous la direction du professeur P. MICHEL, une étude bibliographique relative à la géomorphologie littorale en milieu tropical humide. Ce travail, qui m'a permis de me familiariser avec cette branche de la géomorphologie, était une étude préliminaire à celle de l'érosion côtière congolaise que j'avais projetée de mener dans le cadre d'une thèse.

Le recul du trait de côte, apparu vers la fin des années 1970, était alors une grande préoccupation au Congo. Ce thème cependant faisait déjà l'objet d'une thèse soutenue par A. KITSOUKOU, en 1992.

Après une année d'investigations bibliographiques, le professeur P. MICHEL me suggéra de repartir au Congo prendre des contacts, notamment avec l'ORSTOM, en vue de la définition d'un nouvel axe de recherches.

C'est ainsi que je fis la connaissance de D. SCHWARTZ, Chargé de recherches à l'ORSTOM de Pointe-Noire. Après quelques entretiens qui nous ont permis de passer en revue des thèmes aussi variés que la dynamique des savanes incluses du Mayombe, le problème de contact géomorphologique entre le littoral et les plateaux côtiers, notre choix s'est porté sur les cirques d'érosion qui, à l'instar de l'érosion côtière, présentent un intérêt scientifique évident. Leur ampleur, qui contraste avec la stabilité géomorphologique de la région, et leur évolution, qui menace de couper les routes, sont les thèmes qui ont attiré notre attention.

Cette étude traite donc d'un thème particulier, celui de l'érosion sous des formes majeures d'ablation : les cirques. Les contours du sujet, discutés et mis en place avec D. SCHWARTZ, ont été au fur et à mesure réajustés : d'abord avec le professeur P. MICHEL qui était alors mon Directeur de thèse ; ensuite avec le professeur M. MIETTON qui prenant à partir de 1990 la direction scientifique de ce travail, a alors effectué une mission sur mon terrain. Ce voyage m'a permis de tirer profit de l'expérience de mon Directeur de thèse qui a également discuté et surtout arrêté, de façon définitive, avec D. SCHWARTZ, le thème de ce travail.

Ce travail n'aurait pas abouti si je n'avais pas bénéficié d'un encadrement scientifique adéquat de la part des chercheurs précités.

Aussi me dois-je d'exprimer toute ma gratitude à ces personnes qui m'ont consacré beaucoup de temps, en dépit de leurs occupations.

J'adresse en premier lieu mes remerciements et ma profonde gratitude au professeur P. MICHEL qui a été mon premier Directeur de thèse. Il m'a reçu à Strasbourg, m'a encadré pour le DEA. Outre le suivi scientifique de ce travail, il a financé les premiers voyages de terrain, dans le cadre de la convention interuniversitaire liant les départements de géographie de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg et de l'Université Marien NGOUABI de Brazzaville, dont il était alors le responsable. Son soutien moral et matériel m'a été d'un grand secours.

Le professeur M. MIETTON, en acceptant de continuer l'encadrement technique et scientifique de ce travail, a facilité ma tâche d'abord sur un plan administratif. Ensuite en venant sur mon terrain d'étude, il m'a permis, par sa rigueur scientifique, de mieux organiser, sous son contrôle, la rédaction de cette thèse. Outre ce suivi scientifique, il a, dans le cadre de la convention interuniversitaire dont il est désormais le responsable, financé mon dernier voyage en France ainsi que la mise en forme de ce travail. Qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde gratitude et de ma sincère reconnaissance.

Ma profonde reconnaissance et mes remerciements s'adressent également à Monsieur D. SCHWARTZ, dont le soutien et l'encadrement ont été déterminants dans l'aboutissement de ce travail. Il m'a à plusieurs reprises reçu et hébergé à l'ORSTOM de Pointe-Noire et m'a, surtout, durant mes séjours sur le terrain, octroyé une aide financière, à partir de ses crédits de l'ORSTOM. Ceci m'a permis d'effectuer le travail de terrain. En France comme au Congo, il s'est montré d'une grande disponibilité pour moi. Un grand merci également à sa famille, notamment à son épouse Myriam et à ses enfants qui m'ont accueilli dans leur maison durant ce séjour.

Je reste scientifiquement et moralement redevable à Mademoiselle Annie REFFAY, professeur de géographie à l'Université de Limoges à qui j'adresse également mes vifs remerciements. Elle a guidé mes premiers pas dans la recherche lors de la rédaction de mon mémoire de Maîtrise. Elle a, en outre, accepté de lire et corriger le manuscrit de cette thèse et surtout de faire partie de son jury. Qu'elle sache que je garderai à jamais en moi le souvenir de son soutien moral et matériel qui a été très précieux.

Le professeur J. M. AVENARD a relu mon manuscrit et a accepté de faire partie du jury. Ses remarques m'ont permis d'améliorer ce texte. Cet avant-propos me donne aussi l'occasion de le remercier pour ses enseignements donnés en année de DEA.

Je ne saurais oublier mes collègues du département de géographie de Brazzaville, notamment D. LOEMBE, correspondant congolais de la convention interuniversitaire, et J. F. MABIALA. Ils ont accepté la proposition des Professeurs P. MICHEL et M. MIETTON de faire payer par ladite convention mes billets d'avion et les travaux de mise en forme de mon mémoire.

Je remercie également tous ceux du personnel enseignant et non-enseignant de l'U.F.R de géographie de l'ULP qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

Il s'agit précisément :

de Monsieur et Madame G. LUTZ qui ont mis à ma disposition toute la documentation dont j'avais besoin.

de Madame Martine TRAUTMAN - PERRIER qui m'a aidé à effectuer mes analyses de laboratoire. Un grand merci à elle pour l'accueil chaleureux qu'elle m'a réservé

dans ce laboratoire et surtout pour toute l'amitié qu'elle m'a témoignée durant mon séjour.

d'Odile OPERIOL, qui a assuré, même pendant ses heures de repos, la reprographie de cette thèse. Qu'elle trouve ici l'expression de toute ma gratitude et qu'elle m'excuse pour tout le temps précieux que je lui ai demandé.

de Veronique AUZET qui a mis à ma disposition son imprimante qui m'a beaucoup aidé pour les impressions de nuits qui ont été les plus courantes.

de Rosine FLACH. qui m'a fourni sans complication le petit matériel de bureau dont j'avais besoin.

de Monsieur A. GOBERT avec qui j'ai eu des discussions fructueuses sur mon sujet.

A ces remerciements j'associe le personnel de l'ORSTOM de Pointe-Noire pour l'accueil chaleureux qu'il m'a toujours réservé. Toute ma gratitude à Messieurs TSATSA Martin et TSONDE Anselme, techniciens dans ce centre, qui ont traité certains de mes échantillons

Enfin, la mise en forme de cette thèse a été effectuée avec l'aide de mes collègues et amis du Laboratoire. Il s'agit plus précisément de :

Mademoiselle ITONGO (Tine Maïté). Les heures qu'elle a passées à m'aider sont le témoin du sens qu'elle donne à l'amitié et rentrent dans le cadre des exigences de celle-ci.

Messieurs A. KITSOUKOU ; A.DIOUF ; A. M. MOUTZANGA . Merci pour leur soutien moral et matériel

Que mes collègues qui sont en fin de thèse et qui m'ont libéré l'ordinateur pendant les dernières semaines, trouvent ici l'expression de mes remerciements.

J'espère, si non je souhaite, avant de terminer cet avant-propos, que ce travail puisse être de bon augure pour une grande collaboration tripartite entre l'ORSTOM, le CEREG et la Direction de la Recherche Scientifique du Congo, collaboration qui permettrait d'approfondir certains thèmes abordés encore modestement dans cette thèse.

INTRODUCTION GENERALE

LES MOTIVATIONS ET LES METHODES UTILISEES

1 - LE CHOIX DU SUJET ET LES BUTS DE L'ETUDE

La région côtière du Congo a déjà fait l'objet de nombreuses recherches dans divers domaines, notamment dans celui de la géologie, de la géophysique, de la pédologie, de la botanique, des sciences humaines. Parmi ces travaux, certains méritent d'être mentionnés en raison de leur importance pour notre propre recherche. Il s'agit des travaux de :

- VENNETIER (1968) qui, dans une thèse consacrée surtout aux aspects humains et économiques de cette région, a fait une présentation complète de son milieu naturel.

- GRESSE qui conduit depuis le début des années 1970 des investigations dans le domaine du Quaternaire marin et littoral de cette région.

- SCHWARTZ dont les travaux ont fait progresser la connaissance des paléoenvironnements de la région côtière. La synthèse qu'il a publiée avec LANFRANCHI (1990) regroupe plusieurs travaux portant sur la préhistoire, la protohistoire, sur les paléoenvironnements continentaux littoraux et marins.

Cependant, certains aspects de la géomorphologie régionale n'ont été abordés jusque là que très timidement. C'est le cas par exemple de la dynamique des cirques d'érosion dont la vigueur des formes contraste avec la faiblesse de l'incision le long des versants par ailleurs. En dépit de leur intérêt scientifique et des problèmes qu'ils posent sur le plan de l'aménagement du territoire, ces modelés de dissection n'ont pas fait l'objet d'études détaillées. Seules quelques publications de VENNETIER (1968), RIQUIER(1966), PEYROT (1983), SCHWARTZ et al (1990) témoignent de l'intérêt porté à ce trait majeur de la morphogenèse régionale.

L'analyse des conditions de genèse et d'évolution, à différents pas de temps, de ces formes majeures représente à nos yeux un objectif essentiel. A cet objectif de recherche fondamentale s'ajoute une perspective plus appliquée dans la mesure où nos conclusions peuvent être une aide aux aménageurs, notamment pour les tracés de voies de communication et aussi pour une mise en culture plus rationnelle des fonds de cirques.

L'étude nécessite en conséquence une description détaillée du modelé qui présente une grande variété dans la région. L'espace de 2500 km² environ, compris entre la vallée du fleuve Kouilou au Nord et la région du lac Loufoualéba au Sud de la Loémé, entre l'Océan

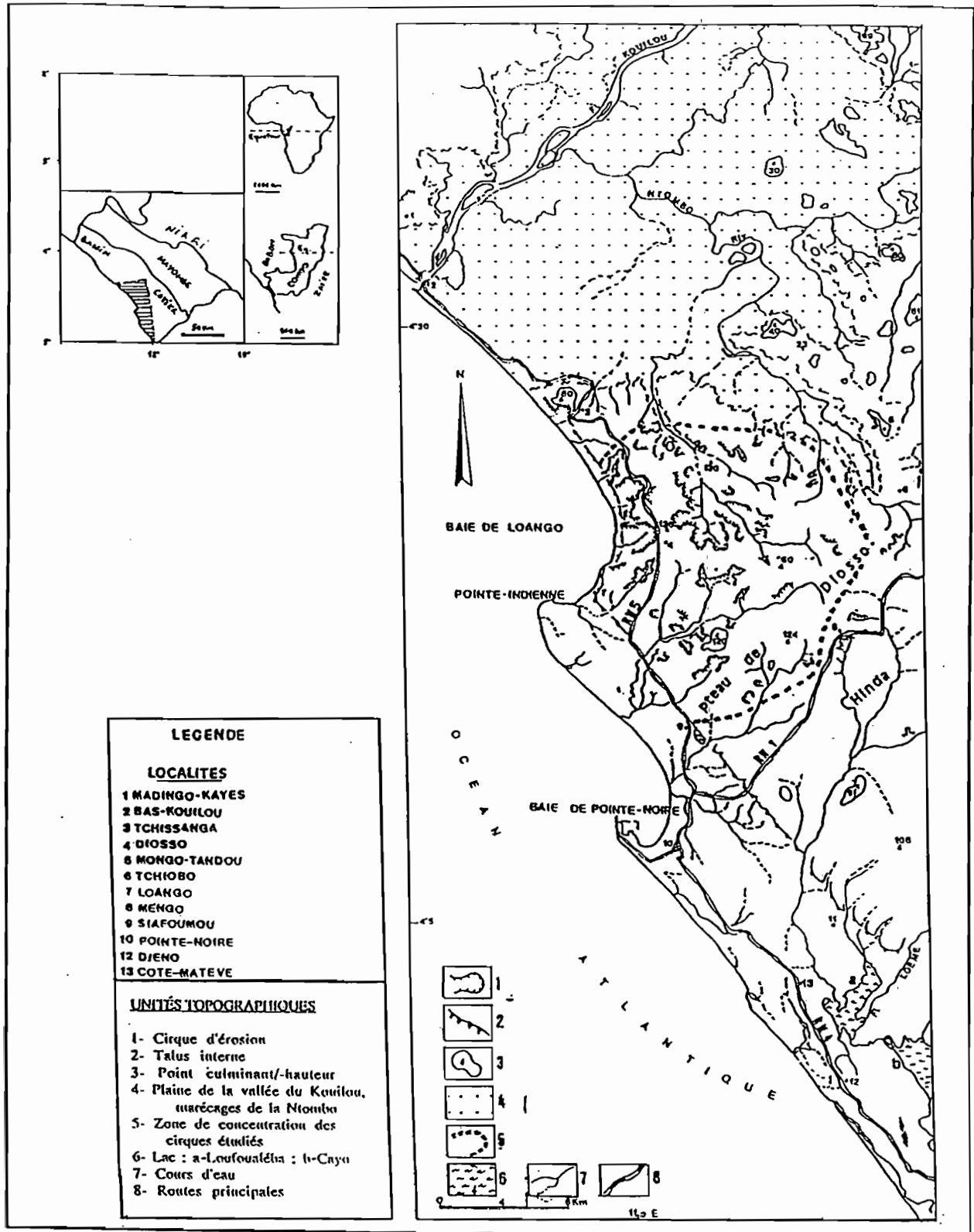


Fig. 1 - Localisation de la région et des unités topographiques étudiés.

Atlantique à l'Ouest et les collines prémayombiennes à l'Est (fig.1), a retenu mon attention à cause de son caractère représentatif : il offre une grande diversité de formes. C'est dans cette partie de la région côtière qu'on trouve les cirques les plus vastes et les plus actifs.

L'étude de ces formes a été basée avant tout sur l'observation et l'analyse des unités géomorphologiques dans lesquelles elles s'inscrivent. Ces deux opérations ont été menées à la fois sur le terrain et au laboratoire. Sur le terrain a été fait l'examen détaillé des formations en place grâce aux coupes qu'offrent les parois des cirques et aux sondages effectués à la tarière. Ce travail de terrain a été préparé et appuyé par l'étude des documents iconographiques. Il a permis en outre la collecte d'une série d'échantillons sur lesquels ont été appliquées un certain nombre d'analyses.

Les analyses effectuées au laboratoire sont : la granulométrie des sables et de la fraction fine ; la morphoscopie et l'exoscopie ; la diffraction aux rayons X des minéraux argileux. et l'interprétation des photographies aériennes par la photogrammétrie. Le protocole de toutes ces analyses et le but de leur réalisation sont décrits, ci-dessous, dans le paragraphe 3 (Matériel et Méthodes).

L'interprétation des résultats des analyses de terrain et de laboratoire a été menée en s'appuyant sur les résultats d'autres travaux scientifiques dont la lecture a été un exercice continu pendant toute la durée de ces investigations. Avant de décrire les différentes analyses effectuées, il importe de présenter brièvement le cadre de l'étude.

2 - LA PRESENTATION DU CADRE PHYSIQUE ET HUMAIN

A - LES ELEMENTS DU MILIEU NATUREL

Le Congo s'ouvre au Sud-Ouest par une façade maritime de 17.000 km², soit environ 4% de la superficie totale du pays. Cette région comprend deux ensembles morphostructuraux parallèles à la côte : le bassin sédimentaire côtier auquel succède le massif ancien du Mayombe.

Le bassin sédimentaire commence à l'Ouest par une frange littorale composée d'une série de cordons sableux parallèles à la côte dont le trait, long de d'environ 180 km, est orienté SE - NW, elle est découpée en sections qui du Sud au Nord se décalent vers l'Est. Le littoral est dominé à l'Est par des bas plateaux ondulés et découpés par des vallées profondes. Ces plateaux peu accidentés sont séparés du littoral par un talus à profil très redressé. C'est le long de ce talus¹ et sur les versants des vallées que se localisent les cirques d'érosion. A l'Est de ces plateaux se développe une zone de collines polyconvexes qui termine le bassin sédimentaire et forme la transition entre ce dernier et le Mayombe.

Le Mayombe est un bourrelet montagneux large de 30 à 80 km qui isole le bassin côtier de l'intérieur du pays. Son relief est typiquement appalachien, c'est-à-dire composé par une succession de crêtes assez aiguës culminant vers 930 mètres et de dépressions profondes et allongées.

Sur cette région règne un climat équatorial de transition, intermédiaire entre le climat équatorial pur et le climat tropical (MOLINIER-1979). Il se caractérise, toutefois, principalement par une alternance de deux saisons bien tranchées : la saison des pluies et la saison sèche. La première, la plus longue, dure d'octobre à mai, la diminution des pluies en décembre et janvier étant trop peu marquée pour que l'on puisse même parler de petites saison sèche. Il tombe en moyenne 1250 mm d'eau par an. La saison pluvieuse est la saison chaude avec des températures souvent supérieures à 25° et des maxima pouvant atteindre 35°, alors que pendant la saison sèche, la moyenne saisonnière se situe autour de 20°.

L'humidité relative est très élevée ; les maxima enregistrés aux lever et coucher du soleil sont voisins de 95%, en toute saison. Au milieu de la journée, ces taux peuvent descendre à 69% de minimum (fig. 2).

La régularité des vents entretient une évapotranspiration potentielle élevée toute l'année. Les calmes (vent inférieur à 1 m/s) dominant surtout la nuit et le matin les "vents frais", d'environ 10 m/s sont rares et de courte durée : 30 min. à une heure au plus. Les directions dominantes des vents sont le Sud qui correspond presque exclusivement aux tornades de nature orageuse, et surtout le Sud-Ouest correspondant aux risées et aux vents normaux (fig.3). Entre 1960 et 1964, le vent a atteint ou dépassé 3 fois 20 m/s, le maximum atteint étant de 22 m/s, d'après une étude de la direction du port de Pointe-Noire de 1979.

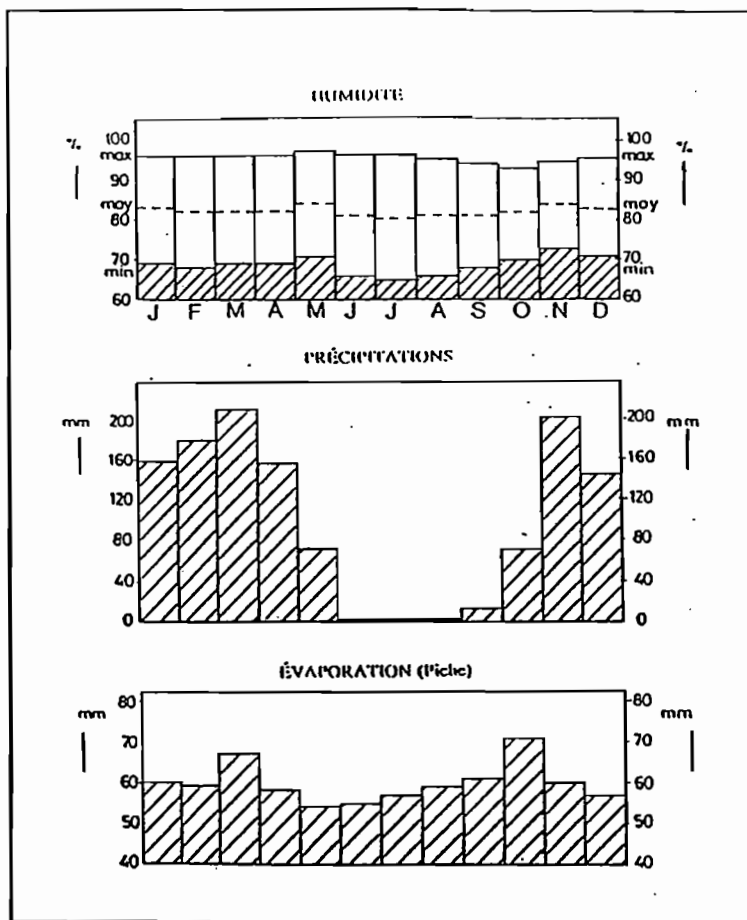


Fig. 2 - Quelques données climatiques de Pointe-Noire
(moyennes de 1951 à 1980)

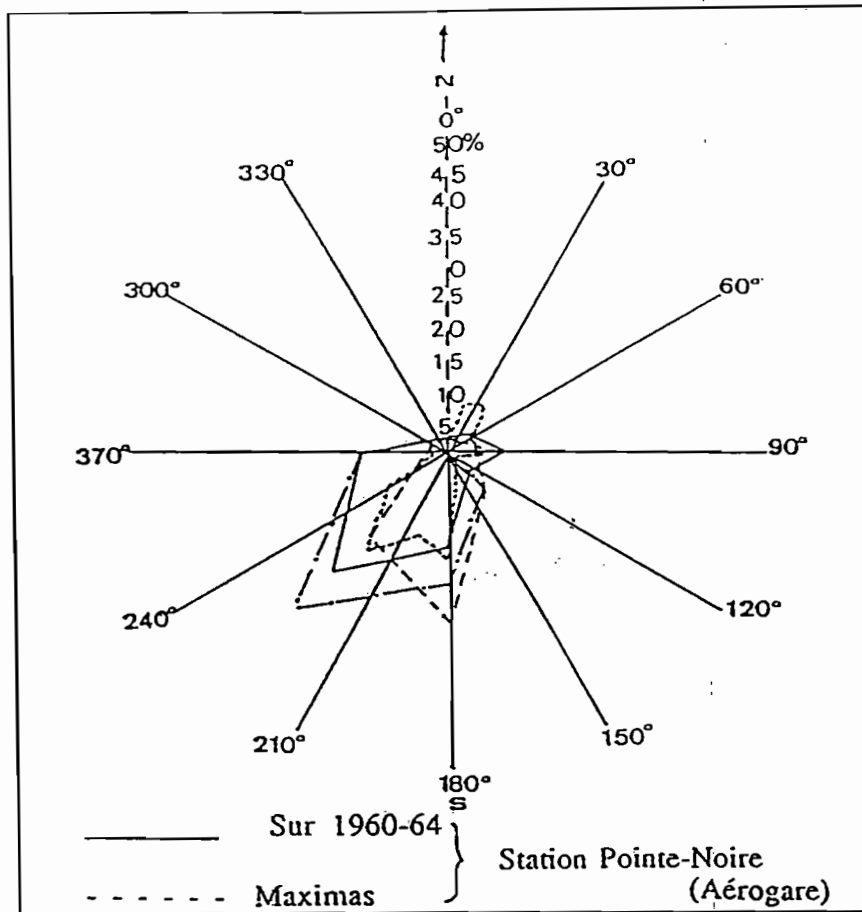


Fig. 3 - Répartition en direction des vents à la côte de Pointe-Noire in rapport de l'ATC, Direction du Port (1984)

----- Instructions nautiques
 -.-.-.-.- Station de Loango

Mais nous verrons dans ce travail que l'irrégularité interannuelle des pluies est l'une des caractéristiques les plus marquantes du climat côtier. Ces pluies alimentent trois types de cours d'eau qui drainent la région (fig.4)

– Les courtes rivières qui naissent au pied du talus interne et dont le fonctionnement est lié à la fois au climat régional et à la dynamique de l'Océan Atlantique.

– Les cours d'eau qui prennent leur source dans le Mayombe. Ils ont un tracé assez sinueux et un écoulement tumultueux dans la montagne, et leur lit est bordé de terrains marécageux dans le bassin sédimentaire.

– Enfin le troisième type est représenté par l'unique fleuve, le Kouilou, qui traverse le massif montagneux par un tracé sinueux avant de se jeter dans l'Océan. Ainsi son régime ne dépend pas uniquement du climat local et de ses affluents côtiers.

Ces différents cours d'eau approvisionnent de nombreux lacs qui parsèment le bassin côtier.

La végétation est représentée succinctement par :

- des forêts naturelles qui recouvrent la chaîne mayombienne et les collines prémayombiennes, les vallées et certaines dépressions fermées des plateaux. Peuplée d'espèces variées, cette forêt a atteint une certaine maturité dans les zones refuges tels que les versants pentus du Mayombe. Elle est cependant en pleine dégradation à cause de l'action anthropique qui donne naissance à une forêt secondaire largement répandue dans la région :

- la forêt naturelle alterne, à l'approche du littoral, avec une vaste savane très pauvre du point de vue de sa composition floristique. La strate herbeuse est dominée ici par *Hypparhenia diplandra* et la strate arbustive par *Annona arenaria*;

- les forêts artificielles, introduites récemment par l'homme et qui, constituées surtout d'*Eucalyptus hybridus* et de Pins, remplacent progressivement la savane.

- Autour des lacs et dans les dépressions humides du littoral se développent des papyraies où domine *Cyperus papyrus*.

- Le long des estuaires pousse une maigre mangrove dans laquelle le *Rhizophora* est le genre dominant. Les cordons sableux sont colonisés par le bush littoral qui est un fourré à *Manilkara lacera*, arbre de petite taille extrêmement branchu à l'écorce crevassée.

Le climat, d'une part, et la roche mère, d'autre part, sont les paramètres qui influencent principalement les caractéristiques pédologiques de la région. Les sols subissent, dans ce bassin côtier, un lessivage très profond à cause de leur grande perméabilité. Avec des teneurs en sables atteignant 95%, les sols de savane sont en général ferrallitiques, lessivés, très acides en surface, avec un pH variant entre 4,5 et 5,5 (JAMET-1969; SCHWARTZ-1990). L'hydromorphie quasi permanente donne aux sols un caractère tourbeux sous les papyrus.

Ce paysage naturel est actuellement influencé, sur le plan morphodynamique, par les activités des hommes dont il convient de présenter rapidement les caractéristiques principales.

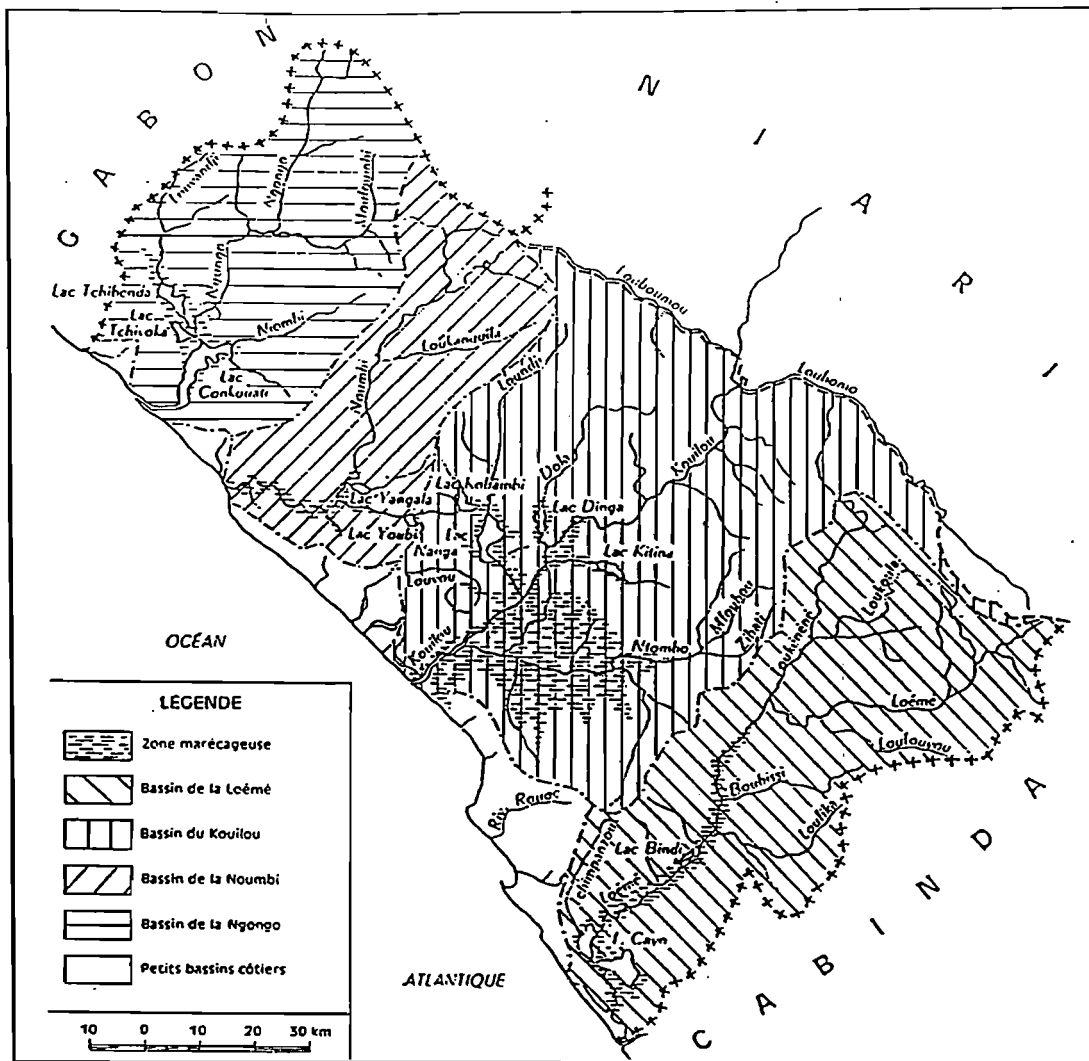


Fig. 4 - Les bassins fluviaux de la façade maritime
(Venetier - 1968)

B - LE CONTEXTE HUMAIN

Les données de la population se définissent d'abord par une répartition inégale des personnes qui favorise largement la ville de Pointe-Noire, ensuite par une population rurale très dispersée.

En effet, l'agglomération principale, Pointe-Noire, a vu croître rapidement ses effectifs au détriment de la campagne environnante et même lointaine.

Aujourd'hui, avec près de 300.000 habitants, Pointe-Noire regroupe environ 70% de la population régionale qui est estimée à 443.300 habitants (ELENGA - 1991). La population rurale est dispersée à travers les dizaines de petits villages qui s'égrènent le long des routes principales. Les densités rurales sont donc très faibles. Mais en dépit de ces faibles densités et de la grande dispersion de cette population rurale, son activité liée surtout aux défrichements répétés de la forêt a

des répercussions sur la morphodynamique actuelle de la région. Cette influence humaine n'est pas très visible parce que ses conséquences ne sont pas catastrophiques. Mais elle est très marquante, notamment dans les cirques, tel celui de Diosso où elle favorise la permanence de l'érosion.

3 - LE MATERIEL ET LES METHODES

* Documents cartographiques utilisés

Dans l'étude des documents cartographiques, la carte topographique au 1/20.000 de 1960, dressée en quatre feuilles par l'I.G.N. et qui couvre la région étudiée, a été le document de base sur lequel s'est faite la reconnaissance des unités de paysage.

Les cartes suivantes ont aussi été largement utilisées :

– Carte des côtes du Congo français, Feuille n°21 au 1/80.000 dressée par J. HANSEN (1893), éditée par l'administration des colonies Service géographique)

– Carte de la région de Pointe-Noire au 1/100.000 dressée par CARDET et ARCHIMBAUD (1931) éditée par le service géographique du gouvernement général de l'A.E.F.

– Carte géologique de la république du Congo, zone comprise entre les parallèles 2° et 5° Sud, dressée par DADET au 1/500.000 et publiée par le B.R.G.M. (1969)

– Carte topographique de la région de Pointe-Noire au 1/50.000 (en 4 feuilles), dressée par SOFRATOP (Paris) et éditée par Elf-Congo (1981)¹

– Carte de l'Afrique centrale au 1/200.000, feuille de Pointe-Noire (S.B. 32-VI) dressée et éditée par l'I.G.N en 1966

* Etude des photos aériennes

Pour l'étude des photographies aériennes, les missions suivantes, qui couvrent la région de Pointe-Noire, ont servi de base:

_ Mission S.B.-32(bis)-VI au 1/50.000 I.G.N.(1951).

_ Mission S.B.-31(1bis)-VI au 1/50.000 I.G.N. (1960).

_ Mission 66 A.E.331/125 au 1/12.500 I.G.N. (1966).

_ Mission Cong.24/300 au 1/30.000 I.G.N. (1981).

_ Mission 83/Cong. au 1/8.500 I.G.N. (1983).

¹ non disponible dans le commerce.

La comparaison de toutes les missions aériennes a permis de suivre l'évolution qualitative et quantitative des cirques d'érosion, en particulier celui de Diosso dont l'étude a fait l'objet de la troisième partie de la thèse.

La photo-interprétation a été complétée par la photogrammétrie. Celle-ci a été faite avec l'aide de notre collègue J TCHICAYA, ingénieur en photogrammétrie, sur stéréotopographe POIVILLIER SOM type D3, au C.E.R.G.E.C. de Brazzaville.

Deux types de documents ont été exploités: les cartes anciennes et les photographies aériennes. Seules les photographies aériennes ayant une échelle supérieure ou égale à 1/50.000 ont été retenues, pour des raisons de précision (UPOLI, 1987).

La restitution photogrammétrique a été réalisée d'abord à l'échelle des photos. Grâce à cet appareil, chaque couple de clichés a été replacé dans une position identique à celle occupée au moment de la prise de vue. La démarche utilisée est la méthode classique de restitution photogrammétrique qui passe par plusieurs orientations à savoir :

- une orientation interne qui permet de reconstituer pour chaque cliché sa gerbe perspective, ce qui revient à repositionner le sommet perspectif par rapport au cliché comme dans la chambre de prise de vue ;

- une orientation relative, qui est la formation du modèle stéréoscopique ou modèle spatial. Elle consiste à orienter, l'une par rapport à l'autre, les deux gerbes reconstituées lors de l'orientation interne, de manière que tout rayon de l'une coupe le rayon homologue de l'autre ;

- une orientation absolue qui consiste à mettre le modèle spatial à l'échelle et à l'orienter dans l'espace-terrain à l'aide de quatre points identifiables sur les clichés et connus en coordonnées terrain.

Les opérations liées à ces orientations permettent de corriger les déformations des photos et de passer du modèle spatial à l'espace terrain. Elles sont suivies par les opérations de réduction et d'agrandissement au pantographe (avec une précision de 1/10 mm) pour ramener toutes les données à une même échelle (1/25.000), afin de superposer et de comparer les schémas obtenus.

*** Analyses de laboratoire**

- La granulométrie

Les analyses granulométriques par tamisage des sables et par sédigraphie de la fraction fine ont été effectuées au Laboratoire de Sédimentologie du CEREG, à Strasbourg. La technique de tamisage utilisée est celle décrite par CAILLEUX et TRICART (1963), reprise par RIVIERE(1977).

Le calcul des indices statistiques et la représentation des courbes ont été faits par traitement informatique, grâce à différents programmes permettant de calculer plusieurs coefficients (Asymétrie ou coefficient de dissymétrie- Skweness: Ski : coefficient d'acuité ou angulosité-Kurtosis etc...)¹

L'interprétation des résultats a été faite en tenant compte des différents faciès ou courbes canoniques de RIVIERE (1977) couramment utilisées à savoir (fig.5) :

- le faciès parabolique dont la courbe dessine une parabole dont la concavité est tournée vers le haut. Il traduit des apports s'effectuant par un courant rapide avec un bon classement du matériel ; les sédiments sont triés au cours du transport (type fluviatile ou analogue) ; la sédimentation se fait par excès de charge
- le faciès logarithmique dont la courbe est une droite. Le dépôt se fait par excès de charge soit à la suite d'une diminution brutale et subite de la compétence de l'agent de transport.
- le faciès hyperbolique dessinant une hyperbole dont la concavité est tournée vers le bas. Il exprime un dépôt se faisant par décantation .

Pour les indices granulométriques, outre les fractiles et les moments statistiques cités ci-dessus, l'indice de classement de TRASK (So : sorting index) a été retenu. Il est égal à 1 pour un classement parfait et il est d'autant plus élevé que le classement est mauvais.

Au total 30 échantillons, prélevés aussi bien sur le plateau que sur le littoral (fig. 6), ont été traités dont 25 résultats ont été utilisés dans le texte. La granulométrie m'a surtout permis de comparer les formations entre elles, notamment entre les sédiments littoraux et les formations du plateau.

¹ On trouvera une description plus détaillée de ces analyses dans KITSOUKOU (1992).

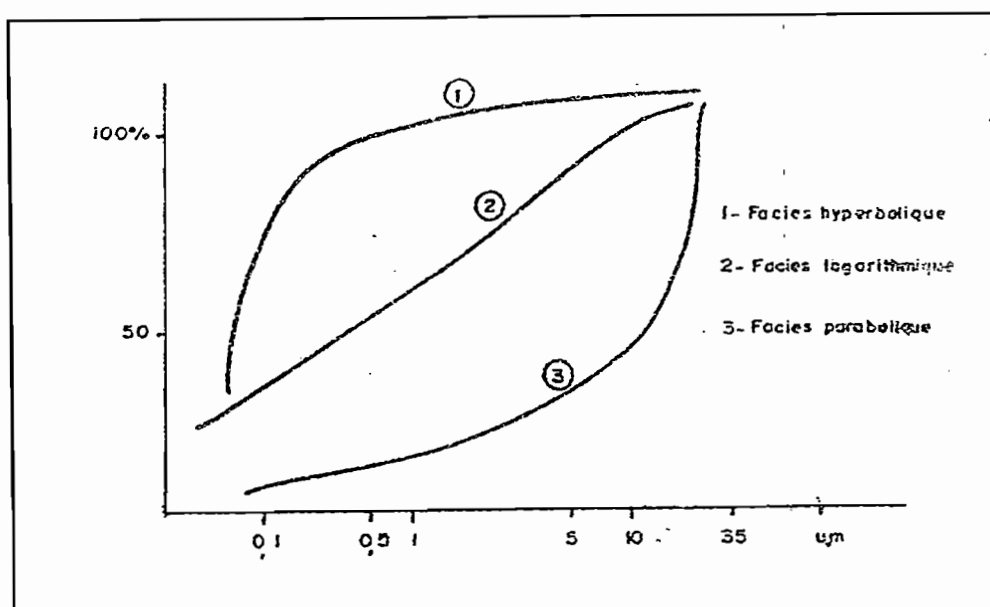


Fig. 5 - Les trois principaux faciès de dépôts fins

- La morphoscopie et l'exoscopie

L'étude granulométrique a été complétée par la morphoscopie effectuée à la loupe binoculaire au CREG et par l'exoscopie réalisée au Microscope Electronique à Balayage (M.E.B) à l'Institut de géologie de Strasbourg.

La méthode d'étude et l'interprétation des résultats des analyses morphoscopiques et exoscopiques ont été conduites en suivant FLAGEOLLET (1977) pour les premières et LE RIBAUT (1977) pour les secondes. L'observation morphoscopique des grains est faite suivant la charte visuelle de KRUMBEIN et SLOSS (1963), reproduite par CHAMLEY (1987), qui classe les grains en 5 catégories d'arrondi (ou d'émoussé), de 0,1 à 0,9 du degré d'usure le plus bas au degré le plus élevé. Pour chaque échantillon, la population utilisée est de 100 grains moyens (0,4 - 0,5 mm). Deux résultats seulement sur 10 échantillons traités, ont été utilisés pour la morphoscopie et 6 sur 10 échantillons, ont été utilisés en exoscopie (photos de la planche I).

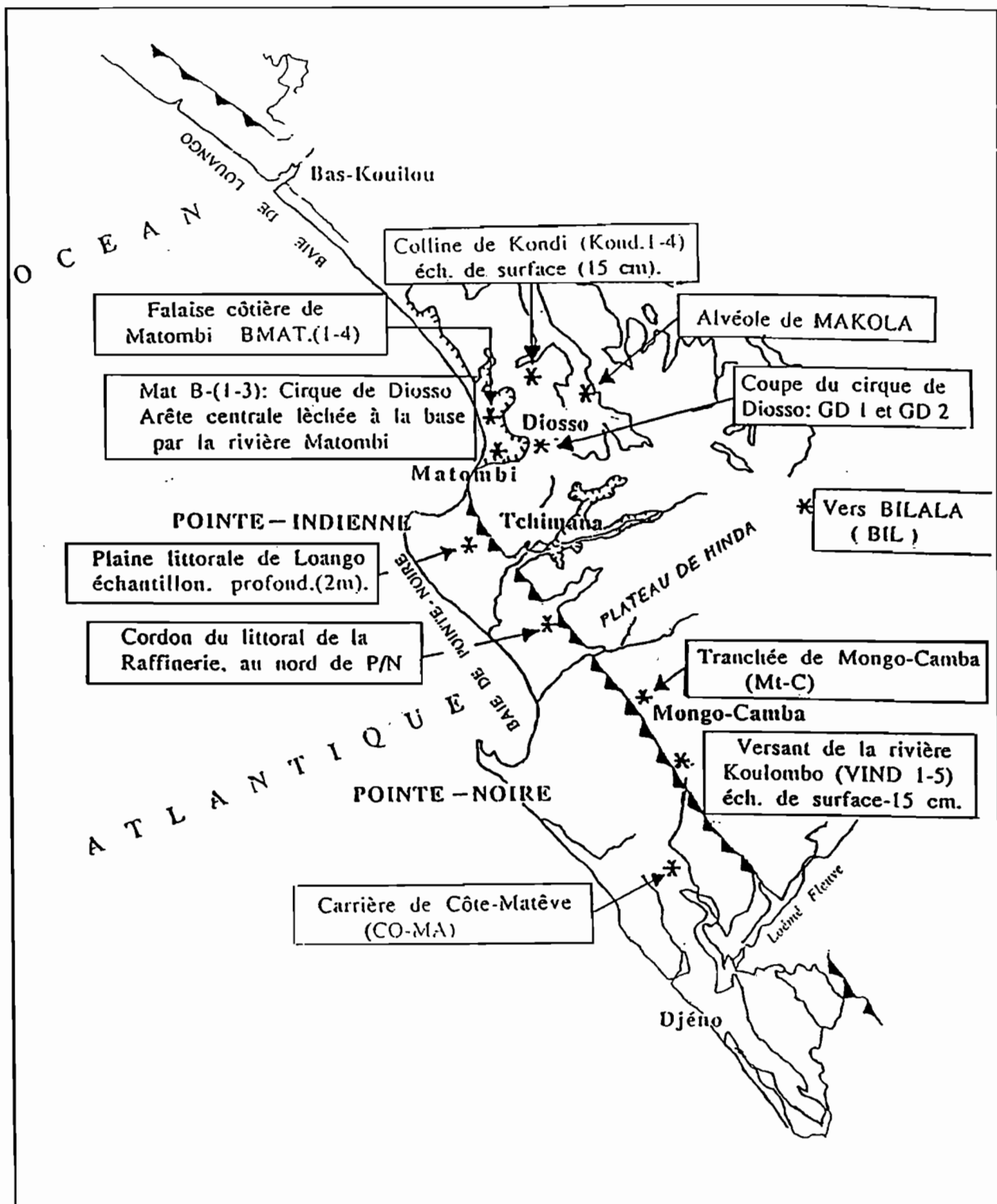


Fig. 6 - Localisation des zones d'échantillonnage

* Autres analyses de laboratoire

Au Laboratoire a également été effectuée l'étude des minéraux argileux par diffraction aux rayons X. 10 échantillons ont été traités dont 6 ont été utilisés dans le texte. Les échantillons ont été prélevés sur le plateau (G.D.-1 et 2 ; Mt-C) et sur la plaine littorale (CO-MA ; TCH. LOA.), pour comparer les deux grandes unités morphologiques. Réalisée à l'Institut de géologie de Strasbourg, cette analyse a permis de noter la similitude minéralogique existant entre les formations du plateau en l'occurrence le niveau supérieur et les sédiments de la plaine littorale.

– La vitesse de filtration a été évaluée sur 12 échantillons représentatifs des deux grandes unités morphologiques. Réalisée au Laboratoire de Géomorphologie du CEREG, par la méthode de HENIN (1977), améliorée par le Centre, cette méthode permet d'obtenir un coefficient K qui permet de mesurer l'aptitude du milieu à l'eau qu'il contient pour un état de saturation donné. On travaille sur des échantillons saturés et on mesure le volume d'eau percolé à travers l'échantillon pendant un intervalle de temps (1 heure) sous une charge nulle. Cette méthode serait plus intéressante, si on travaillait sur des échantillons non remaniés, comme pour la mesure de la conductivité hydraulique à saturation.

Effectuée sur des échantillons perturbés, qui ne reflètent pas toujours la réalité d'un point de vue structure du sol, cette analyse permet néanmoins de comparer différents échantillons. Elle permet surtout de suivre le comportement des formations vis-à-vis de l'eau après une certaine durée après saturation. Les échantillons à forte teneur en argile seront moins filtrant parce que l'argile gonfle au contact de l'eau et modifie la porosité des formations (MERIAUX, 1979). Dans la recherche des facteurs qui expliquent la dynamique actuelle, cet aspect m'a paru important.

4 - LE PLAN DE L'ETUDE

L'étude se divise en trois grandes parties.

- La première présente et explique le cadre géomorphologique de l'arrière-pays de Pointe-Noire, en fonction de l'évolution géologique et des variations paléoclimatiques.
- La deuxième partie est consacrée à l'étude de la dynamique actuelle. Elle englobe la description typologique des cirques d'érosion et l'analyse des causes ainsi que des conditions de la dynamique actuelle.
- La troisième partie est une étude de cas qui traite des aspects quantitatifs de l'érosion dans le grand cirque de Diosso.

A la suite des conclusions partielles, la conclusion générale insiste et une synthèse sur l'évolution chronologique des différentes générations de cirques dans le bassin côtier du Congo.

Première partie

LE CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

Chapitre I

UNITES TOPOGRAPHIQUES.

Le relief de la région côtière se compose de trois grandes unités topographiques qui s'abaissent de l'Est vers l'Ouest. Il s'agit du Mayombe, des bas-plateaux et de la plaine littorale (fig.7).

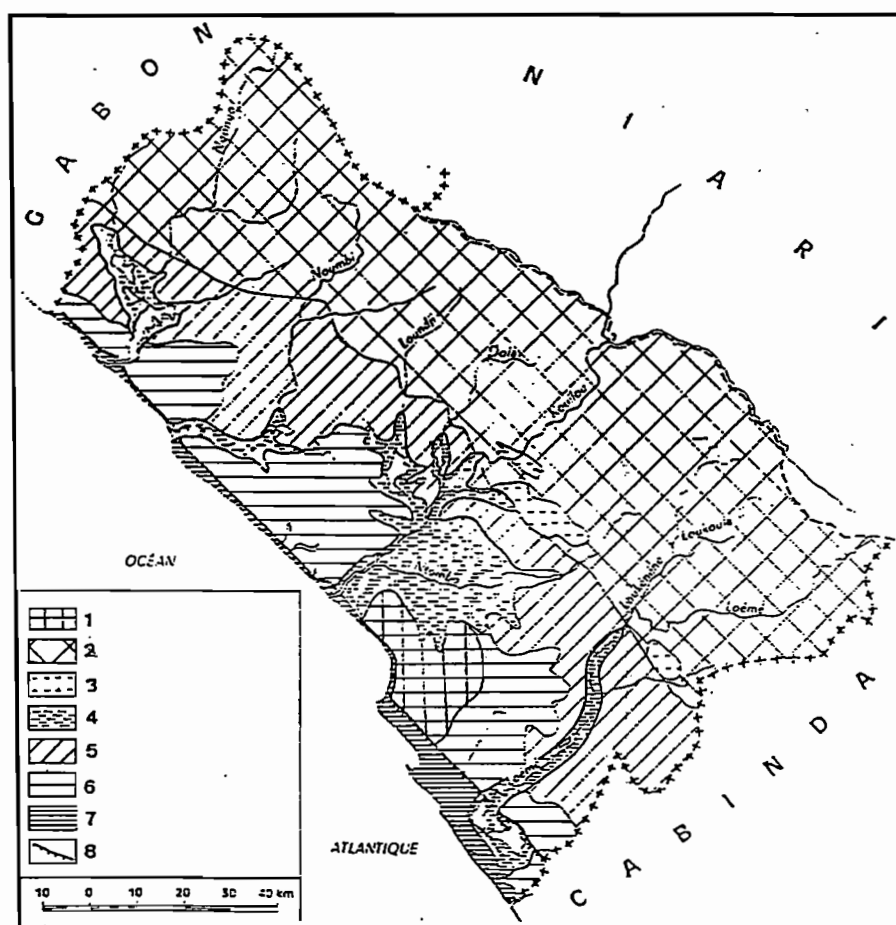


Fig. 7 - Distribution en plan des grandes unités topographiques de la région côtière du Congo (Vennetier - 1968)

- 1- Modelé en cirque.; 2- Relief appalachien.; 3- Massif granitique.
- 4- Marécages.; 5 - Relief de collines.; 6- Relief de plateaux.;
- 7- Plaine littorale.; 8- Talus important.

1 - LE MAYOMBE.

Le Mayombe est une chaîne de moyenne montagne. Il s'étend parallèlement à la côte atlantique sur près de 1700 km depuis le Gabon au nord jusqu'en Angola au Sud (BIGOTTE-1959). Sa largeur atteint 80 km au Congo (VICAT et GIOAN-1989). La topographie est caractérisée par une succession de chaînons aux sommets allongés, arrondis et découpés par l'érosion. Les interfluves sont séparés par des profondes vallées en gorges encaissées.

Cette disposition des grandes lignes du relief est très nette dans la partie orientale de la montagne. Les principaux chaînons ont une orientation SE - NW. Malgré le travail très actif de l'érosion régressive qui a coupé plusieurs chaînons par suite de nombreuse captures, ce flanc oriental possède encore, comme on le voit sur la figure 8 réalisée par VENNETIER (1968) grâce à la photo-interprétation, les interfluves les plus longs. La chaîne du mont Bamba est sans doute la plus élevée avec des altitudes variant souvent entre 600 et 800 m. Elle culmine vers 930 m. au mont Fougati situé à la frontière méridionale de la chaîne (VENNETIER -1968 ; VICAT et GIOAN -1989).

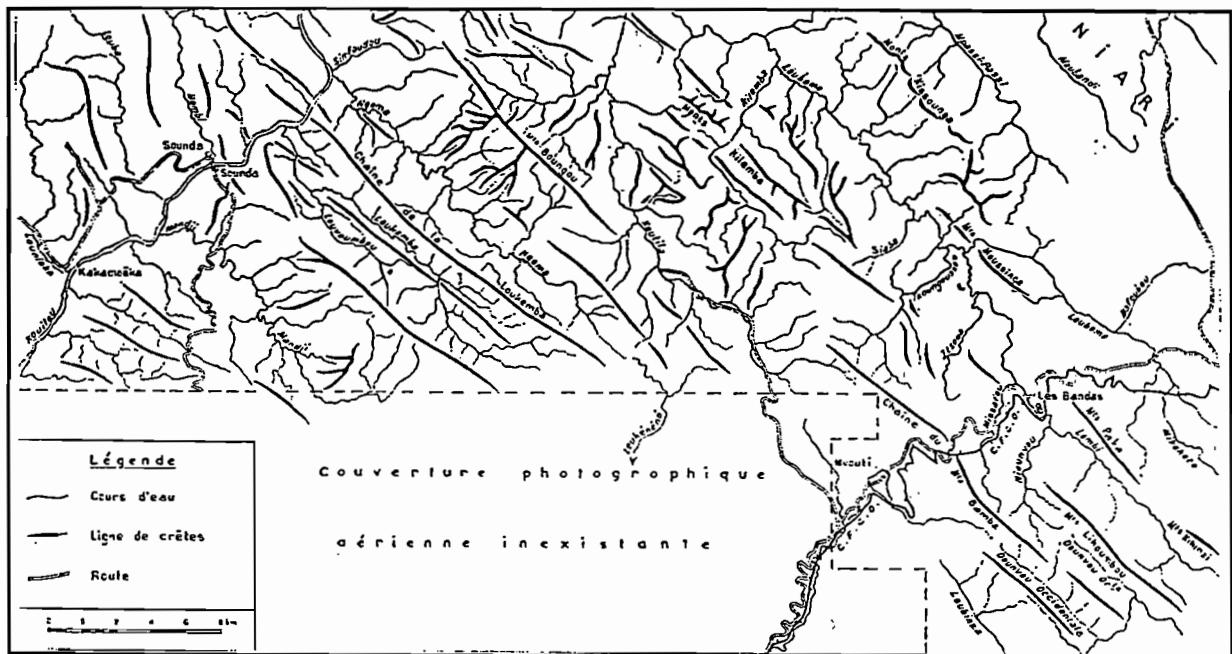


Fig. 8 - Réseau hydrographique et principales lignes de crêtes sur la façade orientale du Mayombe (Vennetier - 1968)

Le flanc occidental de la montagne est plus disséqué. Les chaînons sont plus courts et plus trapus, mais tout aussi vigoureux. On reconnaît par endroit l'orientation SE - NW des lignes de crêtes mais celles-ci alternent parfois avec des lourdes collines et des dépressions larges.

Ainsi le Mayombe présente des formes heurtées, caractérisées par des dénivellations importantes et brutales qui donnent à ce milieu un aspect sauvage, encore accentué par la forêt dense qui le couvre presque dans sa totalité. Cette forêt se présente dans un état secondaire caractérisée par un appauvrissement notoire en espèces et un développement d'espèces naturalisées tel *Eupatorium odoratum* dans les zones à forte concentration humaine, le long du chemin de fer et du fleuve Kouilou en particulier. Partout ailleurs, elle reste encore primaire avec une grande richesse floristique caractéristique d'une forêt mésophile. On y trouve, d'après l'inventaire de DOWSETT-LEMAIRE (1991), entre autres, des Caesalpiniacées, des Irvingiacées (*Desbordesia glaucescens*, *Irvingia gabonensis*, *I. grandifolia*, *Klainedoxia gabonensis*) et des Myristicacées (*Staudtia gabonensis* ...). Par endroit, sur les flancs occidental et oriental notamment, on note des savanes incluses dont l'origine a déjà fait l'objet de quelques études (SCHWARTZ et al., 1990; de FORESTA-1990), et qui sont actuellement affectées par un ravinement intense, notamment sur les versants très pentus.

2 - LES PLATEAUX COTIERS.

A l'Ouest du Mayombe se succèdent deux surfaces étagées présentant chacune ses caractéristiques topographiques (fig.9)

La première surface, la plus haute, se développe au pied de la retombée occidentale du Mayombe. Elle culmine à 175 m et forme un relief de collines massives disposées dans un désordre apparent. La figure n° 10, qui est un extrait simplifié de la carte topographique au 1/50.000, présentant la région de Hinda, située à environ 30 km au Nord-Est de Pointe-Noire, illustre bien le caractère très découpé du relief de cette région.

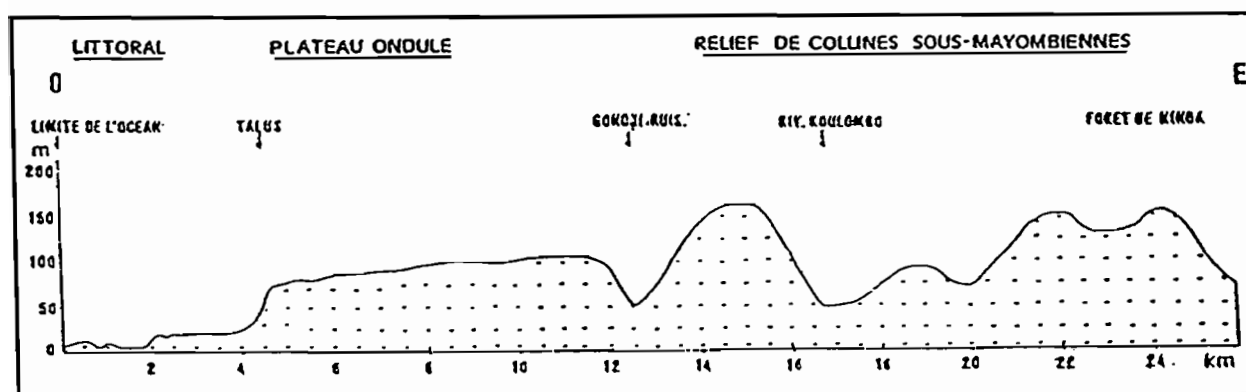


Fig. 9 - Etagement des unités topographiques de la région côtière du Congo

Les collines ont, pour la plupart, des sommets arrondis et des versants allongés et rectilignes qui aboutissent à des vallées marécageuses. Les pentes des versants, descendent rarement en dessous de 3° (5,24%) mais atteignent souvent 25° (46%). La plupart des vallées s'enfoncent au delà de 100 m et à cause de l'étroitesse de leur fond, elles prennent l'allure de véritables gorges, notamment celles situées au pied du Mayombe.

Cette première surface très découpée est occupée par une mosaïque forêt-savane très complexe, encore peu perturbée par les forêts artificielles d'Eucalyptus.

Les espèces, tant ligneuses que herbeuses, de la savane n'ont pas encore fait l'objet d'un inventaire systématique. Les études de Zinga (inédit), citées par CUSSET (1989), distinguent des zones plus boisées et des zones de savane, *stricto sensu*. Les premières sont dominées par des essences à plantules héliophiles qui assurent le début d'une reforestation naturelle de la savane. Les zones de savane pure sont dominées par des espèces savaniques comme *Bridelia ferruginea*.

Les relevés floristiques de SITA(1989) précisent que le tapis herbacé est dominé par *Rynchelytrum repens*, *Andropogon schirensis*, *Schizachirium thollonii* et le peuplement ligneux par: *Annona arenaria*, *Psorospermum febrifugum* en plus de *Bridelia ferruginea*.

Les observations de terrain, ainsi que l'étude des photographies aériennes, montrent que la savane boisée se localise au sommet des collines et parfois des versants. La forêt colonise en revanche le fond des vallées très souvent humide. Cette forêt se trouve aujourd'hui dans un état de dégradation très poussée à cause des défrichements répétés. Elle est cependant transgressive sur la savane. En effet, dans la plupart des vallées et vallons, la forêt remonte et déborde les limites des versants, lorsque cette évolution n'est pas justement contrariée par l'action de l'homme. DOWSETT-LEMAIRE (1991) a fait le même constat. L'auteur affirme que la régénération forestière est active partout sur ces savanes.

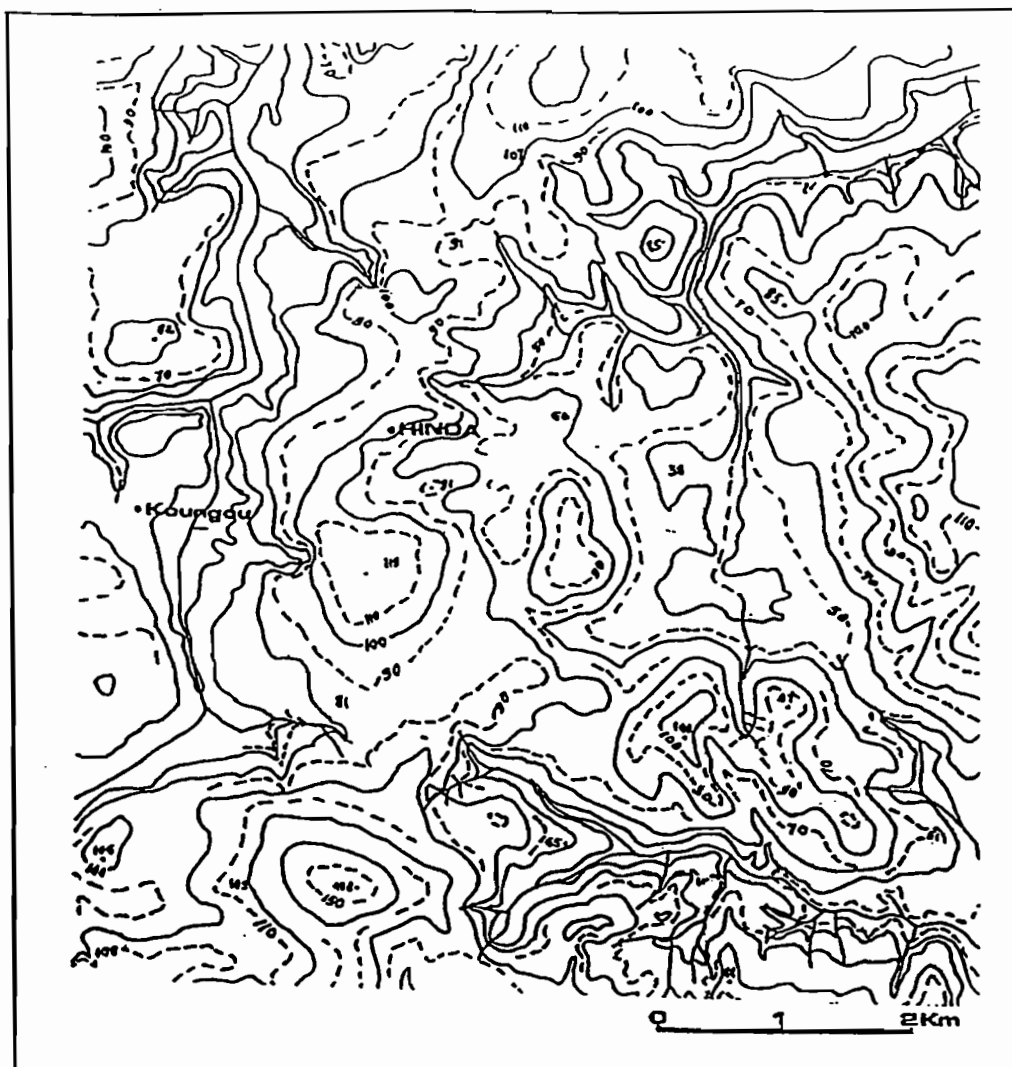


Fig.10 - Carte en courbes de niveau du relief des collines prémayombiennes

Le relief de collines se prolonge à l'Ouest d'une ligne Nord-Sud, passant juste à l'Ouest de Hinda, par une surface moins tourmentée, légèrement ondulée.

Culminant à 130 m environ, cette deuxième surface est scindée en trois grands ensembles limités par trois grandes vallées principales autour desquelles se greffent d'autres moins importantes mais assez profondes et plus ou moins humides. Ce sont, du Nord au Sud, la vallée de la Nombi, la vallée du Kouilou et celle de la Loémé. Ces longues dépressions délimitent ainsi du Nord au Sud le plateau de Tinkoussou, le plateau de Kayes et celui de Diosso-Hinda.

Le plateau de Diosso-Hinda constitue notre zone d'étude. Il s'étend entre la vallée du Kouilou au Nord et celle de la Loémé au Sud. Entre ces deux grands couloirs naturels s'étend d'Est en Ouest une ligne de partage des eaux axée sur Diosso qui délimite deux surfaces inégales et

opposées. L'une s'incline en pente douce vers le Sud et l'autre vers le Nord. Le flanc Nord, moins étendu (9 à 10 km de large) correspond au versant Sud de la vallée du Kouilou. Le contact entre cette surface et la plaine du Kouilou se fait par un talus très redressé. De ce talus partent plusieurs ravins aux rebords abrupts qui découpent profondément cette partie du plateau par érosion régressive.

La partie Sud est plus vaste. Sa surface monotone, qui s'étend à perte de vue, est perturbée, d'une part, par de petites ondulations et, d'autre part, par des vallées et des vallons secs, ainsi que par quelques dépressions fermées. Il faut noter que ces dépressions fermées sont plus répandues sur le plateau de Kayes au Nord du fleuve Kouilou où plusieurs d'entre elles sont occupées par des lacs à l'exemple du lac Yanga à quelques kilomètres au nord de Madingo-Kayes.

Des formes analogues ont été décrites sur les plateaux batéké et au Zaïre (BOCQUIER et BOISSEZON- 1959; CAHEN et MORTELMANS- 1973; SCHWARTZ et LANFRANCHI- 1990). L'origine de ces formes a fait l'objet de plusieurs interprétations sur lesquelles nous reviendrons

Ces plateaux ondulés proches du littoral sont également recouverts par une mosaïque forêt-savane. Sur le plateau de Diosso, la savane était plus étendue que la forêt jusqu'au début des années 1980. Elle occupait alors souvent les sommets des interfluves et les versants des vallées alors que les formations ligneuses se localisaient au fond des vallées. Aujourd'hui la savane est remplacée jusqu'à 80 voire 90%, par les forêts artificielles d'eucalyptus. Au Nord du fleuve Kouilou, sur le plateau de Kayes, par contre, la forêt était plus étendue que la savane qui a été également reboisée en eucalyptus. Ici, la régénération forestière est remarquable. La forêt naturelle occupe densément la surface du plateau contrairement à ce qu'on observe sur les plateaux méridionaux.

3 - LE TALUS INTERNE

Les plateaux sont séparés du littoral par un talus à profil redressé dont la hauteur de commandement varie entre 60 et 100 m. Entre la Pointe-Indienne et la frontière du Cabinda (fig. 6), ce talus a un tracé quasi rectiligne avec une direction mayombienne: sud est - nord ouest. Son profil est rectiligne avec une concavité basale sensible. Dans la région de Pointe-Noire, le talus se situe à 6 km environ de la côte. Au Nord, à partir de la baie de Loango, il est très proche de la mer dont il n'est séparé que de quelques centaines de mètres. Dans la baie de Loango, à l'extrémité Sud du cirque de Diosso, le talus se dresse directement en falaise au bord de la mer, à 20 à 30 m des eaux marines.

Ce talus présente localement un petit replat visible en contrebas de Tchissanga et en arrière de l'agglomération de Pointe-Noire. Il est découpé en plusieurs points par des vallées qui incisent les plateaux. C'est le long de ce talus et des versants des vallées que l'érosion a creusé les cirques étudiés dans ce travail. En contrebas s'étend le littoral aux paysages relativement variés.

4 - LES PAYSAGES LITTORAUX.

Le relief de détail du littoral est varié. Au pied du talus s'étend une plaine légèrement ondulée, séparée de l'Océan par des cordons sableux.

Les cordons sableux sont disposés en deux ou trois séries parallèles les unes aux autres et au trait de côte. La première série, la plus proche de l'Océan, culmine à 10 m, la suivante à 15 m et la dernière à 21 m. Ces cordons forment parfois de lourdes croupes aux sommets aplatis, séparées les unes des autres par des dépressions souvent marécageuses et lagunaires. Ils sont coupés, par endroit, par les cours d'eau qui descendent du plateau et se jettent dans l'Océan.

Ces cordons portent presque toujours un fourré littoral, une maigre forêt très complexe. Ainsi au nord de Pointe-Noire à la hauteur de la Raffinerie de pétrole, où domine *Manilkara lacera*. Dans certains secteurs comme à Djeno, on observe des groupements de palmier *Phoenix reclinata* et *Borassus aethiopicum*.

A l'arrière des cordons sableux se déploie la plaine littorale particulièrement monotone. Elle est très développée au Sud de Pointe-noire où sa largeur atteint 4 km entre Ngoyo et Côte-Matêve et où elle est tapissée d'une pelouse à *Stenotaphrum*. (cf. fig.1).

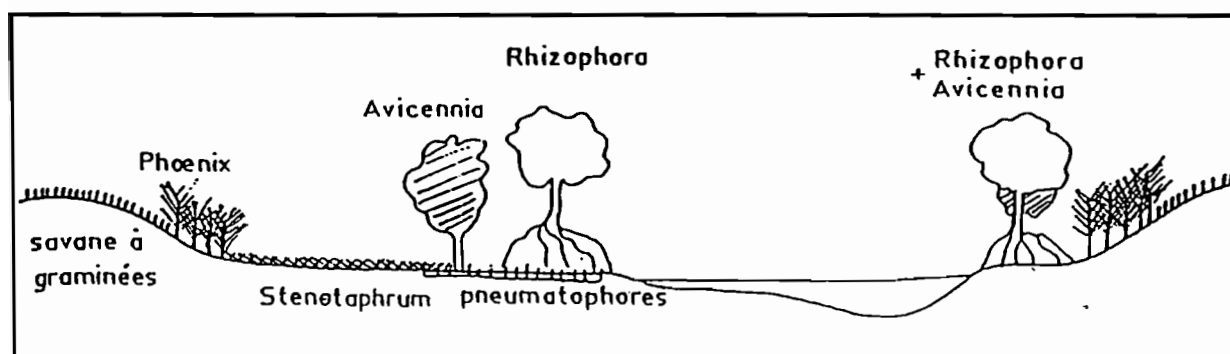


Fig. 11 - Topographie et couverture végétale des lagunes côtières congolaises (schéma) in Moguedet (1975)

A Pointe-Noire, à cause de l'enfoncement de la rivière Songolo et de ses affluents, le site de la ville, qui fait partie de la plaine, est en partie vallonné. Il prend l'allure d'un bas-plateau s'étendant sur environ 23 km² autour de la ville (fig.11 et 12).

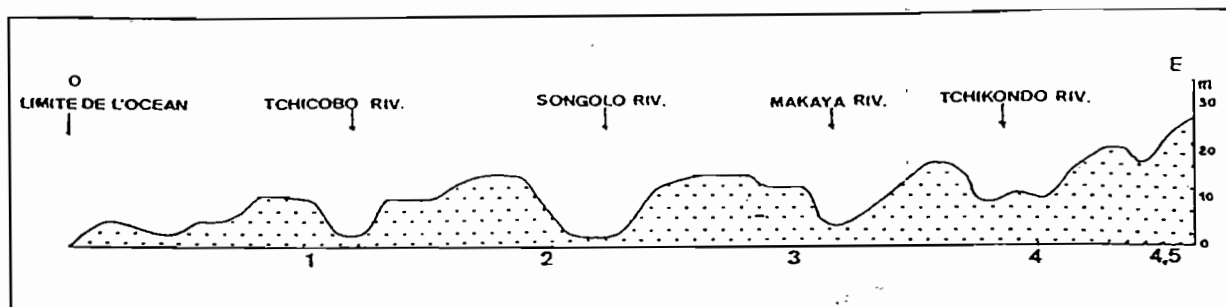


Fig. 12 - Profil topographique du site de Pointe-Noire

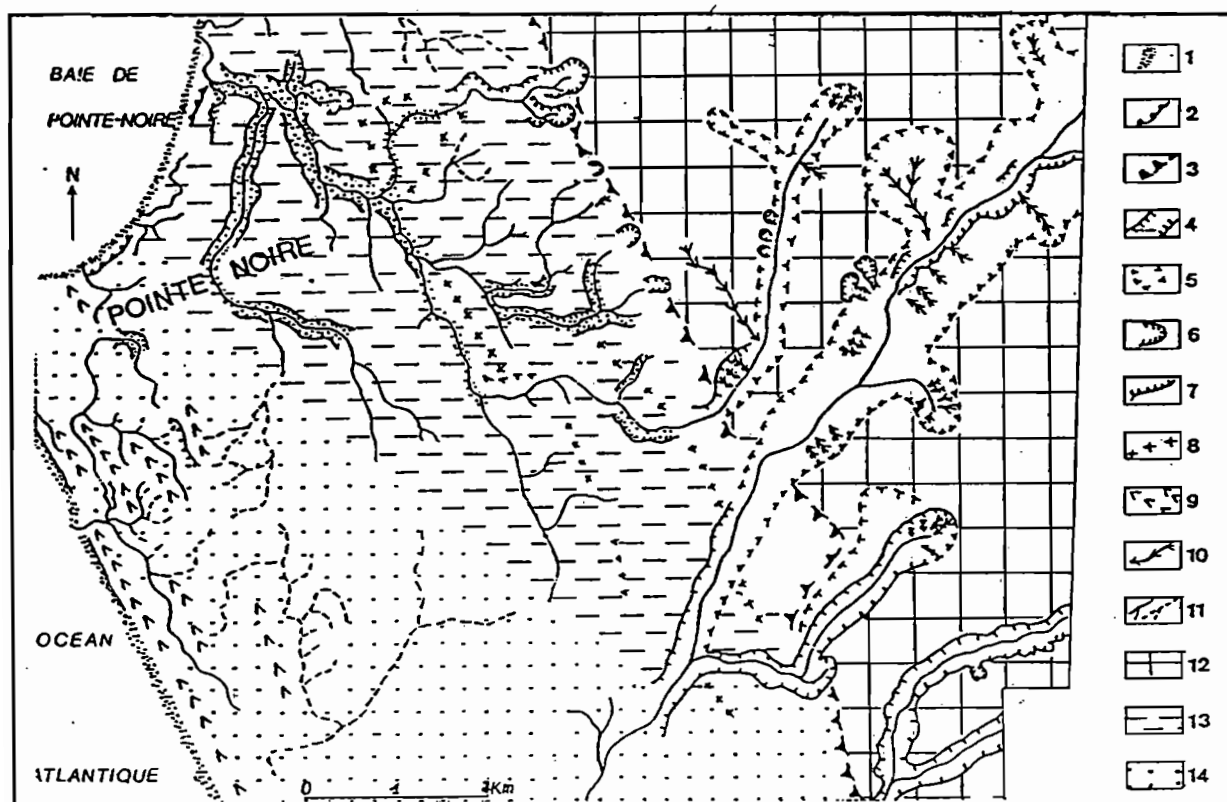


Fig. 13 - Les unités topographiques du site de Pointe-Noire

- Légende : 1 - plage ; 2 - falaise côtière taillée dans le sable ; 3 - talus interne
 4 - vallée à versant très redressé et fond marécageux ; 5 - versant en pente convexe ; 6 - cicatrice d'arrachement et cirque d'érosion ; 7 - versant très redressé ; 8 - sommet arrondi d'interfluve ; 9 - cordons littoraux
 10 - ravineaux ; 11 - ligne d'écoulement permanent et temporaire ; 12 - plateau de Diosso - Hinda ; 13 - bas plateaux de Pointe - Noire ; 14 - plaine littorale

Les dépressions interdunaires marécageuses ou lagunaires ainsi que les bords des rivières côtières sont le domaine des papyraies et de la mangrove.

Autour des lacs Cayo et Loufoualéba, au Sud, se développe la plus grande papyraie de l'arrière-pays de Pointe-Noire. La mangrove ne constitue qu'un mince liséré, d'une dizaine de mètres de large au maximum le long des estuaires et sur les pourtours des lagunes. La mangrove de l'estuaire de la Songolo est la plus importante de la région de Pointe-Noire. Détruite durant la fin des années 1970 et le début des années 1980, elle est aujourd'hui en pleine reconstitution.

Mais les plus vastes couvertures de mangroves de la région côtière congolaise sont celles des estuaires

- du fleuve Kouilou qui fait 15 km² et où domine *Rhizophora racemoza* (DOWSETT-LEMAIRE-1991) ;
- du fleuve Noumbi au Nord (VENNETIER-1968).

Conclusion

Le relief de la région côtière est bien structuré. L'étagement des surfaces depuis le littoral jusqu'au Mayombe est la principale caractéristique géomorphologique de ce relief.

Les plateaux sont grossièrement plats et les vallées qui les incisent prennent l'allure de ravins. L'ampleur de la vallée du Kouilou dont le fond est une véritable plaine pose problème. L'encaissement des vallées d'échelle moyenne contraste avec la faiblesse des ruisseaux qui les drainent. La grandeur des cirques, décrits dans la deuxième partie, qui entaillent les versants des vallées s'oppose également au modeste ravinement actuel. Tous ces faits sont autant de problèmes dont l'analyse nécessite avant tout un rappel des données géologiques.

Chapitre II

LES FORMATIONS GÉOLOGIQUES

INTRODUCTION

La structure géologique permet de distinguer deux ensembles : le massif montagneux du Mayombe, constitué de roches éruptives et métamorphiques précambriennes, et le bassin côtier constitué d'une couverture sédimentaire mésozoïque et cénozoïque.

Ces deux ensembles structuraux s'étendent de l'Angola au sud jusqu'au Cameroun au nord. Ils ont fait l'objet de nombreuses recherches.

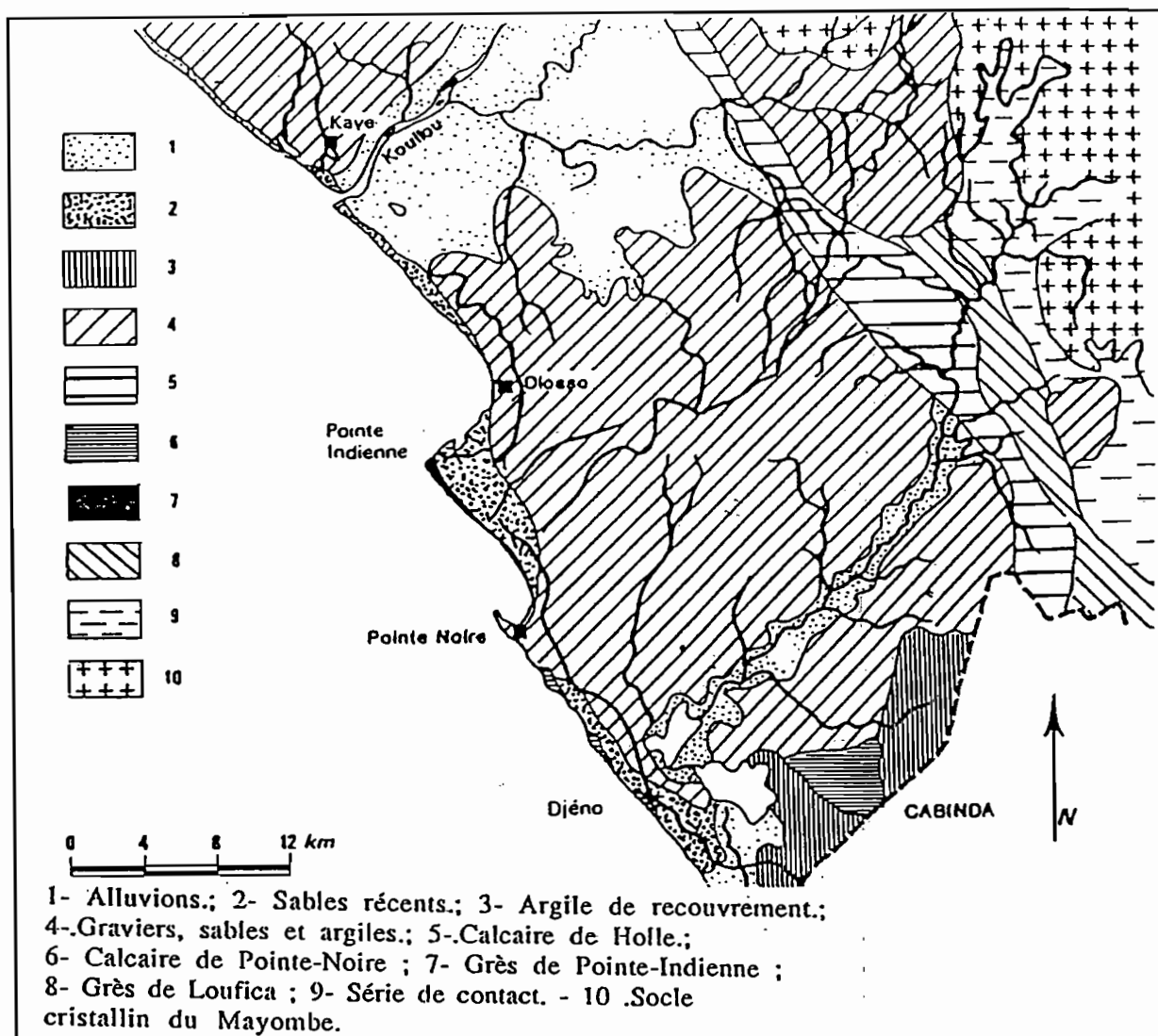


Fig. 14 - Esquisse géologique de la région côtière
 (d'après A. MASSENGO, 1970)

L'étude de la chaîne du Mayombe (stratigraphie, lithologie et tectonique) a débuté, dans la partie congolaise, d'après VICAT et GIOAN (1989) par BARRAT (1894), CORNET (1897). Elle s'est poursuivie à partir des années 1920 jusqu'aux années 1940. Depuis 1950, les connaissances sur le Mayombe se sont précisées grâce aux travaux entre autres de COSSON (1955), NICOLINI (1955, BIGOTTE (1959), DEVIGNE (1959), VINCENT(1961), SCOLARI et VAN DALHOFF (1965), DADET (1969), HOSSIE (1980), VELLUTINI et al (1983) cités par VICAT et GIOAN (1989).

Le bassin côtier a également fait l'objet de plusieurs études dont on trouvera une présentation analytique dans l'ouvrage de VENNETIER (1968). Dans la thèse de MASSENGO (1970), consacrée aux formations supérieures du bassin, on trouvera en outre une synthèse de quelques travaux de ces pionniers de la géologie du Congo méridional. Dans l'ouvrage de

LANFRANCHI et SCHWARTZ (1990), des articles de GIRESE et de PETIT, traitant également des formations géologiques.

Mais les bassins sédimentaires de la côte ouest - africaine, de l'Angola au Cameroun sont aujourd'hui bien connus grâce aux progrès de l'exploration pétrolière. Il importe, à ce propos, de mentionner ici le document de synthèse, peu connu, réalisé sous la direction de LOGAR (1983), qui retrace l'histoire géologique de ces régions grâce justement aux recherches pétrolières.

Ce chapitre présente sommairement ces données géologiques, des formations les plus anciennes aux plus récentes. Le socle précambrien et sa couverture secondaire et tertiaire, pour lesquels l'étude a été essentiellement bibliographique, sont regroupés dans le premier paragraphe. Le terme supérieur du bassin sédimentaire, d'âge Plio-Pléistocène, dans lequel l'érosion a creusé les cirques étudiés ici fait l'objet du deuxième. Les formations remaniées du littoral et les alluvions récentes composent respectivement les troisième et quatrième paragraphes de ce chapitre.

1 - LE SOCLE PRÉCAMBRIEN ET SA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE

Les vues de auteurs précités sont très proches pour ce qui concerne la nature lithologique et l'âge du socle profond qui forme l'essentiel des roches du Mayombe. Il s'agit d'un socle précambrien, constitué principalement de roches éruptives granitiques et plutoniennes dans la partie septentrionale et de roches métamorphiques variées dans la partie méridionale. Dans la partie congolaise de la chaîne dominant des roches métamorphiques traversées par des batholites granitiques de dimensions réduites.

L'étude de l'édification et de l'évolution de cette chaîne de montagne a, en revanche, fait l'objet de plusieurs interprétations. Les différences d'appréciation portent sur les échelles stratigraphiques d'ensemble, notamment sur la hiérarchie des grands ensembles. La terminologie varie en fonction des auteurs et des pays. Les géologues ne sont pas non plus unanimes sur le nombre et l'importance des phases orogéniques.

Le tableau en annexe n°4 regroupe tous les systèmes orographiques proposés et décrits par les différents auteurs.

Les études les plus récentes (HOSSIE-1980, VELLUTINI et al-1983), citées par VICAT et GIOAN (1989), subdivisent la montagne en deux systèmes: un socle prémayombien polycyclique attribué à l'Eburnéen et une chaîne mayombienne, montrant deux phases de

déformations superposées, d'âge panafricain (600 M d'années). Les deux chaînes ont une structure plissée et l'orientation des principaux axes anticlinaux et synclinaux est celle décrite au Gabon par DEVIGNE (1959), à savoir ouest sud ouest - est nord est pour la chaîne prémayombienne et sud est - nord ouest pour la chaîne mayombienne (fig.15). Le socle prémayombien se situe en partie sous l'actuel bassin de Pointe-Noire et en partie sous la chaîne mayombienne qui lui a imprimé son style surtout en surface, lors de sa mise en place. Cette disposition des grands axes du Prémayombien avait déjà été signalée par COSSON (1955) au Congo, dans le bassin de la Ntombo et dans le bassin-confluent Loémé-Loukéné, situé dans la zone de contact entre la montagne et les plateaux côtiers.

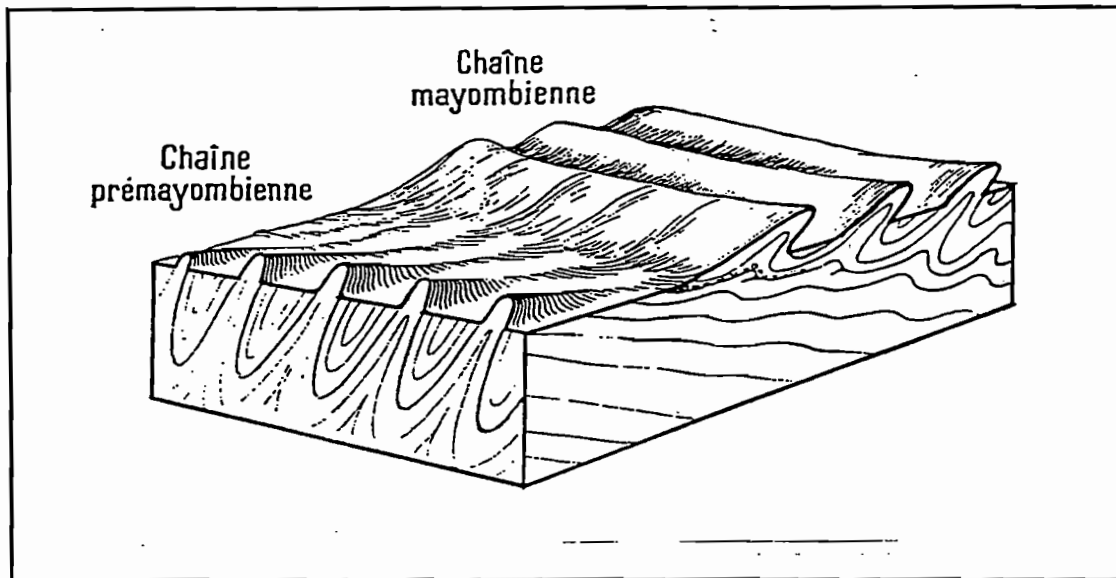


Fig. 15 - Bloc diagramme schématique des relations tectoniques entre le Prémayombien et le Mayombien (DEVIGNE, 1959)

C'est donc sur le socle prémayombien que se sont déposées les formations du bassin côtier. Selon la synthèse des géologues pétroliers (LOGAR et al-1983), la sédimentation de la couverture du Secondaire et Tertiaire commence au Jurassique terminal avec la séparation des continents Afrique-Amérique. L'histoire géologique de ce bassin est marquée par deux grandes périodes séparées par un épisode salifère.

La première période, l'Antésalifère, correspond aux premiers dépôts qui ont lieu au Crétacé inférieur (du Néocomien à l'Aptien inférieur). Ces dépôts discordants sur le socle sont de milieu continental. On note en effet:

- des épisodes très détritiques (grès de Djéno);

- des épisodes de sédimentation calme et fine avec une forte imprégnation d'algues donnant naissance à de l'argile riche en matière organique (marnes de Pointe-Noire);
- des dépôts de comblement (argile de Pointe-Indienne) avec à la base des décharges détritiques plus ou moins turbiditiques (Grès de Mengo);
- localement des dépôts carbonatés (calcaire de Toca);
- au-dessus des argiles de Pointe-Indienne se déposent, en discordance, les sables et argiles de Chela.

C'est l'Antésalifère qui renferme les poches d'hydrocarbures répandues dans cette région.

L'épisode salifère (sel de Loémé) a lieu à l'Aptien supérieur. Il s'agit de dépôts de mer confinée dont le mode de mise en place demeure sujet à controverse (LOGAR et al-1983).

Les formations Postsalifères sont mieux connues à cause des nombreux restes de faunes marines qu'elles renferment.,(DADET-1969).

Selon une étude plus récente des géologues pétroliers, rapportée par MOUKOLO (1992), les dépôts postsalifères se composent de bas en haut :

- des carbonates de Sendji (Albien) d'une épaisseur variant de 50 à 1700 m. Il s'agit d'une alternance de dolomies calcaires, de calcaires dolomites avec au sommet des intercalations de grès, de silstones, d'argiles silteuses et de rares niveaux anhydritiques;
- d'une formation silto-argileuse de Likouala (Albien supérieur, Cénomamien, Turonien), épaisse de 300 m en moyenne. Ce sont des grès fins, de silstones argilo-carbonatés, de minces niveaux de calcaires bioclastiques et des argiles silteuses gris verdâtre;
- des grès de Tchala (Cénomaniens) concentrés latéralement dans la partie orientale du bassin. D'une épaisseur pouvant atteindre 500 m, cette formation est constituée de sables très peu consolidés alternant avec des grès hétérométriques fins à grossiers, à ciment siliceux, avec des intercalations d'argile, d'anhydrites et calcaire argileux;
- de la formation dolomitique de Loango (Turonien), d'une épaisseur constante d'environ d'environ 100 m. Elle est constituée de bas en haut de couches d'argile silteuse, de silstone à ciment argilo-carbonaté passant parfois à des grès fins, de dolomies gréseuses grises à beiges, microcristallines, vacuolaires ;
- des marnes de Madingo (Sénonien à Éocène) pouvant atteindre 600 m d'épaisseur. Ce sont des marnes silteuses ou sableuses avec des intercalations de calcaires argileux et crayeux, d'argiles fossilifères silteuses riches en substances organiques;
- de la formation argileuse de Paloukou (Miocène) qui repose en discordance sur les autres dépôts postsalifères. C'est une puissante série argileuse à intercalations sableuses et calcaires, épaisse de 100 m sur la plate-forme continentale et de plus de 1000 m dans la zone du talus;
- de la série plio-pléistocène ou série des cirques, décrite dans le paragraphe suivant.

2 - LA SÉRIE DES CIRQUES

Les formations argilo-sableuses du Miocène sont surmontées par 150 à 200 m de dépôts gravelo-sableux cartographiés sous le vocable de "série des cirques" à cause des énormes excavations qui s'y sont creusées. Elle recouvre presque la totalité du bassin côtier en dehors de quelques pointements rocheux du Tertiaire, le long de la côte et dans la zone de contact entre le Mayombe et le bassin sédimentaire, qui ne représentent que 1% environ de la superficie totale de ce bassin. La série des cirques repose en discordance sur le soubassement du Tertiaire et Secondaire et le contact avec les formations sous-jacentes s'effectue par un horizon cuirassé (COSSON, 1955 ; VENNETIER, 1968 ; MASSENGO, 1970 ...).

L'âge de ce terme supérieur du bassin sédimentaire côtier n'est pas encore déterminé avec précision. Il est rapporté au Plio-Pléistocène par analogie avec les formations des régions voisines telles que le Continental terminal de la cuvette du Tchad, les sables du Bénin et Nigéria méridional et du Sénégal (COSSON, 1955 ; DADET, 1969 et MICHEL, 1973). D'après Massengo (1970), "les découvertes paléontologiques faites par LOMBARD (1928), et DARTEVELLE (1934)¹ à Fouta, au Sud de Pointe-Noire dans les couches sablo-argileuses micacées de la série des cirques, ont permis d'attribuer à celle-ci, des âges approximatifs. Les faunes trouvées appartiendraient à l'Éocène et au Pléistocène. Il s'agit des espèces suivantes: *Pachymelania byronensis* (WOODS); *Pachymelania aurita* (MULLER); *Pachymelania fusca* (GMELIN); *Glateia congica* (O. BOETTGER); *Iphigenia congo* (PILSBRY et BEQUAERT)² (MASSENGO-1970, p.143).

Cette étude de MASSENGO n'apporte aucune autre précision. Ces découvertes n'ont pas été, à ma connaissance, rapportées par d'autres chercheurs. Les études de HAAS (1937), citées par MASSENGO (1970, p.8), comme étant le premier à reconnaître la série des cirques et celles de HOURCQ (1943) qui attribuent un âge Plio-Pléistocène à cette série, ne font pas état de ces découvertes. HIRTZ (1951) et VIDAL (1958), cités par le même auteur, qui, notant une continuité de sédimentation entre les séries sous-jacentes et la série des cirques, rapportèrent la dernière série au Sénonien supérieur, n'avaient pas non plus mentionné les trouvailles de LOMBARD (1928) et DARTEVELLE (1934). C'est le cas pour COSSON (1955) qui, attribuant un âge Plio-Pléistocène à la série des cirques, précise que le Tertiaire marin n'est pas connu ici et une lacune existe entre cette série et les formations sous-jacentes, portant sur tout le Tertiaire jusqu'au Quaternaire. DADET (1969) qui a fait une synthèse complète des travaux de ces pionniers de la géologie du bassin côtier congolais, y compris ceux de DARTEVELLE (1934), ne rapporte pas cette information. C'est le cas pour PEYROT (1983)

¹ Ces années ont été ajoutées par moi-même par rapport aux références citées par l'auteur (p.28)

² Les noms entre les parenthèses sont ceux des classificateurs.

qui mentionne ces auteurs dans sa bibliographie. Il écrit (p.81) que cette série discordante sur le Crétacé, complètement dépourvue de fossiles, considérée comme plio-pléistocène se serait mise en place à l'occasion de périodes morphoclimatiques nuancées...., les horizons supérieurs apparaissent comme de simples niveaux d'altération de la formation, susceptibles d'être, peut-être, rapportés à la période sub-actuelle "Kibanguienne".

Le caractère azoïque de la série des cirques est enfin confirmé par GIRESSE et KOUYOUMOUNTZAKIS (1990) qui ajoutent "qu'on peut admettre cette approximation pour les couches les plus superficielles, par contre, les sondages de l'exploration pétrolière du bassin ont pu montrer que les niveaux les plus profonds étaient, en fait, les équivalents latéraux continentaux des sédimentations marines Cénozoïque, voire Mésozoïque".

Mais cet âge Plio-Pléistocène est aujourd'hui plus que probable, car la synthèse des géologues pétroliers de mars 1990 rapportée par MOUKOLO (1992), et citée ci-devant, a établi une chronologie complète et précise des formations postsalifères. Elle date du Miocène la formation argilo-sableuse sur laquelle repose la série des cirques.

Quoi qu'il en soit, l'âge de la série des cirques reste encore à préciser, tout au moins pour chacun des niveaux qui la composent. En effet, cette série est constituée par plusieurs couches qu'on résume souvent en trois grands niveaux . Il s'agit, dans la région étudiée, de haut en bas :

- d'une couverture gris- jaunâtre à ocre-jaune,
- d'un horizon cuirassé,
- d'une succession de strates d'épaisseur, de couleur et de texture variables.

La coupe suivante du cirque de Tchissanga résume bien ces données

Niveau (formation)	Epaisseur en mètre (m)	Sables (%)	Limons+Argiles (%)
Niveau sablo-limoneux superficiel	8 à 10	72	28
Niveau gravillonnaire ou cuirassé	0,7 à 0,8	9	16
Sable fin argilo-limoneux jaunâtre	-	66	34
Argile limono-sableuse violacée	-	38	62
Argile limoneuse blanc-violacée	-	11	89
Argile limoneuse ferrugineuse rouge brique	-	6	94
Sable blanc avec galets de quartz	7	91	9
Argile limono-finement sableuse barriolée	5	31	69
Sable blanc	5	90	10
Argile limono-sableuse (litage : violacé, ocre-roug	2	20	80
Sable blanc	3	100	0
Sable limoneux légèrement ferruginisée	2	67	33
Sable limoneux rose-violacé	2	79	21
Sable limoneux bigarré, compacté	5	77	23

Tabl. 1 - Coupe du cirque de Tchissanga (JAMET, 1967)

Chacun des grands niveaux présente des caractéristiques qui traduisent des conditions morphodynamiques de mise en place particulières. Leur étude peut apporter certaines indications pouvant aider à la connaissance de ces niveaux.

* Le niveau supérieur.

Avec une épaisseur variant entre 3 et 10 m en moyenne, il est très homogène avec une absence totale de variation de couleur et de stratification. De couleur ocre jaune (10 YR 5/5 à 5/8 selon KITSOUKOU- 1992), sa texture est globalement sableuse à sablo-argileuse. Les analyses granulométriques effectuées sur 9 échantillons de surface (15 cm de profondeur), (Tabl. 2)¹ indiquent un taux moyen de 10% pour les particules inférieures à 50 microns et une teneur moyenne en argile de 5,4%. Les analyses de JAMET (1975) sur les sols du plateau, juste à l'est de Pointe-Noire, ont donné une teneur en argile de 1 à 4,5% dans les 0-30 cm. En profondeur (plus de 1 m), cette teneur oscille, selon la même étude, entre 5,8 et 10,7% soit une moyenne de 9% environ, tandisqu' à la profondeur de 1 m cette moyenne est de 6% avec des valeurs extrêmes de 1,5 et 9,8%. Les analyses effectuées sur deux échantillons (Tabl.3), prélevés à environ 2 m de profondeur à l'est du cimetière de Mongo-camba (Mt-Co) près de Pointe-Noire et sur la coupe du cirque de Diosso (GD-1), ont donné une teneur de 12 à 13%.

La granulométrie de ce niveau est sableux. La fraction sableuse dominée par le quartz s'étend de 100 à 400 microns environ (fig.16) avec une médiane qui oscille autour de 200 microns. L'asymétrie (*Ski*) supérieure à 0 confirme bien l'abondance des fines dans les deux échantillons.

¹ Les échantillons ont été prélevés de la base (VIND.-1) au sommet (VIND.-5) du versant de la rivière Koulombo au sud de Mengo et sommet d'une large colline près de Kondi au nord est de Diosso.

Echantillon:	vind 1	vind 2	vind 3	vind 4	vind 5	kond 1	kond 2	kond 3	kond 4	Moy
Sables	90,32	89,5	87	93	93	91,5	87	91,4	87	90
< à 50 Um	9,7	10,5	13	7	7	8,5	13	8,6	13	10
Argiles	4	4	9	4,8	5,2	6,3	4,5	6,7	4	5,4

Pourcentages des fractions granulométriques en surface (15cm) sur le versant de la rivière Kouloumbo à 8km à l'Est de Pointe-Noire. (Niveau supérieur de la série des cirques)

Echantillon:	Sables	< à 50 Um	Argiles	Md	So	Skew	Kurt
GD.1	84,3	15,7	13,1	213,4	1,25	2,1	2,2
MT-Co	84,7	15,3	12,3	184,1	1,25	6,3	6,7

Md = médiane

So = Indice de classement de Strack, Skew et Kurt. (cf annexe)

Pourcentages des fractions granulométriques et quelques paramètres statistiques de la granulométrie du niveau supérieur de la série des cirques. Echantillon profond 2 mètres.

Tabl. 2 et 3 - Données granulométriques de quelques échantillons du niveau supérieur de la série des cirques

Cette formation est interprétée par PEYROT (1983) comme niveau d'altération subactuelle de la série des cirques, mais considérée auparavant par MASSENGO (1970) comme dépôt éolien représentant, la dernière étape de la mise en place de cette série (Argile de recouvrement)¹

¹ Ce terme ne convient pas puisque cette formation est plutôt sableuse.

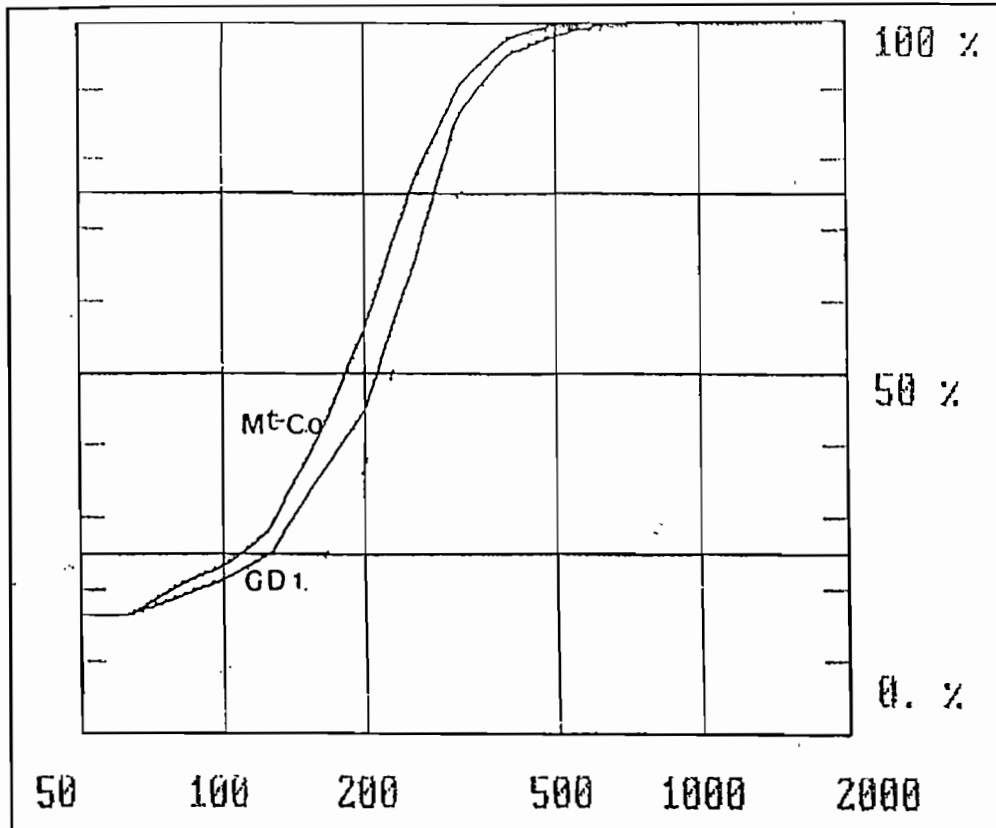


Fig. 16 - Courbes granulométriques des sables du niveau supérieur (échantillons prélevés à 2 m environ de profondeur)

L'observation morphoscopique de l'un des échantillons (GD-1) ; (fig. 17) montre des empreintes éoliennes sur les grains de sables. L'état de surface des grains présente, en effet de nombreux impacts de chocs en V et en croissant. Les bords de ces impacts sont très usés sur un fort pourcentage (75% environ) de grains. Ce qui indique un remaniement par l'eau des dépôts éoliens. Ces observations morphoscopiques vont dans le même sens que les analyses exoscopiques. En effet, les caractères phénomorphiques des grains traités au MEB, montrent la superposition des facteurs mécaniques (éoliens puis aquatiques) suivis des phénomènes chimiques (pédogénitiques). Ceux-ci sont attestés, comme on l'observe sur les photos de la planche I, par de nombreuses traces de desquamation qui, selon LE RIBAUT (1977), marquent une dissolution chimique. Ils sont également prouvés par la précipitation de la silice qui se marque par des fleurs de silice visibles sur une majorité de grains.

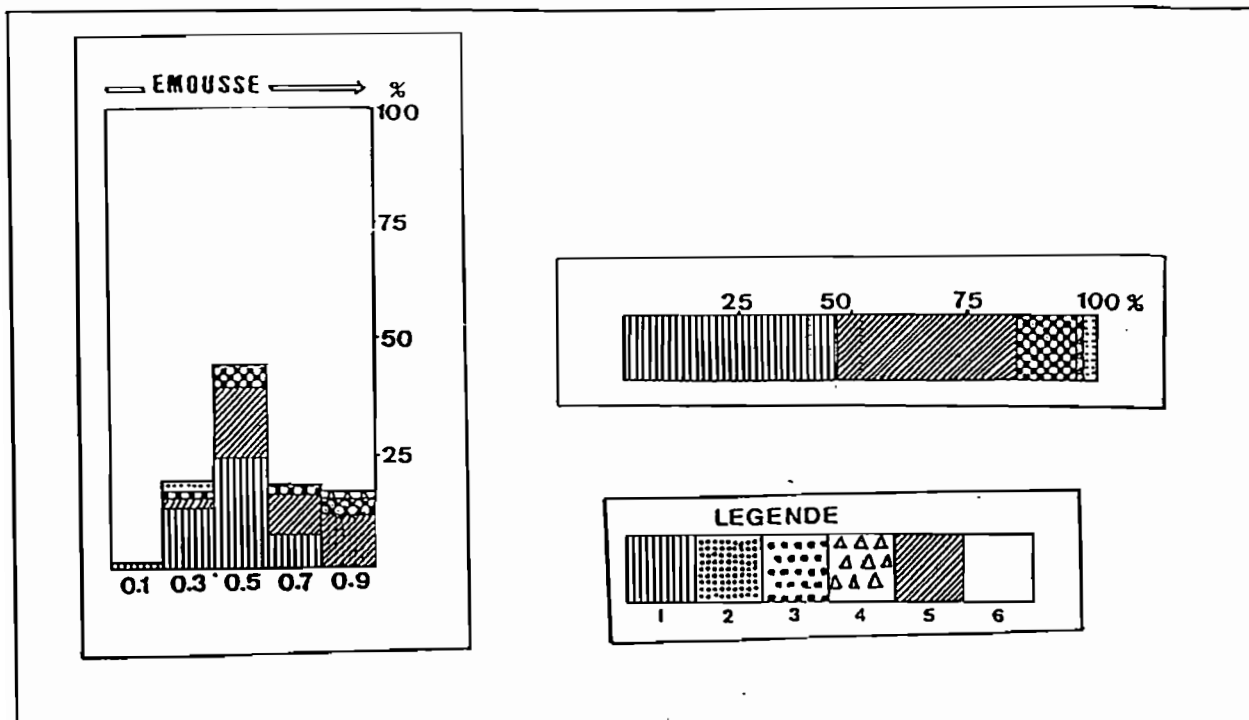


Fig. 17 - Histogramme d'analyses morphoscopiques de G.D.1 coupe du cirque de Diozzo : niveau supérieur
 1 = Luisant ; 2 = Picoté-brillant ; 3 = Picoté-mat
 4 = Mat ; 5 = Picoté-luisant ; 6 =Eclat naturel

Les courbes granulométriques sont de type parabolique (fig. 18) qui indique une accumulation sélective (RIVIERE-1977). Mais, avec un indice de classement S_o de 1,5 pour les deux courbes, le tri est moyen. La présence des fines (particules inférieures à 50 microns), plus de 15%, dans lesquelles la fraction colloïdale (particules inférieures à 0,2 microns) est encore remarquablement représentée. Cette présence est révélatrice d'un dépôt relativement désordonné plus proche du type fluvatile où les éléments fins sont piégés dans les interstices de la fraction grossière. Ce qui traduit une postériorité de l'action hydrique par rapport à celle du vent.

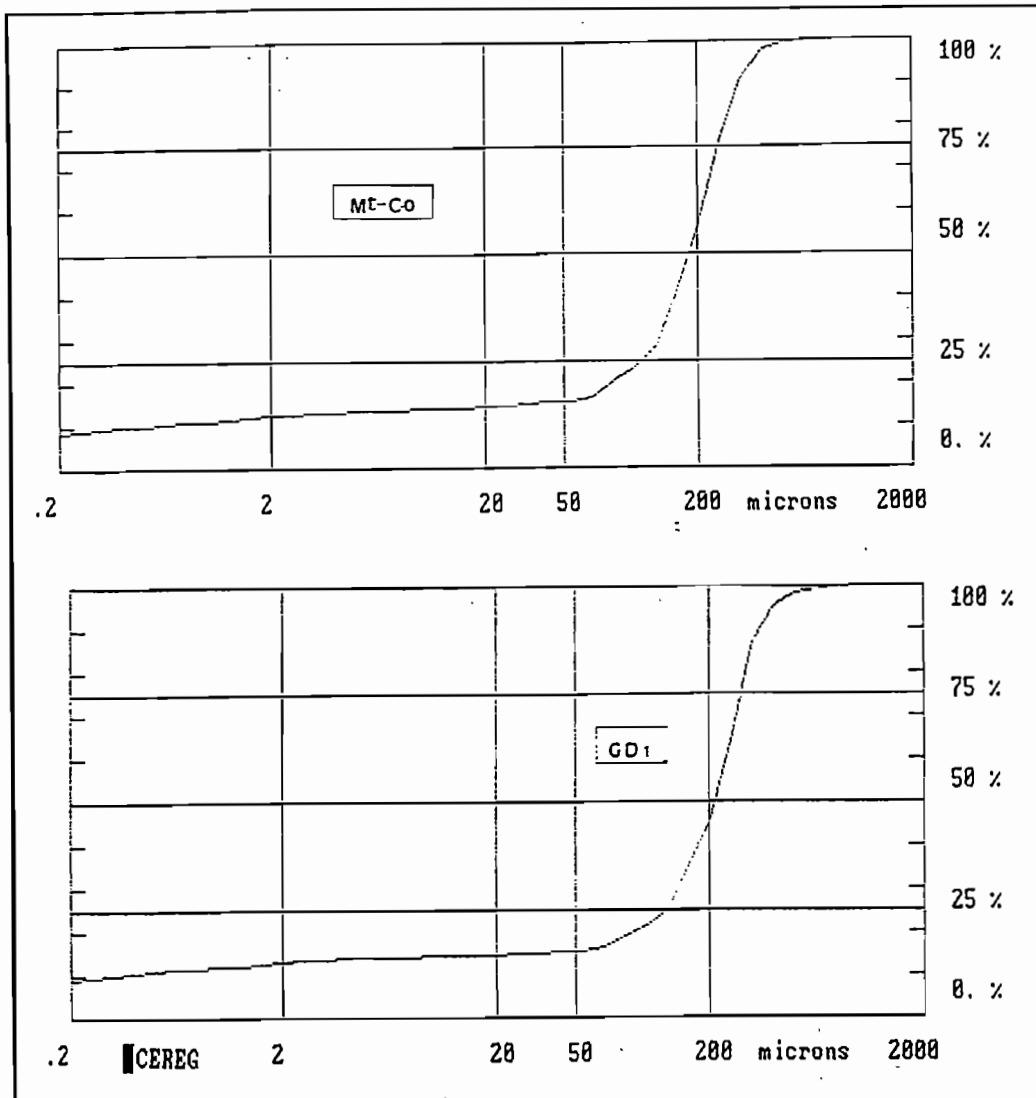


Fig. 18 - Courbes granulométriques globales du niveau supérieur de la série des cirques

* L'horizon cuirassé

Bien qu'il ait été mentionné dans plusieurs travaux (RIQUIER-1966; VENNETIER, 1968 ; MASSENGO, 1970 ; PEYROT, 1983 etc...), ce niveau n'a pas encore fait l'objet d'études détaillées. Et pourtant, sa position inter-stratifiée fait de ce niveau un indice géomorphologique de premier ordre, dont l'étude serait un apport considérable pour l'interprétation historique du bassin côtier.

Dans la coupe du cirque de Diosso, cet horizon suit les ondulations de la surface topographique. Mais son perpétuel démantèlement s'effectuant de pair avec le recul de la paroi du cirque, indique qu'il ne s'agit pas d'une cuirasse continue mais d'un épais lit de blocs hétérométriques. Une cuirasse ininterrompue se traduirait en effet, de temps en temps, par le

surplombement de chicots de cuirasse, le long de la paroi du cirque. La paroi des excavations serait dans ce cas entrecoupée de replats plus ou moins étendus liés à la présence de cet horizon protecteur. Sa discontinuité justifie sans doute l'absence des surfaces indurées mises à jour par l'érosion sur le plateau à l'image des Bowé de l'Afrique de l'ouest.

L'étude macroscopique des fragments polyédriques découlant de la dislocation de cet horizon révèle que ces débris de cuirasse sont constitués par des éléments plus ou moins grossiers (galets, graviers, sables) liés par un ciment ferrugineux. On note également dans la masse des blocs des concrétions ferrugineuses fortement durcies. Dans le cirque de Diosso, les morceaux de cuirasse qui s'amoncellent localement le long des talwegs du plancher ont une épaisseur qui atteint et dépasse parfois 1 m.

Ailleurs, cette épaisseur est moins importante. Dans la coupe du cirque de Kondi à environ 12 km au nord-est de celui de Diosso, cet horizon n'a que quelques centimètres d'épaisseur. Dans le cirque de Mengo, situé à environ 15 km à l'est de Pointe-noire, l'horizon cuirassé n'a que 50 cm d'épaisseur. Entre Holle et Kintazi, à la limite ouest de la région des collines, cet horizon mesure 1 m dans le cirque de Bambala, vers la frontière du Cabinda (MASSENGO-1970). Dans ce même secteur de Holle, les sondages de la Compagnie des Potasses du Congo (CPC), montrent, d'après ce même auteur, que la formation sablo-argileuse supérieure se termine à la base par de simples concrétions ferrugineuses litées. Dans la région des collines, le long des coupes dégagées à l'occasion de la construction du chemin de fer, à la place de l'horizon cuirassé on observe un conglomérat à graviers et galets de quartzites mal roulés et à facettes. Très empâté dans certaines collines, ce niveau prend l'allure d'une "stone line" dans d'autres.

Ces observations montrent le caractère discontinu, voire même limité de ce niveau. Il semble en effet qu'il n'a nulle part ailleurs le développement qu'il a dans la région des grands cirques. Mais s'agit-il d'une cuirasse en place fragmentée parce que inégalement consolidée? S'agit-il au contraire d'un étalement de blocs de cuirasses venus d'ailleurs et fossilisés postérieurement? S'agit-il enfin d'un cuirassement intrasédimentaire qui s'est incomplètement effectué au détriment d'un épandage grossier? Les connaissances encore fragmentaires que j'ai de ce niveau ne me permettent pas de me prononcer pour telle ou telle autre hypothèse.

Quoi qu'il en soit, cet horizon marque de toute évidence une rupture lithologique entre le niveau sablo-argileux supérieur et les formations sous-jacentes.

* Les couches sous-jacentes à la cuirasse.

Sous l'horizon cuirassé se superposent plusieurs strates d'épaisseur variable et de texture tantôt sablo-argileuse tantôt argilo-sableuse. Quatre échantillons ont été analysés granulométriquement dans la coupe du cirque de Diosso dont 3 sablo-argileux et 1 argilo-sableux (tabl.4). Les lits sableux sont plus épais (cf. photo 1-4 de la planche I) et sont constitués de particules globalement fines, avec une médiane qui se situe partout dans la fraction fine.

Echantillons	Sables	SF%	SM%	SG%	A%	LF%	LG%	So	Md	Skew	Kurt
GD 2	79	44,4	34,05	0,8		20,6		1,5	156,8	0,11	2,1
Matb-B1	26,6	26,5	0,12	0	49,8	14,4	9,05		2,016	2,04	2,01
Matb-B2	94	43,7	50	0,29	3,8	1,8	0,2	1,26	200,5	3,9	19,5
Mat-B3	94,4	16,4	74,2	3,5	4,5	0,8	0,3	1,3	273,4	4,3	22
BII	79,2	51,1	27,2	0,8	13,3	5,1	2,1		128,5	2,02	6,3

Tabl. 4 Données granulométriques de quelques couches sous-jacentes à la cuirasse : coupe du cirque de Diosso

L'abondance des sables fins dans les échantillons, est confirmée par l'assymétrie (Ski), qui est partout positive. L'échantillon MAT-B3 est légèrement plus grossier avec 3,5% de sables grossiers et surtout 74% de sables moyens sur un total de 94%. MASSENGO (1970) signale l'existence des strates plus grossières, avec des graviers et des galets à facettes, dans la même coupe. C'est ce que rapporte également JAMET (1967) dans la coupe du cirque de Tchissanga notamment dans la cinquième strate sous le niveau cuirassé, où il n'a trouvé que 9% de particules inférieures à 50 microns et observé des galets de quartz (tabl. 1).

Les courbes granulométriques des sables de la coupe de Diosso, de type parabolique, traduisent un caractère sélectif des dépôts (fig.19). Mais le tri varie d'un échantillon à un autre. Il est assez bon dans les échantillons éloignés de la cuirasse (MAT-B2; MAT-B3), prélevés dans la coupe d'une arête sapée continuellement, à la base par la rivière Matombi. L'indice de classement (So) de ces deux échantillons est très proche de 1 avec moins de 6% de particules inférieures à 50 microns et une absence notable de la fraction colloïdale (éléments inférieurs à 0,2 microns). Ceci traduit sans doute un dépôt fluviatile de basse énergie, s'effectuant presque grain à grain qui exclut toute possibilité de piégeage des éléments fins dans les interstices, comme cela se fait dans les dépôts plus massifs (RIVIERE, 1977).

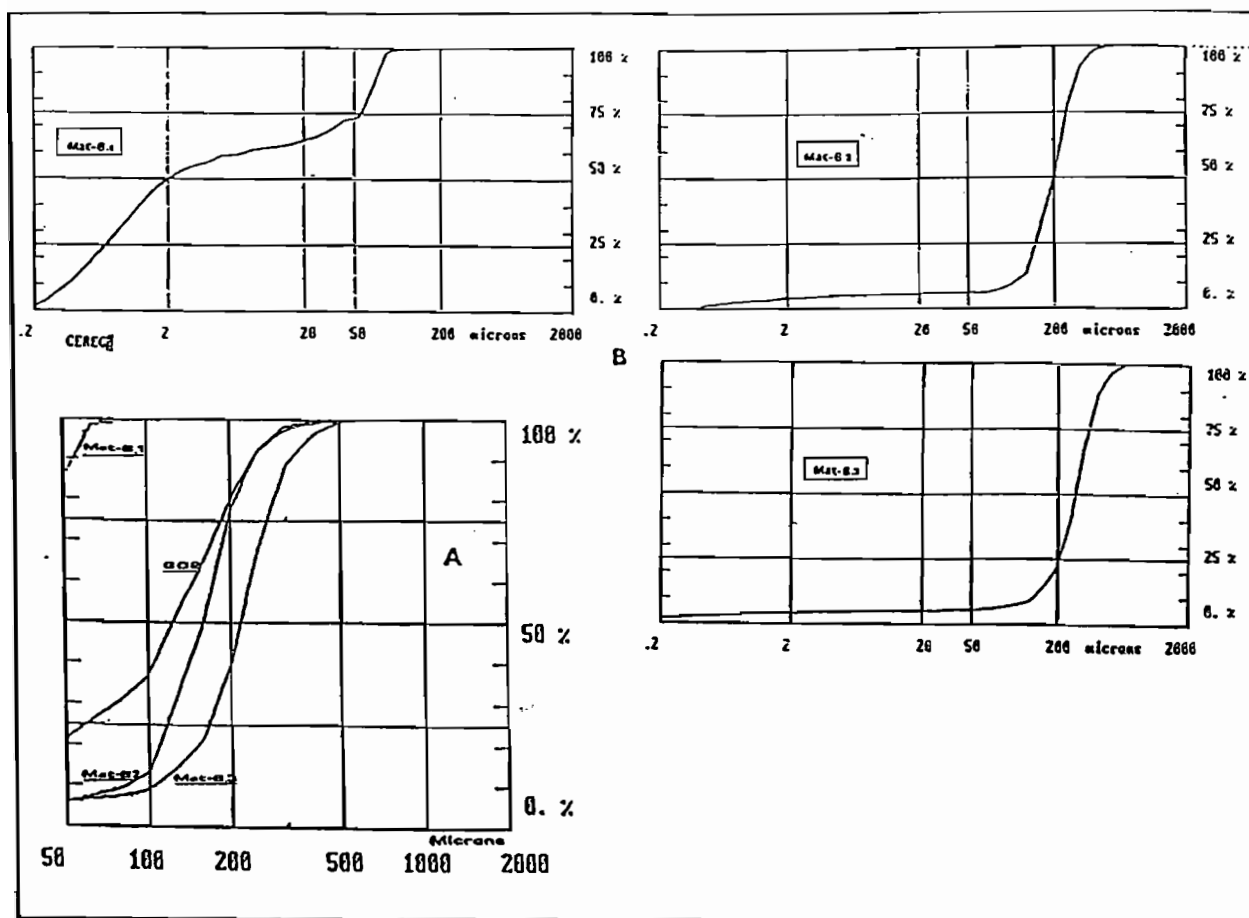


Fig. 19 - Courbes granulométriques des sables (A) et globales (B) de quelques couches sous jacentes à l'horizon cuirassé

Le niveau immédiatement sous la cuirasse (GD-2), en revanche, présente un tri moyen avec un indice de classement S_o de 1,5 et une fraction fine encore importante (20% de l'échantillon). Son coefficient d'acuité ou angulosité (Kurt.) certes positif, est plus proche de 0, traduisant un tri moins important. Il faut rappeler que l'angulosité exprime le plus ou moins grand étalement de l'histogramme par rapport à la loi normale. Une angulosité positive traduit un histogramme plus serré que la loi normale et donc un meilleur tri. Plus elle s'éloigne de zéro plus le tri est bon (RIVIERE-1977).

L'analyse morphoscopique effectuée sur un de ces échantillons (MAT-B2) montre deux cortèges de grains. Le premier, majoritaire (près de 85% de l'échantillon) est constitué de particules bien usées, avec un indice d'arrondi qui s'étend de 0,5 à 0,9 avec un maximum à 0,7 (fig.20). Le deuxième cortège, minoritaire, est formé de grains à angles encore aigus (deuxième niveau d'usure: 0,3), avec parfois des arêtes vives. On note dans cette deuxième catégorie une importante imprégnation d'oxydes de fer remplissant surtout les fissures relativement nombreuses sur les grains. Ici, on enregistre une part importante de grains cassés et de grains à structure prismatique se traduisant en surface par un aspect grenu. Dans le premier cortège les

particules sont enduites d'un vernis de silice et sont parsemées d'impacts de chocs en coup d'ongle. L'état de surface est majoritairement (plus de 50% de l'échantillon) picoté-luisant. Ces observations sont caractéristiques d'un dépôt fluviatile en pleine évolution pédogénique.

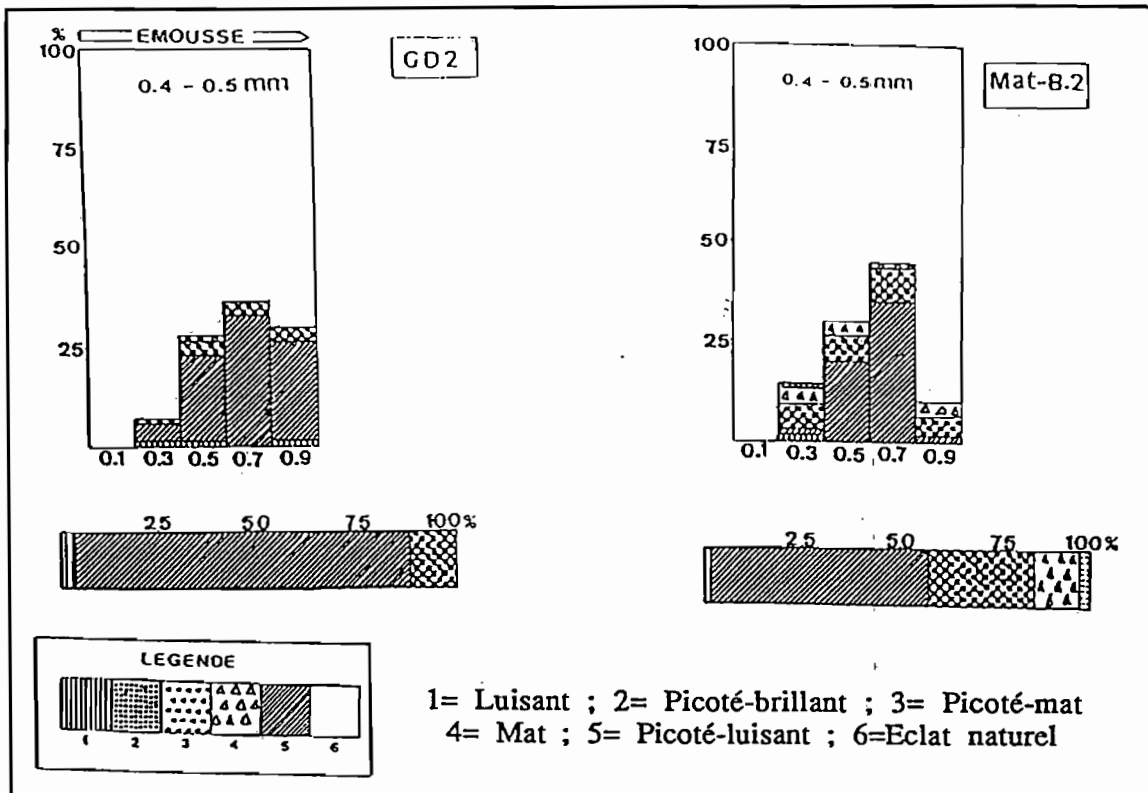


Fig. 20 - Histogramme d'analyse morphoscopique de quelques couches sous-jacentes à l'horizon cuirassé

La morphoscopie du niveau sous l'horizon cuirassé (GD-2) est celle d'un échantillon très évolué avec un degré d'usure s'étendant principalement de 0,5 à 0,9 avec un pic à 0,7, comme dans MAT-B.2. L'état de surface est, dans une large proportion (près de 90% de la fraction totale), picoté-luisant, avec un vernis siliceux.

L'alternance des couches sablo-argileuses et argilo-sableuses sous l'horizon cuirassé indique, somme toute, une sédimentation continentale élaborée dans des lagunes ou bassins fermés fluviolacustres sans communication permanente avec la mer. Les niveaux sableux sont des épandages tantôt alluvionnaires, tantôt colluvionnaires s'effectuant par des courants à énergie variable.

Conclusion

Ainsi, la série des cirques présente trois niveaux ayant chacun ses caractéristiques et son histoire géologique. Si ces trois niveaux se sont déposés après le Miocène, leur évolution chronologique respective reste encore à étudier dans le détail.

L'insuffisance de données géomorphologiques concernant cette série, est une lacune qui mériterait d'être comblée pour avancer dans la connaissance de la série des cirques. Une étude approfondie permettrait en outre d'améliorer davantage les connaissances des dernières étapes du fonctionnement du bassin côtier que les spécialistes du Quaternaire nous ont permis d'approcher largement grâce à l'étude des sédiments marins et surtout littoraux dont quelques données sont rapportées dans ce travail.

3 - LES FORMATIONS REMANIÉES DU LITTORAL.

Le littoral est formé des sédiments venus des plateaux et de la montagne. Ceux-ci ont subi d'importantes modifications pédogénétiques qui permettent de distinguer plusieurs types.

* Les podzols des cordons littoraux.

les sables du littoral ont subi, par endroit, un phénomène de podzolisation. Il s'agit d'une dégradation de la nature lithologique des formations, liée à la destruction des argiles, qu'elles contiennent, par les différentes matières organiques des humus. La podzolisation se caractérise par une migration en profondeur des substances minérales solubles. Ceci a conduit au dégagement progressif d'un horizon A₂ blanchi parce que très appauvri et surtout à la formation, par accumulation, d'un alios humique (Bh) au niveau de la zone de battement de la nappe. Cette podzolisation s'est faite ici, en effet, selon SCHWARTZ et al (1990), JAMET (1969), JAMET et RIEFFEL (1976), sous forêt dense littorale, hydromorphe, surmontant une nappe battante.

L' alios humique sous-jacent aux horizons éluviaux affleure sur les plages de la Pointe-Indienne et de la baie de Pointe-Noire où il est en démantèlement graduel par l'érosion côtière.

Les cordons littoraux sont, d'après l'examen exoscopique des sables, fait par GIRESSE et LE RIBAUT (1981), des dunes littorales plus ou moins parallèles au trait de côte. Les courbes granulométriques des échantillons prélevés dans ces cordons sont toutes de type hyperbolique qui traduit un caractère sélectif du transport et du dépôt (fig.21). L'indice de tri (So) de certains de ces échantillons notamment de celui du cordon de la CORAF dépasse à

peine 1 (1,07). C'est le type d'indice qu'on obtient surtout dans les dépôts éoliens (RIVIERE, 1977). Par ailleurs, l'observation exoscopique des mêmes grains (photos 1 à 4 planche I), montre de nombreux chocs en croissant et en V caractéristiques des dépôts éoliens (LE RIBAUT 1977).

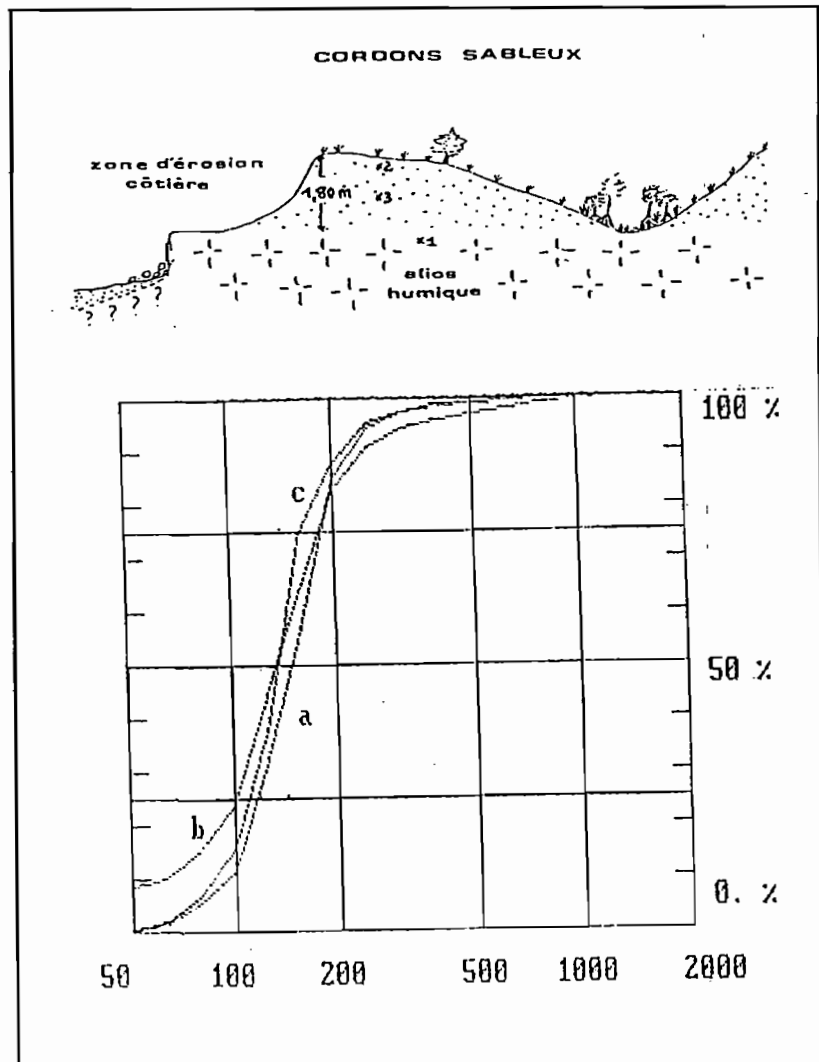


Fig. 21 - Courbes granulométriques de sables
du cordon de la Coraf au nord de Pointe-Noire
a = 1 ; b = ; c = 3

Le dépôt de ces sédiments a dû se faire, sans doute, comme le pensent GIRESSE et al (1990), durant l'une des phases sèches du Quaternaire et, probablement dans des conditions de déflation comparables à celles d'avant la dernière régression (vers 30.000 ans B.P.) ou même celles du début de la dernière transgression (entre 15.000 et 12.000 ans B. P.).

* Les formations ocre-jaunes du littoral.

A côté des dunes éoliennes plus ou moins podzolisées, dont les caractéristiques sont connues grâce à ces études de JAMET (1969) et SCHWARTZ (1990), on distingue, sur le littoral, d'autres formations dont l'interprétation géomorphologique reste encore à faire. Il s'agit entre autres des formations qui recouvrent le talus interne et débordent largement sur la plaine littorale. De même coloration que le niveau supérieur de la série des cirques, on les retrouve par exemple sur le site de Pointe-Noire, particulièrement sur celui des quartiers nord et nord-est.

On retrouve la même coloration ocre jaune dans les sédiments de la plaine littorale de la Pointe-Indienne, à l'arrière des cordons littoraux. Ici comme à Pointe-Noire, les tranchées ouvertes dans ces formations, à l'occasion des travaux divers, montrent une très grande homogénéité au niveau de la couleur et aucune stratification n'est visible de façon macroscopique. Ce sont des caractéristiques déjà mentionnées du niveau supérieur de la série des cirques.

Les résultats de l'analyse granulométrique effectuée sur un échantillon prélevé à 2 m environ de profondeur, dans le secteur de Loango, sont proches de ceux du dernier terme de la série Plio-Pléistocène (fig.22), avec tout de même un caractère plus grossier pour l'échantillon de la plaine littorale.

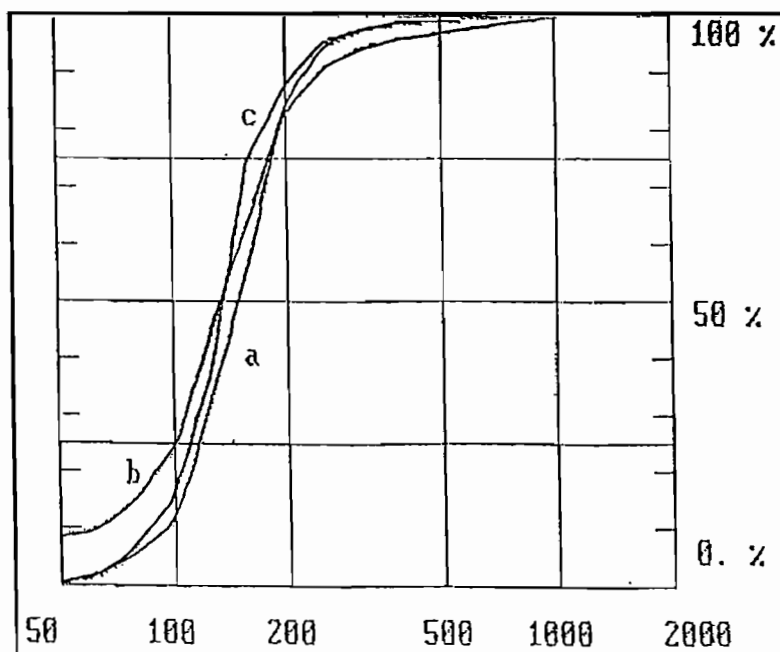


Fig. 22 - Courbes granulométriques comparées des sables a = Mont - Camba b = gorge de Diosso ; C = plaine côtière de Loango

A Pointe-Noire, les trous creusés pour les latrines ou les puits d'eau rencontrent souvent à 6-7 m de profondeur un conglomérat de galets à facettes plus ou moins grossiers.

Dans le secteur de Côte-Matêve, dans la région des lacs Loufoualéba et Cayo, la granulométrie de ces sédiments sablo-argileux diffère légèrement de celle des sables supérieurs du plateau et même de la plaine de Loango. Ici, les formations ocres jaunes surmontent un niveau très grossier composé de sables grossiers, de graviers et surtout de galets bien roulés ou à facettes. Les particules grossières sont prises, par endroit, dans un ciment ferrugineux très induré dans certains secteurs. Epaisse de 3 à 4 m, cette formation grossière repose sur la nappe phréatique et s'étend sur presque tout le secteur de Côte-Matêve. Partout, le passage de la formation fine au niveau grossier s'effectue par une zone de près d'un mètre d'épaisseur, où les deux formations se mélangent. (fig.23 et 24).

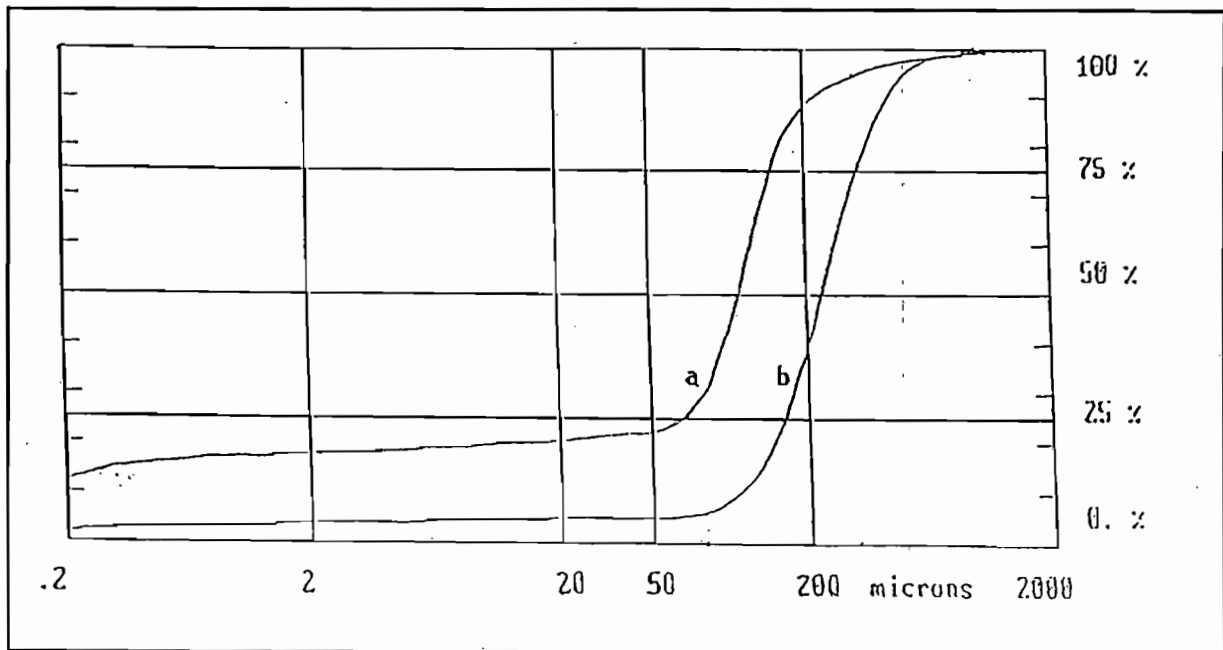


Fig. 23 - Courbes granulométriques comparées du niveau 2 de la coupe de Côte-Matêve (a) et de la plaine littorale de Loango (b).

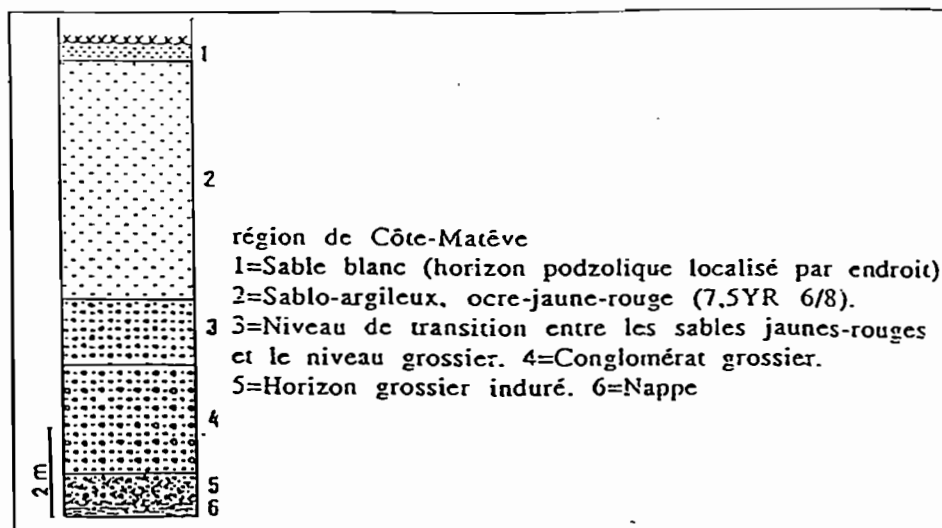


Fig. 24- Coupe de synthèse des formations de la région de Côte-Matêve

Les deux formations représentent, sans doute, deux dépôts successifs de la Loémé, mis en place probablement pendant le Quaternaire ancien (MASSENGO, 1970, PEYROT, 1983). Le dépôt grossier de base témoigne d'une compétence plus élevée du fleuve à une époque encore inconnue. La première formation provient des collines mayombiennes, la seconde des remaniements de la série des cirques.

Quoi qu'il en soit, ces formations ocres jaunes du littoral, avec leur conglomérat grossier de base, posent le problème des relations géomorphologiques existant entre le plateau et la plaine côtière, notamment le long du talus interne et surtout celui de l'interprétation de ce talus, qui fait l'objet d'une discussion dans le chapitre suivant.

* Les autres formations du littoral.

Ce sont, entre autres, les importantes accumulations de Tchilassi et de Matombi sur le littoral de la baie de Loango. Il s'agit de dépôts fluvio-lacustres dominés par des couches sablo-argileuses avec des intercalations de minces pellicules d'argile. Ces niveaux surmontent des horizons organiques d'origine végétale, pris dans une argile pure pour le cas de Matombi, et dans un niveau tourbeux, pour celui de Tchilassi. Les datations de ces restes macro-organiques (SCHWARTZ et al -1990), ont apporté d'importantes précisions sur la fin du Quaternaire sur ce littoral.

4 - LES ALLUVIONS RÉCENTES

Elles sont constituées surtout par les dépôts des fonds de vallées et des bords de lagunes.

Dans l'alvéole de Makola, à 6 km environ au nord-est de Diosso, se sont accumulés plus de 2 m de sédiments. L'analyse granulométrique d'un échantillon prélevé au centre de la dépression, à 50 cm de profondeur donne 100% de particules inférieures à 50 microns. La courbe cumulative de ces argiles est légèrement convexe (fig.25). Elle représente, selon les travaux de RIVIERE (1977), un faciès hyperbolique traduisant une décantation de suspension uniforme en milieu calme, limnique ou laguno-lacustre. Le fond de cette alvéole, colonisé aujourd'hui par une végétation hydromorphe, était sans doute le siège d'un lac aujourd'hui disparu. Un sondage plus profond dans ces sédiments apporterait sans doute d'importants éclairages dans l'étude des différentes étapes de l'érosion des collines environnantes.

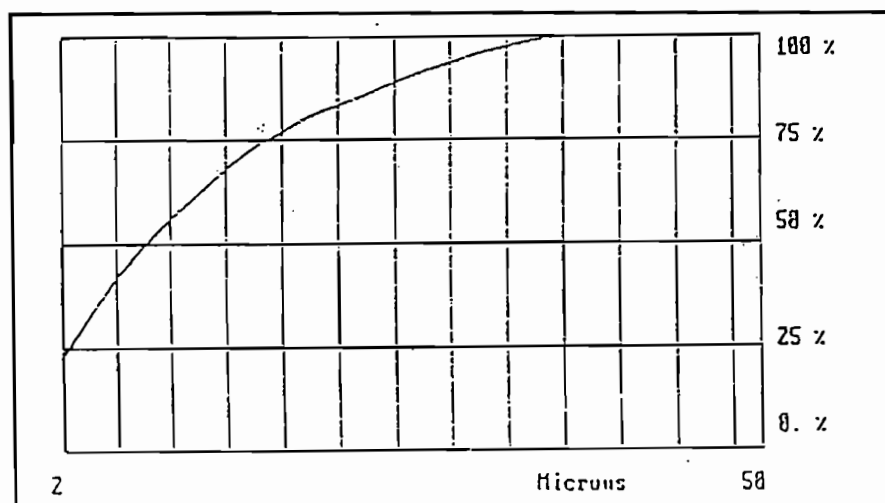


Fig. 25 - Courbe granulométrique des argiles de l'alvéole de Makola

D'autres accumulations importantes de sédiments récents s'observent sur la plaine littorale, le long des vallées des cours d'eau. Les rebords de la Rivière Rouge, qui s'enfonce de 2 m environ dans la plaine littorale, à moins de 10 km au nord de Pointe-Noire, sont colmatés par 1,5 m de sédiments dont l'étude granulométrique a révélé une composition à 81% argileuse et 19% sableuse. L'analyse granulométrique des sables qui sont fins à 100% (particules comprises entre 50 et 250 microns), indique un faciès parabolique légèrement modulé correspondant à un dépôt fluvial de plaine inondable (RIVIERE, 1977).

La présence des sédiments argileux, le long des rivières de la plaine côtière, suppose l'existence d'un obstacle à l'approche de l'exutoire, coupant l'accès des rivières vers l'Océan. Ce barrage serait ainsi à l'origine de la formation des lagunes en amont où s'entassent les sédiments par décantation. Aujourd'hui, la Rivière Rouge ne connaît presque jamais ce phénomène. Elle se jette régulièrement dans la mer où est déposée la charge fine actuelle. L'argile rouge brique des rebords de cette rivière représente, de ce fait, l'héritage d'une dynamique ancienne liée sans doute aux ultimes variations du niveau marin.

Ce phénomène d'obstruction de l'écoulement des rivières vers la mer a également accéléré le développement des papyraies le long des marais et des bords des lagunes littorales. GRAS (1965), note la présence de deux niveaux tourbeux dans les sédiments de la vallée de la Songolo. Ces formations, sans doute limitées à cette vallée, sont vraisemblablement les témoins de deux petits événements morphoclimatiques dont l'étude approfondie apporterait des indications supplémentaires pour la connaissance du Quaternaire récent.

Chapitre III

EVOLUTION PALEOGEOMORPHOLOGIQUE

Les grandes lignes de la topographie dans ce secteur côtier sont l'oeuvre à la fois de la tectonique et de l'érosion dont l'action a été commandée par les variations climatiques du Quaternaire.

1 - L'IMPACT DE LA TECTONIQUE SUR LE RELIEF

Les différents chaînons du Mayombe sont des anticlinaux consécutifs aux différents plissements précambriens (DEVIGNE-1959). Ils ont été, soit dédoublés, soit compartimentés par plusieurs champs de failles qui ont permis l'installation d'un réseau hydrographique très dense. Celui-ci, par adaptation et surimposition successives, a sculpté un relief de sillons appalachien typique correspondant parfois à des combes, de synclinaux perchés etc... Sur le flanc occidental, l'intrusion des batholites granitiques a perturbé la régularité du plissement, créant ainsi un relief plus cloisonné où les chaînons plus trapus et moins allongés sont dominés, par endroits, par des hautes collines massives tels que le mont Kanda, le mont Mfoubou (VENNETIER-1968).

Pour le bassin sédimentaire côtier, la tectonique du socle précambrien a une influence sur la structure de ses différentes séries (DEVIGNE-1959). De nombreuses études géologiques (BABET, 1928 ; LEBEDEFF, 1929) ainsi que des prospections minières et pétrolières (celles de la SPAEF de 1934 et 1957) avaient déjà permis de mettre en évidence les irrégularités topographiques de la surface du socle.

Selon des études récentes de géophysique (cf. les synthèses de LOGAR et al-1983), la structure profonde du soubassement atlantique a été commandée pendant très longtemps par une tectonique distensive qui a accompagné la création de la dépression initiale. La surface de départ, sur laquelle se déposent les premiers sédiments du bassin côtier, a une topographie comparable à celle des "rifts valleys" actuels d'Afrique orientale, c'est-à-dire très accidenté, à cause des horsts et grabens qui se succèdent soit perpendiculairement soit parallèlement au bâti mayombien. Les dépôts de base ont ainsi épousé ces paléoformes et adopté leurs ondulations qu'ils ont imprimées aux séries postérieures. Les couches ont donc des plis de couverture. Au début du Paléocène commence une phase de compression qui

provoque quelques plissements de faibles pendages et des failles orthogonales à ces plis (JANSEN et al-1982). La fig. 26 qui représente la coupe synthétique du bassin côtier montre l'ampleur de la dislocation du soubassement. Cette coupe confirme les observations de DADET (1969) qui notait déjà que les phénomènes de diapirisme, liés à l'épisode salifère, observés au Gabon et en Angola, n'ont pas affecté le bassin congolais, sauf les couches situées au large des côtes.

La tectonique (plissement et fracturation) a ainsi commandé la distribution des grands axes structuraux dont sont tributaires les grandes lignes du relief.

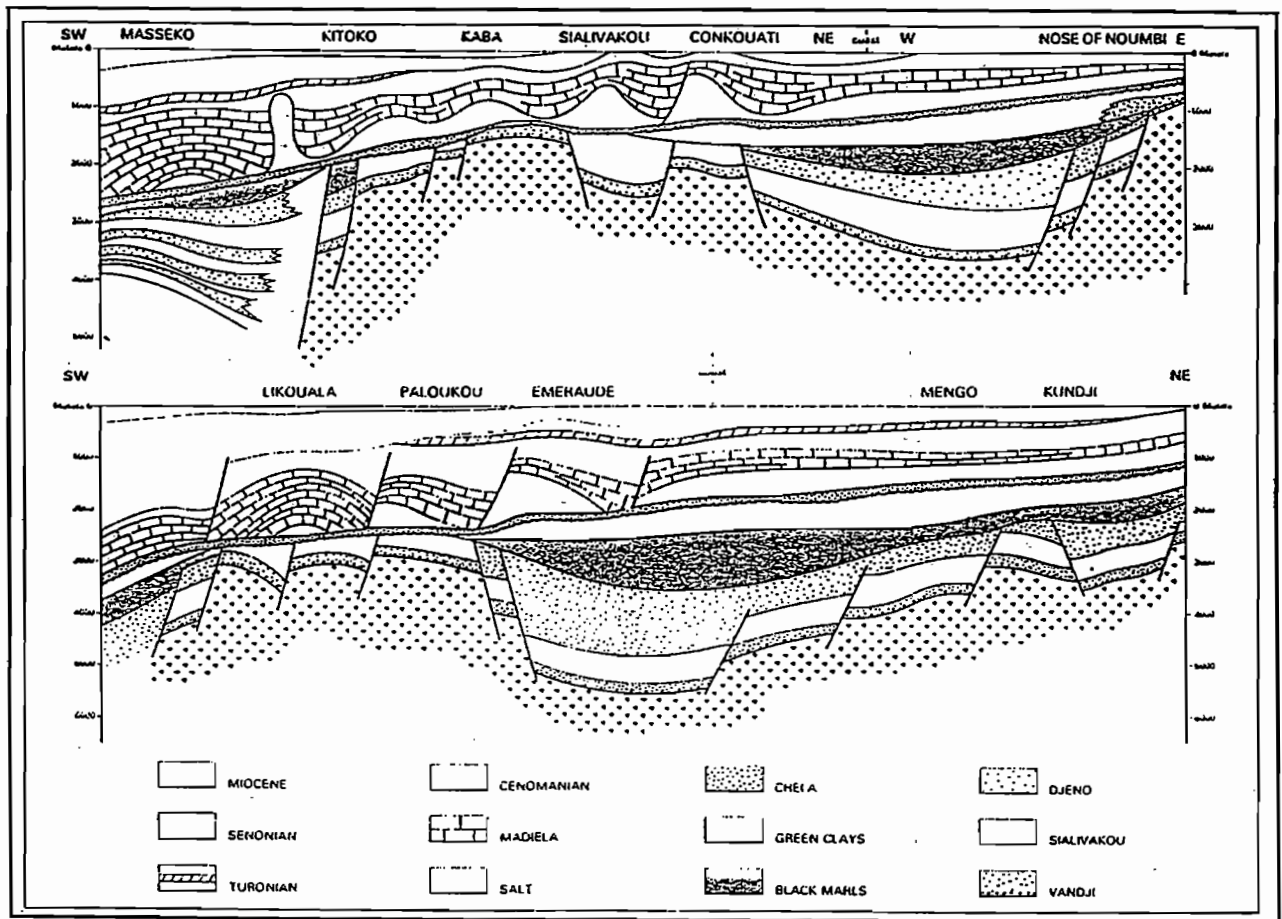


Fig. 26 - Schémas structuraux montrant l'importance de la fracturation dans les séries Antésalifères et le phénomène de diapirisme au large des côtes. (LOGAR et al 1983)

Les ondulations topographiques des plateaux côtiers sont, de ce fait, une alternance de bombements anticlinaux et synclinaux. Le plateau de Diosso-Hinda est un gendlement anticlinal dont l'axe, orienté légèrement ouest nord ouest - est sud est passe par Diosso. Il domine les fossés tectoniques de la Ntombo au Nord et de la Loémé au Sud. Ses flancs sont fracturés, ce qui justifie la présence du talus interne (VENNETIER-1968; MASSENGO-1970). Ce talus, qui constitue un élément marquant de la topographie régionale, a été par la suite, interprété comme une ancienne falaise côtière, sculptée au Quaternaire en liaison probable avec les oscillations du niveau marin (PEYROT-1983). Cette interprétation est aujourd'hui rejetée par les investigations de GIRESSÉ (1981) qui montrent que le niveau marin n'a, grosso modo, jamais dépassé le niveau actuel, sur la côte congolaise. L'hypothèse tectonique reste ainsi la plus probable.

L'interprétation géomorphologique de cet accident topographique reste encore à faire, car il est difficile aujourd'hui de situer exactement l'emplacement de la faille. VENNETIER (1968) pense que, dans la baie de Pointe-Noire, le talus " a dû se trouver autrefois, comme ailleurs aujourd'hui, très près de la côte... Ce sont les apports des alluvions fluvio-marines qui, en construisant la plaine ont fait avancer peu à peu le rivage vers le Sud-Ouest...". Selon cette interprétation, le talus se calquerait directement sur la faille qui serait en partie masquée par les formations remaniées du littoral. Il s'agirait donc d'un escarpement de faille atténué et partiellement fossilisé. Sa hauteur de commandement aurait été réduite, suite à l'érosion du compartiment soulevé, d'une part, et à l'accumulation des sédiments sur le bloc affaissé, d'autre part. On peut ainsi présumer, selon ce raisonnement, que le terme supérieur de la série des cirques avait une épaisseur initiale plus importante qu'on peut retrouver sous les dépôts de la plaine côtière. Les éléments grossiers décrits dans les carrières de Côte-Matêve au sud de Pointe-Noire et ceux qu'on retire des puits à Pointe-Noire même marquent-ils une ligne de démarcation entre les sables supérieurs de la série des cirques et les formations remaniées du littoral ? Il est difficile de répondre à cette question, faute d'indices géomorphologiques suffisants.

Par ailleurs, il n'est pas exclu que la similitude texturale, entre le niveau supérieur du plateau de Diosso-Hinda et les formations du littoral, observée à Pointe-Noire et à Loango, soit liée à un caractère transgressif de ce sable supérieur sur le littoral. Dans ce cas, le dépôt des sables supérieurs, voire de toute la série des cirques serait postérieur à l'accident tectonique et topographique qu'elle aurait recouvert. Le niveau supérieur aurait été remanié et fossilisé par d'autres dépôts durant le Quaternaire sur le littoral. Cette hypothèse est aussi vraisemblable que la première dans la mesure où tous les mouvements tectoniques enregistrés dans la région sont antérieurs au Plio-Pléistocène.

Toutefois, ces raisonnements restent, pour l'heure, des hypothèses de travail, faute d'études approfondies menées sur cette question. L'origine tectonique de ce talus est néanmoins plus que probable. C'est le cas pour les autres traits majeurs du relief. Les collines

prémayombiennes par exemple s'inscrivent sur un champ de failles sub-parallèles à la direction mayombienne. Cette région est "une zone de petits dômes et de gradins compliqués par des accidents de rupture souvent verticaux" (MASSENGO-1970). Dans cette zone proche du massif précambrien, on note un approfondissement rapide du socle dû à un accident tectonique longitudinal de type flexure ou faille (DADET-1969). Un système de cassures orthogonal au premier a pu paraître par compensation et serait à l'origine du relief de la série des pointes qui interrompent le trait de côte, fig. 26 (GIRESSE-1980).

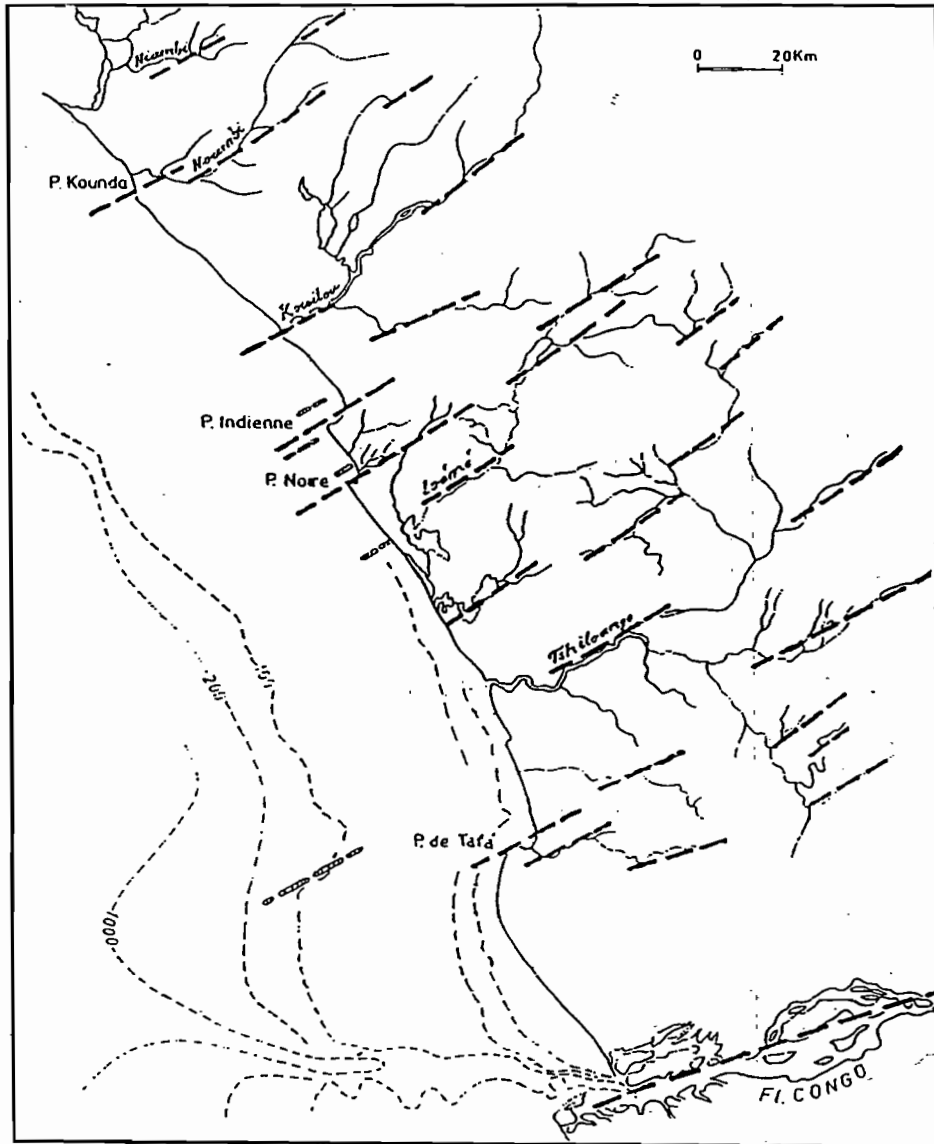


Fig. 27 Directions supposées de fractures continentales (Tirés pleins) et sous marines (tirés hachurés) d'après le relief des pointes littorales et des bancs rocheux sous-marin qui les prolongent. D'après l'orientation des cours d'eau afférents à la côte. (tiré de GIRESSE 1980)

Ce rôle de la fracturation dans la morphogenèse des bassins côtiers du golfe de Guinée a également été reconnu dans d'autres pays. Sur le site de Douala au Cameroun, MORIN et MAINET (1982), cités par KUETE (1988) ont mis en évidence un réseau de cassures qui dénivellent les terrains mio-pliocènes, les formations quaternaires et les colluvions. Tout ce secteur, écrivent-ils, a joué en touche de piano ; la flexuration, le basculement de certains plateaux ont affecté des sables de couverture. En Côte-d'Ivoire, d'après les descriptions de LE BOURDIER (1958), la morphologie du littoral oriental a été influencée par des mouvements tectoniques qui sont à l'origine d'une série de déformations vigoureuses.

La tectonique a donc été déterminante pour les traits majeurs du relief. Le modelé de détail, à savoir, les cirques, les vallées sont en revanche l'oeuvre de l'érosion dont l'action a été en partie sous la dépendance des variations climatiques du Quaternaire.

2 - L'INFLUENCE DES VARIATIONS DU CLIMAT ET DU NIVEAU MARIN AU QUATERNAIRE RÉCENT

Les précurseurs dans le domaine du Quaternaire de l'Afrique centrale sont entre autres CAHEN, MORTELMANS, MOEYERSONS, DE PLOEY, etc... qui dans les années 1950 et 1960 ont posé les jalons de cette étude. Mais les connaissances dans ce domaine se sont, de plus en plus, précisées dans les années 1970 et 1980 grâce aux travaux de GIRESSSE et des géologues de la faculté des Sciences de l'Université Marien NGOUABI de Brazzaville, puis à ceux de SCHWARTZ et de LANFRANCHI.

Les recherches en sédimentologie, palynologie et paléobotanique, chimie isotopique, archéologie de ces auteurs ont permis de reconstituer progressivement la chronologie des changements climatiques et des oscillations du niveau marin durant les 70 derniers millénaires.

2 - 1- LES PRINCIPALES OSCILLATIONS CLIMATIQUES

L'étude du Quaternaire ancien et récent est actuellement fondée sur les datations des restes organiques d'origine animale et végétale, piégés dans les sédiments plus ou moins profonds des tourbières, des terrasses alluviales, du plateau continental... La détermination des espèces surtout végétales permet ainsi des extrapolations sur les climats en se référant aux

conditions écologiques actuelles.

Ainsi, dans l'état actuel des connaissances, quatre phases climatiques ont affecté l'Afrique centrale, durant les 70 derniers millénaires et ont laissé des empreintes plus ou moins bien conservées dans la nature. Les phases les plus anciennes sont quelque peu connues grâce aux travaux de géologie océanique de JANSEN (1990).

– Le Maluékien (70.000 ? - 40.000). Il est défini par DE PLOEY (1963) comme une période semi-sèche. Son identification a été rendue possible grâce à la présence d'une terrasse à une trentaine de mètres au dessus des eaux du fleuve Congo. Il s'agit d'une formation grossière très hétérogène et hétérométrique qui n'a pu se constituer que dans un contexte climatique à tendance sèche (LANFRANCHI et SCHWARTZ-1986). On pense que le Maluékien est caractérisé par une érosion en nappe sur des versants à faible couverture végétale. Ceci aurait permis la mobilisation des matériaux grossiers. Dans le Mayombe et dans la Sangha, cette période correspond à la formation des stone-lines (SCHWARTZ et LANFRANCHI-1984, 1990).

– Le Njilien (40.000 - 30.000 ans BP.) est une période de réhumidification qui favorise à la fois une altération poussée des sols, une expansion de la forêt de type primaire et une intensification de l'érosion de type linéaire notamment au début de cette phase c'est-à-dire au passage du Maluékien au Njilien (SCHWARTZ-1990). Sur le continent, dans la région de Brazzaville, cette phase climatique correspond, d'après les études de SCHWARTZ (1988, 1990), à une phase de podzolisation aboutissant à la formation d'importants podzols constitués par un épais horizon E (sables blancs) et un alios humique. Cette pédogenèse n'a pu avoir lieu que sous une couverture forestière dense capable de produire une litière abondante qui justifie la quantité énorme de matière organique contenue dans les horizons spodiques. Au Djilien toutes les zones de podzols actuellement en savane, sur les plateaux batékés, ont été enforestées (DECHAMPS et al - 1990).

Dans la région côtière, les sédiments de base du colmatage de la paléovallée du Kouilou contiennent entre autres 56 à 58% de pollens très variés provenant surtout de la forêt tropicale avec une absence quasi totale de graminées. Par ailleurs, dans la vase prélevée sur la bordure externe de la plate-forme sous-marine de cette région, les analyses polliniques ont également donné 60% de pollens de forêt (CARATINI et GIRESSE-1990). Ces pollens datés pour l'essentiel entre 42.000 et 32.700 ans BP. indiquent ainsi une grande extension de la forêt synonyme d'un climat très humide.

– Le Léopoldvillien (30.000 - 12.000 ans BP.) se caractérise par un assèchement du climat. Il est contemporain de la grande aridification maintenant bien connue en Afrique et

centrée vers 20.000 - 18.000 ans (GIRESSE et al.-1981). DE PLOEY cité par LANFRANCHI et SCHWARTZ (1986) le subdivise en trois périodes (a,b,c) et place le maximum de l'aridification en b. Pour cet auteur, c'est au cours de cette période que se sont produits les remaniements des sols, responsables du dépôt des alluvions et colluvions (proluviaux) qui recouvrent la plaine de Kinshasa. Mais pour SCHWARTZ et LANFRANCHI (1990), s'appuyant sur les travaux de ROOSE (1977) "ce n'est pas pendant les phases sèches que ces remaniements sont les plus importants sur sols sableux mais en phase humide. C'est après une accumulation de pluies gorgeant le sol d'eau que les phénomènes d'érosion se déclenchent". Ces dépôts auxquels DE PLOEY (1963) et DE PLOEY et VAN MOORSEL (1963) attribuent un âge compris entre plus de 30.000 et 6.000 ans BP, sont, pour SCHWARTZ et LANFRANCHI (1990), des apports discontinus, ante et post Léopoldivilliens. Ces derniers auteurs précisent que ces remaniements des sols sont à rattacher au renversement climatique Maluekien - Djilien.

Par ailleurs, toujours d'après ces études, il ne semble pas qu'il y ait eu de phase éolienne durant cette période, sur ces plateaux batékés. Les dépressions fermées observées sur ces plateaux et de moindres dimensions dans la région côtière, que DE PLOEY (1965) interprète comme étant des cuvettes de déflation éolienne ont sans doute une origine chimique (dissolution de la silice, évolution sur place avec un fort drainage dans les formations) et sont à rapporter à l'anté-Djilienne (SCHWARTZ et LANFRANCHI 1990).

Dans la région côtière, l'analyse pollinique d'un niveau de vase bathyale de 18.000 ans BP (CARATINI et GIRESSE-1979) montre une diminution des pollens d'espèces forestières et une bonne représentation des pollens de graminées (22%).

– Le Kibangien (12.000 - actuel) est sans doute la phase climatique la plus connue dans la région côtière en raison des nombreux vestiges qu'elle a laissés dans le sol et le sous-sol. Cette phase qui correspond à l'Holocène se subdivise en un Kibangien A humide (12.000-3000 B.P), avec un maximum d'humidité situé vers 8000 ans BP., et un Kibangien B (3000 BP.- actuel) marqué au sud de l'Equateur par une tendance légèrement plus aride (GIRESSE et LANFRANCHI, 1984 ; CARATINI et GIRESSE, 1979 ; SCHWARTZ et LANFRANCHI, 1990).

La phase humide est caractérisée par un développement de la forêt d'abord dans les vallées et sur les versants. Elle est également marquée par une nette accélération de l'érosion. L'étude des sédiments du plateau continental (GIRESSE et al.-1982) montre, en effet, qu' à 145 km de l'embouchure du fleuve Congo, la vitesse de sédimentation passe de 47 cm/10³ ans entre 13.870 et 11.230 BP. à 160 cm/10³ ans entre 11.230 et 10.350 BP. L'arrivée de vase riches en silts coïncide avec la reprise assez soudaine des précipitations sur les versants. Les analyses polliniques de CARATINI et GIRESSE (1979) d'une tourbe prélevée dans le

sous-sol de Pointe-Noire montrent en outre une diminution des pollens de graminées (2%) et une augmentation de ceux des espèces forestières (41 à 64%). Les caractéristiques de cette forêt sont aujourd'hui bien connues grâce à la découverte et l'étude d'une flore forestière conservée in situ sur le littoral de Pointe-Noire et datée 5800-3100 BP (DECHAMPS et al -1988). Cette étude permet de reconstituer avec certitude une forêt dense mi-holocène développée sur les podzols de ce littoral et donc de confirmer la grande humidité du début et de la mi-Kibangien. Cela est d'autant plus vrai que les espèces identifiées ici se répartissent en trois strates d'arbres caractéristiques de la forêt primaire dense ombrophile, voire marécageuse, comparable à celle qu'on trouve encore dans les Monts de Cristal au Gabon et dans le massif du Chaillu. Ceci implique une pluviométrie supérieure à 2000 mm/an. Selon cette étude et les précisions apportées par les mêmes auteurs (SCHWARTZ et al.-1990), on peut reconstituer sur le littoral pontonégrien le milieu suivant : forêt dense littorale, hydromorphe, périodiquement inondée, ce qui implique l'existence d'une nappe battante. Ce milieu et ces conditions sont à l'origine de la podzolisation sur la plaine côtière.

Selon une étude des profils isotopiques ^{13}C et ^{14}C d'un sol ferrallitique sableux du littoral réalisée par SCHWARTZ et al (1992), "à l'Holocène inférieur, la forêt occupait non seulement la plaine littorale... mais sans doute tout l'ensemble des plateaux et collines compris entre le littoral et le massif montagneux du Mayombe". Cette forêt disparaît, au profit d'une végétation plus savanicole, vers 3000 BP. avec la péjoration climatique du Kibangien B, qui est identifiée sur le littoral par une diminution des pollens de forêt et une augmentation de ceux des espèces savanicoles, dans les sédiments (CARATINI et GIRESSE- 1979, 1990 ; SCHWARTZ et al-1990 ; SCHWARTZ et al-1992).

Le passage entre les phases humide et sèche du Kibangien a été, sans doute, brutal, vu la qualité de la conservation des bois étudiés dans les sédiments littoraux et surtout l'absence de spécimens appartenant à une végétation intermédiaire (SCHWARTZ et al -1990).

La fin de l'Holocène est entrecoupée de petites variations climatiques qui restent à préciser. MALOUNGUILA-NGANGA et al (1990), dans l'étude des sédiments du colmatage de la paléovallée du Kouilou, mettent en évidence une reprise de l'alluvionnement liée à augmentation de la compétence des rivières vers 500 BP. Mais ils estiment en revanche, en se servant d'autres indices (légère augmentation des pollens de graminées depuis 500 BP ; de Podocarpus qui est un conifère des régions relativement fraîches depuis 400 BP), que la fin du Kibangien est légèrement plus froide et plus sèche.

Cette interprétation est contestée par SCHWARTZ et al (1990) qui estiment que l'augmentation de la compétence des rivières s'explique plutôt par une intensification de la pluviosité. Ils s'appuient sur d'autres indices. Le fait géomorphologique le plus marquant est l'existence d'un niveau macro-organique enfoui sous environ 3 à 5 m de sédiments à l'exutoire du cirque de Diosso, dans la baie de Loango. Ces restes, d'un âge moyen de 500 BP +/- 60 ans

(SCHWARTZ et al- 1990), sont pris dans une argile rouge-brique presque pure, surmontée de dépôts grossiers (galets, graviers, sables etc...). L'argile indique un dépôt par décantation dans une eau calme, stagnante, alors que les sédiments grossiers supérieurs révèlent une augmentation de compétence des cours d'eau. Cet épandage, caractéristique d'une sédimentation en masse, ne peut s'expliquer que par une reprise de l'érosion dans le cirque, liée à une augmentation des pluies¹. Les résultats d'une étude sur des sédiments enfouis dans la vallée du Niari (VINCENS et al, 1994, sous presse), indique également une recrudescence des pluies dès 1200 ans BP.

Par ailleurs, les matériaux plus ou moins grossiers qui fossilisent les restes de la forêt mi-holocène dans le littoral de Loango et de Pointe-Noire, traduisent par leur nature et leur importance volumique, un environnement climatique plus humide. C'est pendant les phases humides que l'érosion est plus importante sur sol sableux que pendant les phases sèches (SCHWARTZ et LANFRANCHI, 1990).

Ces deux sédiments sont sans doute les témoins de deux petites phases humides s'inscrivant dans le Kibangien B reconnu comme légèrement sec dans son ensemble. Mais ces reprises d'érosion peuvent être le résultat de petites régressions marines. GIRESSE et al (1982), notent que l'encaissement rapide et récent du Kouilou lié à des oscillations du niveau marin, a provoqué une érosion régressive active qui a donné naissance à une succession de terrasses étagées. Le colmatage même de la paléovallée du Kouilou s'est fait sous le contrôle direct des mouvements eustatiques (MALOUNGUILA-NGANGA et al,-1990).

2 - 2 - LES VARIATIONS DU NIVEAU MARIN

Les variations climatiques se sont accompagnées de pulsations positives ou négatives du niveau marin.

La fin du Maluékien est le début d'une pulsation positive sur la ligne de rivage. Elle atteint son maximum au Djilien (40.000 - 30.000). Cette phase de réhumidification, qui correspond au réchauffement intra-würmien, est, en effet, contemporaine d'une transgression marine qualifiée d'inchirienne. Elle est identifiée sur la rive droite du fleuve Kouilou, à la base d'un sondage de 30 m, grâce à une argile noire datée au delà de 35.000 ans BP et dans laquelle on a noté 15 à 30% de pollens de mangroves (GIRESSE et MOGUEDET, 1980). La transgression inchirienne a été enregistrée dans plusieurs pays de la côte atlantique africaine. Au Gabon, elle atteint un niveau proche du niveau actuel (LEBIGRE et al, 1990) ; en Mauritanie la ligne de rivage inchirienne se situe à 8 m au dessus du niveau actuel (ELOUARD et al 1969) ;

1. Une analyse plus détaillée de ce dépôt est faite dans la troisième partie de ce travail.

elle se situe entre +8 m et +10 m en Angola (GIRESSE et BARUSSEAU, 1986). Il faut dire que toutes ces côtes, où le rivage inchoirien est surélevé de nos jours, sont à épirogénie positive. Sur les autres côtes cette ligne de rivage est aujourd'hui sous la mer. C'est le cas de la Côte d'Ivoire (FREDOUX, 1977), du Nigéria (SOWUNMI, 1981), etc...

Durant la période aride du Léopoldvillien, on assiste à une régression très importante, qui voit la ligne de rivage atteindre -120 m. Son maximum se situe vers 18.000 ans BP et elle s'accompagne de l'édification des cordons dunaires sur le littoral et surtout du recul de la mangrove dans les estuaires (CARATINI et GIRESSE, 1979).

Vers 12.000 ans BP la réhumidification est contemporaine d'une remontée du niveau marin. C'est la transgression holocène qui s'inscrit dans le Kibangien A et dont le maximum peut-être situé dans le golfe de Guinée vers 5000 BP, période au cours de laquelle la ligne de rivage atteint le zéro actuel sur la côte congolaise et sans doute sur celle du Gabon (GIRESSE et al., 1990). Dans l'estuaire du Kouilou les témoins de cette pulsation positive sont un dépôt de sables fins marins puisqu'il renferme des traces d'animaux marins (pelotes fécales ovoïdes, de coquilles vert-noires). On peut corréliser ce niveau avec les restes de tourbes de mangrove prélevés à -20 m dans le sous-sol de Pointe-Noire et datés de 7000 à 8000 BP. (GIRESSE et MOGUEDET, 1980).

Les oscillations de la mi et fin Holocène ne sont pas encore bien connues. Les observations, dont on dispose, semblent indiquer qu'elles ont été de très faible ampleur. Après le maximum de la transgression, on assiste à partir de 4000-3000 à une légère régression (moins de 1 m). Dans l'estuaire du Kouilou, ce faible retrait est matérialisé par des sédiments continentaux assez hétérométriques (sables grossiers, graviers et cailloutis) qui recouvrent sur 6 m environ les sables fins estuariens (GIRESSE et MOGUEDET, 1980). Selon ces mêmes auteurs, cette brève régression aurait occasionné le déploiement d'un petit épisode éolien responsable du dépôt du cordon sableux proche de l'Océan.

De 3000 à 500 BP, se produit une nouvelle remontée du niveau de la mer. Il atteint son maximum vers 2000 à 1500 et la ligne de rivage a sans doute dépassé le zéro actuel (+0,5 m ?). La courbe de synthèse dressée par DELIBRIAS (1986) montre un léger dépassement du niveau actuel, mais aucune datation ne confirme pour le moment ces hypothèses. D'après GIRESSE et al (1980 et 1990), "cette transgression correspond au maximum d'extension des lacs et marécages de la plaine maritime du Kouilou, de l'embouchure de la Songolo". Dans l'estuaire du fleuve Kouilou, la transgression fini-kibangienne s'est traduite par environ 7 m de dépôt d'argile noire mélangée à des débris végétaux. Des témoins ont également été découverts à l'estuaire de la Songolo où affleurent des plaques d'argiles organiques. Daté de 2920 BP, ce niveau correspondrait au tout début de la transgression GIRESSE et MOGUEDET (1980). L'argile tourbeuse contenant des restes d'animaux marins (*Arca senilis*), décrite sur la plage de Loango et datée à 520 BP (GIRESSE et MOGUEDET,

1980), constitue une empreinte supplémentaire de cette transgression dont elle marque probablement la fin. C'est le cas pour les sables vaseux estuariens très récents (450, 500 et 600 ans) contenus dans les horizons supérieurs du colmatage de la vallée du Kouilou (MALOUNGUILA-NGANGA et al, 1990).

Ce mouvement positif de la mer, encore mal connu, a été suivi d'un autre mouvement négatif qui a ramené la ligne de rivage à son niveau actuel. Dans les sédiments de la vallée du Kouilou, ce dernier mouvement est marqué par 2 à 3 m de sables moyens (MALOUNGUILA et al, 1990).

Ces mouvements eustatiques de la fin de l'Holocène que GIRESSSE et al (1990) attribuent à d'ultimes réajustements hydrostatiques, sont encore mal connus. Il semble que leurs actions ont plus marqué l'estuaire du Kouilou ainsi que les baies de Pointe-Noire et de Loango. Dans la baie de Loango, deux éléments géomorphologiques, pas encore étudiés dans le détail, semblent témoigner d'un haut niveau marin. Il s'agit, d'une part, d'un petit talus haut de 2 m environ dont l'érosion actuelle a entamé la destruction et d'autre part, d'un sable blanc qui constitue la base des sédiments accumulés à l'exutoire du cirque de Diosso.

Il faut relever que depuis le milieu des années 1970, le trait de côte subit une érosion plus prononcée dans les baies de Pointe-Noire et de Loango. Le recul du trait de côte a atteint, selon les mesures effectuées par le COMARAF (projet PNUD-UNESCO qui s'occupe entre autre de l'hydrodynamique du proche plateau continental et de l'érosion côtière), des vitesses moyennes de l'ordre de 3 m/ mois en 1988 et 1989 à certains endroits de cette baie. Les causes de cette érosion côtière ont fait l'objet d'une thèse (KITSOUKOU, 1992). Elles sont, d'après cette étude, d'ordre naturel et anthropique.

Dans les causes naturelles, l'auteur insiste sur le rôle de la morphologie du trait de côte composée par une succession de caps, de baies et de sections rectilignes. Les caps bloquent le transfert des sédiments transportés par la dérive littorale, ce qui entraîne, immédiatement dans la baie abritée une érosion due au déficit sédimentaire dans les eaux. Parmi les causes anthropiques, les travaux d'aménagement du port de Pointe-Noire ont créé un piège à sable qui empêche le transit des sédiments vers le nord où les plages des baies sont les plus affectées.

CONCLUSION PARTIELLE

De cette présentation du cadre géomorphologique général, on peut noter la grande variété des paysages topographiques. L'interprétation de ces principales unités physiques est largement amorcée.

Ainsi, la distribution des grands traits du relief est l'oeuvre de la tectonique. L'étagement des surfaces depuis le littoral jusqu'à la montagne s'est faite sous son contrôle.

Le talus qui sépare le littoral des plateaux est un escarpement de faille dont la nature géomorphologique exacte est à déterminer. La mise en évidence, dans ce bassin sédimentaire, de plusieurs réseaux de failles, d'une part, et le caractère rectiligne du tracé et du profil de ce talus ainsi que sa hauteur de commandement qui avoisine les 100 m, d'autre part, sont des arguments qui militent en faveur de cette hypothèse. Dans l'état actuel de nos connaissances, il est, en effet, difficile de conclure comme PEYROT (1983) qui fait de ce dénivelé une ancienne falaise côtière.

Les collines qui font la jonction entre la montagne et les plateaux se calquent sur un champ de failles de deux ou trois directions principales. Elles sont séparées elles-mêmes du bassin côtier par un escarpement tectonique.

Mais la finition et la sculpture du modelé ont été faites par le réseau hydrographique sous l'influence de cette tectonique. Celle-ci a, en effet, beaucoup favorisé les cours d'eau à creuser des vallées aussi larges et profondes que celle du Kouilou, ou même de la Loémé. Toutefois, la compétence des cours d'eau a été largement tributaire des variations climatiques et des oscillations du niveau marin au Quaternaire. Les modifications durant les 70 derniers milliers d'années, assez bien connues aujourd'hui, ont permis aux cours d'eau de tailler dans les plateaux côtiers un important réseau de vallées plus ou moins larges et d'énormes cirques d'érosion encore actifs pour la plupart. L'étude de ce modelé d'échelle moyenne, dans la partie suivante de ce travail, apportera des observations qui aideront à préciser les dernières manifestations au cours du Quaternaire récent.

PLANCHE I

1 2

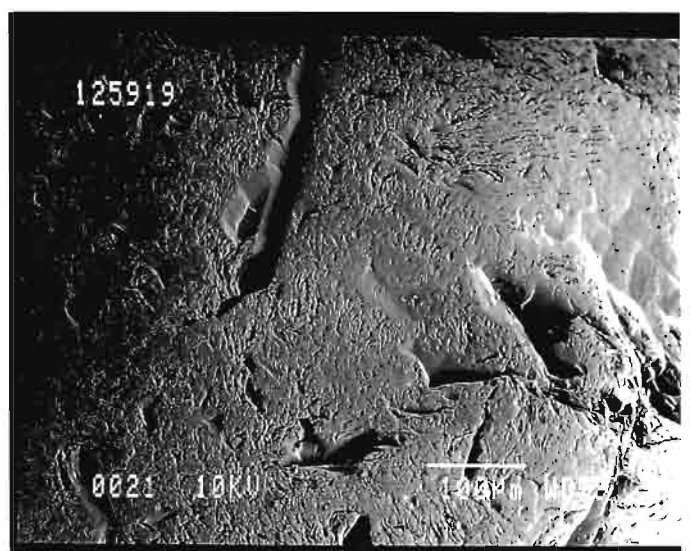
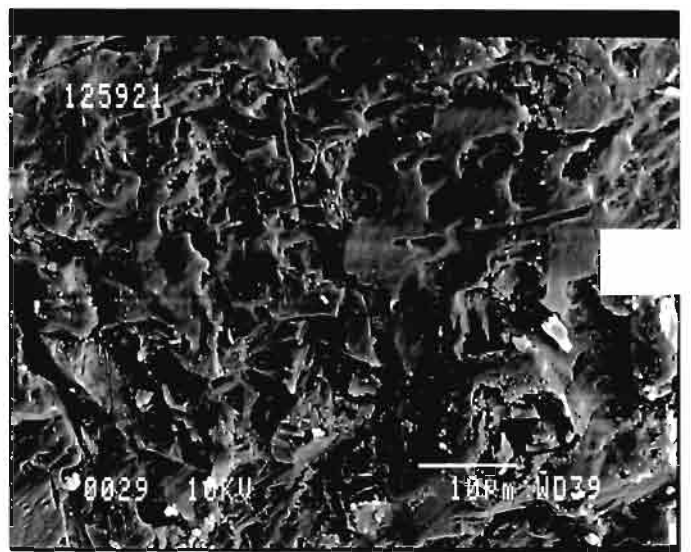
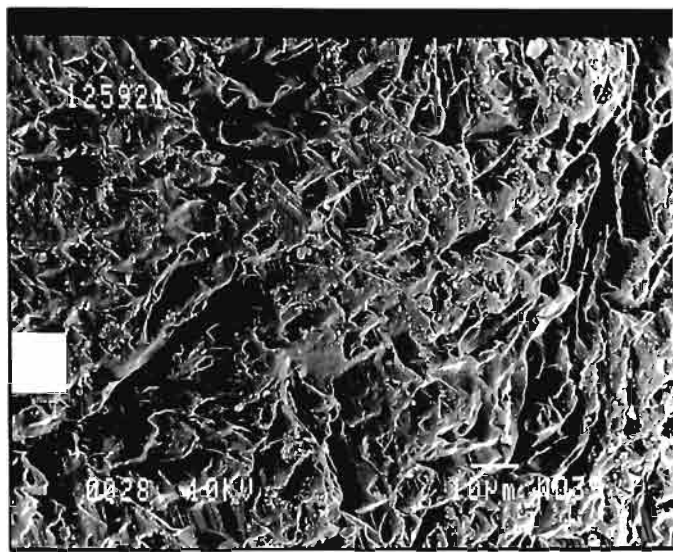
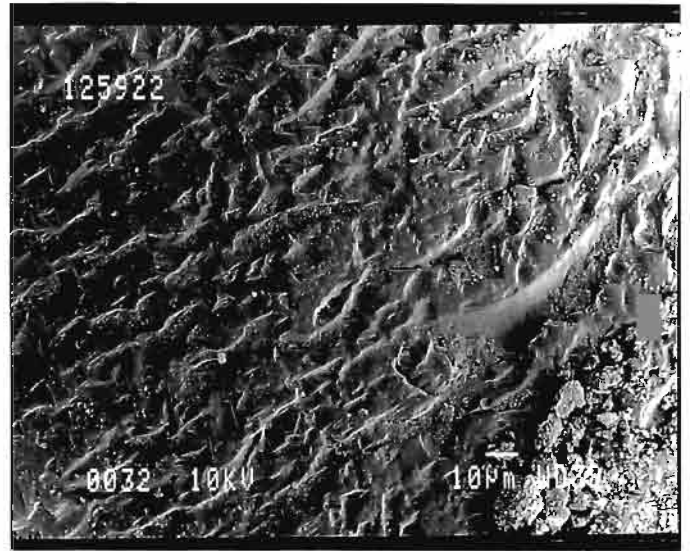
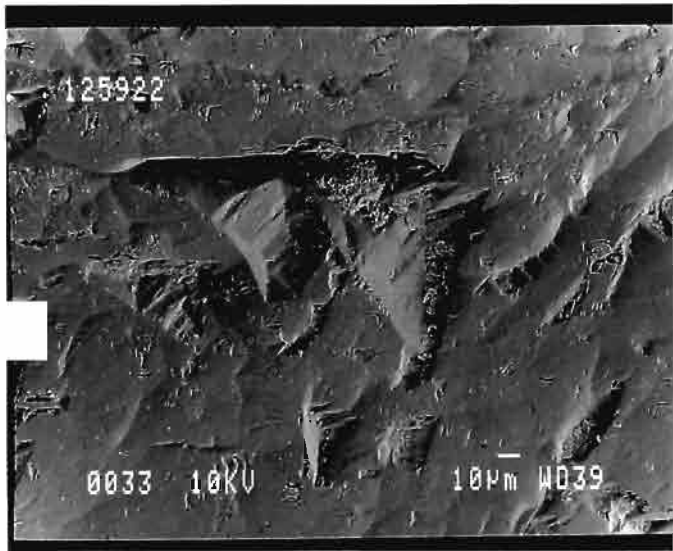
3 4

5 6

1 et 2 : Niveau supérieur de la série des cirques: coupe de Diosso (2 m de profondeur). On remarque les impacts des chocs en V (photo 1) et en croissant (photo 2) typiques de dépôts éoliens. L'action pédogénétique postérieure à l'action éolienne est marquée par des traces de dissolution (photo 2) et des remplissages des cavités par de la silice.

3 et 4 : Même formation que 1 et 2 et même profondeur. Echantillon prélevé à Mongo-Camba à l'est de Pointe-Noire. On remarque l'importance de la dissolution.

5 et 6 : Sable de cordons littoraux de Ngoyo au sud de Pointe Noire. Nombreux impacts de chocs en croissant typique de dépôts éoliens.



Deuxième partie

LA DYNAMIQUE ACTUELLE : L'ETUDE DES CIRQUES

INTRODUCTION

Deux phénomènes majeurs rompent la stabilité géomorphologique du bassin sédimentaire côtier. Il s'agit d'une part du recul du trait de côte dont l'instabilité prend des allures catastrophiques dans certains endroits et, d'autre part, de l'érosion des cirques dont l'ampleur et la vigueur contrastent avec la faiblesse actuelle du ravinement des versants.

Le recul du trait de côte, décrit brièvement à la fin de la première partie, constitue une préoccupation majeure pour les autorités. Les travaux de KITSOUKOU (1992), consacrés à ce phénomène, sont à ma connaissance, les premiers qui font une analyse détaillée de cette érosion de la côte. Les résultats auxquels ils ont abouti sont, de toute évidence, à approfondir, compte tenu de la complexité de cette question, mais ils ouvrent plusieurs axes de recherches futures dans ce domaine.

Les cirques d'érosion se développent sur les versants des vallées et le long du talus interne. Ils constituent la manifestation la plus spectaculaire de l'érosion dans l'arrière-pays de Pointe-Noire. L'ampleur de ces appareils et leur dynamique actuelle contrastent nettement avec la stabilité géomorphologique observée actuellement sur l'ensemble de la région, la notion de stabilité ne devant être prise ici que dans le sens d'une évolution lente, insidieuse, difficilement quantifiable.

L'évolution actuelle des cirques est également inquiétante pour les décideurs politiques et pour les populations. Elle menace les routes et contrarie les activités agricoles paysannes. La compréhension des mécanismes qui les ont engendrés et qui règlent leur dynamique actuelle permet de réfléchir sur les solutions à apporter à ce problème. Au-delà des intérêts liés à l'aménagement du territoire cette étude est également intéressante sur le plan scientifique.

Ainsi, cette partie regroupe les chapitres suivants de la thèse :

- 4 – Analyse bibliographique des travaux antérieurs sur les cirques d'érosion ;
- 5 – Description typologique des cirques de la région étudiée ;
- 6 – Une étude des causes et des facteurs de la dynamique actuelle dans la région.

Chapitre IV

CIRQUES D'EROSION ET LAVAKAS : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1 - DEFINITION ET LOCALISATION

Le mot cirque au sens où on l'entend ici évoque une excavation subcirculaire, plus ou moins grande, creusée par l'érosion. Un cirque est généralement composé d'un fond plus ou moins plat qu'entoure une enceinte aux parois redressées et aux contours plus ou moins réguliers et qui se referme sur elle-même avec un exutoire par lequel sont évacués les produits de l'érosion par les écoulements d'eaux.

Les cirques d'érosion ont été étudiés dans plusieurs régions du monde, particulièrement dans les bassins sédimentaires ; dans les régions de sédiments couvrant le socle et dans les pays à épais manteaux d'altérites. Il s'agit en fait d'une forme d'érosion qui affectent les matériaux très affouillables.

Au Congo, ils ont été étudiés par SAUTTER (1951 et 1970) sur les plateaux Batékés au nord et surtout au sud de Brazzaville où ils sont appelés "MABENGA". Ces cirques des plateaux Batékés ont également été décrits par MISSIE (1984) ; par AUGER (1967) ; et mentionnés par SCHWARTZ et LANFRANCHI (1990). Dans la région côtière, les cirques ont donné leur nom au terme supérieur des formations sédimentaires du bassin côtier (sables Plio-pléistocènes de la série des cirques déjà décrite et qui s'étendent de l'Angola au Gabon). Les cirques, dans la région, portent le nom de "MIBOUNGA" et plusieurs travaux en ont fait mention (KOECHLIN, 1961 ; RIQUIER, 1966 ; VENNETIER, 1968 ; PEYROT, 1983 etc...).

Dans d'autres régions d'Afrique, des cirque ont été décrits. Ainsi, sur les plateaux du Kassaï au Zaïre, les cirques d'érosion sont appelés "lubuy" ou "buy" (au pluriel), en langue luba (RAUCQ, 1958). Au Cameroun, sur les hautes terres des plateaux de l'ouest, KUETÉ (1988) fait une brève description des cirques d'érosion "particulièrement nombreux sur les versants des interfluves et des collines de Yaoundé". En Afrique du sud, on trouve des cirques d'une grande variété (RIQUIER, 1954).

A Hong-Kong également des formes semblables aux cirques ont été décrites par PANZER (1954) et par BERRY et RUXTON (1960), cités par TRICART (1974). RIQUIER (1954 et 1958) rapporte qu'on trouve des cirques d'érosion aux Etats-Unis en Caroline du sud.

Sur les vastes étendues des plateaux malgaches, par contre, d'autres types de formes portent le nom de Lavakas. Il s'agit des formes d'érosion linéaires, à pente forte, à profil transversal en U ou en V et à paroi verticale et généralement croulante. Ces formes ont été soit décrites sommairement, soit étudiées dans le détail par de nombreux auteurs (RIQUIER, 1954 ; PETIT et BOURGEAT, 1965 ; TRICART, 1974 ; RIOU, 1990). Au Brésil, les voçorokas sont les équivalents des lavakas. Au Cameroun, enfin, MORIN (1989) décrit plusieurs types de lavakas.

2 - MORPHOLOGIE GENERALE

Des cirques congolais aux lavakas malgaches, il s'agit de formes d'érosion dont les caractéristiques morphologiques sont tributaires des processus d'érosion qui eux mêmes dépendent des types de matériel affecté.

Pour SAUTTER (1951), ce qui importe d'un point de vue morphologique, pour les cirques des plateaux Batékés, c'est l'épaisseur et l'homogénéité du matériel dans lequel ils se sont élaborés. C'est ainsi qu'il distingue les cirques des plateaux au nord et à l'ouest de Brazzaville de ceux du district de Boko au sud. Les premiers sont taillés dans des sables reposant en concordance sur des grès tendres ou polymorphes. Ici, aucune discontinuité ne semble marquer le passage entre les sables sus-jacents et les grès sous-jacents très altérés (SAUTTER, 1970). Dans ces formations les cirques sont plus développés. Certains atteignent, de bord à bord, 1 km avec des profondeurs atteignant et dépassant la centaine de mètres. Dans la région de Boko en revanche, les sables jaunes-foncé de surface surmontent des grès plus durs de la série de l'Inkisi. Les cirques ne dépassent pas 200 m de large et les profondeurs sont de quelques dizaines de mètres. Ce qui fait obstacle au développement des cirques ici ce n'est pas seulement l'épaisseur comparativement plus faible du matériel pouvant être excavé, mais également la nature argilo-sableuse des formations qui réduit leur perméabilité et limite l'enfoncement des talwegs.

Ces formes du district de Boko, ont également été analysés par DENIS (1974), qui distinguent deux types : des cirques à "coup de griffe" et à parois abruptes pouvant atteindre 40 m de profondeur et plus de 100 m de diamètre, qui se sont développées dans les sables surmontant les grès feldspathiques de l'Inkisi, et des formes plus évasées mais à parois moins pentues qui sont taillés dans des formations sus-jacentes aux argilites de la série de la Mpioka.

Les cirques du Kassaï (Zaïre) se présentent, d'après RAUCQ (1958), comme des amphithéâtres de 50 à 70 m de profondeur, pouvant atteindre 1 à 2 km d'extension horizontale. Ils apparaissent sur des versants à forte pente, dans des terrains sédimentaires et dans des

altérites très épaisses. Le morcellement du relief en croupes convexes peut limiter l'extension du cirque, qui peut couper l'interfluve en deux. La forme générale est en spatule, avec une lèvre supérieure qui découpe le plateau suivant un arc de cercle dont le diamètre est de l'ordre de 300 m en moyenne. La paroi, très escarpée, est généralement festonnée, surtout lorsque l'extension atteint plusieurs centaines de mètres.

A Madagascar, les lavakas sont très variés. Leurs formes dépendent de la nature des altérites dans lesquelles elles sont taillées (RIQUIER, 1954 et 1958 ; BRENON, 1952 ; TRICART, 1974). . D'après RIQUIER (1954), les roches riches en feldspath et en micas (gneiss, granite schiste métamorphique etc...) s'altèrent plus vite et donnent des altérites plus épaisses qui sont taillées plus profondément. Les roches riches en minéraux ferro-magnésiens, telles que les gabbros, les basaltes etc... donnent, en revanche, des altérites moins épaisses, donc des formes d'érosion moins profondes. De plus les sols qui se forment à partir de ces roches ont une structure qui ne permet pas la formation des talus verticaux. Ces sols forment, en effet, des agrégats qui s'écroulent facilement. Il s'y forment alors des ravins très ouverts et non des lavakas. En général le lavaka est caractérisé par sa forme ovoïde en amont et par la verticalité de ses parois (RIQUIER- 1954). Le tracé en plan est parfois digité. BRENON (1952), cité par TRICART (1974), décrit la même allure ovoïde avec le gros bout dans la partie supérieure, mordant dans le plateau et un goulet assure le débouché dans la vallée, où le lavaka se termine par un cône de déjection très aplati.

Les lavakas les plus étendus, peuvent atteindre 1 à 2 km de long, mais en général, elles ne mesurent que 300 à 600 m. Leur volume peut atteindre 500.000 m³ pour une profondeur moyenne de 20 m. Les lavakas moyens qui ont entre 150 et 250 m de long, entre 100 et 120 m de large et entre 30 et 40 m de dénivellation, se logent dans les flancs des croupes convexes. Les formes géantes par contre correspondent à l'attaque d'un bord de plateau. ROUGERIE (1965), précise que les lavakas se développent uniquement sur les versants convexes. Sur les versants concaves, il n'y aurait que des ravins.

Les observations de TRICART (1974) sur des formes analogues au Brésil stipulent qu'ici les parois latérales ne sont pas rectilignes, mais indentées par des courts ravins en pente très raide qui donnent une forme générale en feuille de chêne. Dans ce cas, il n'y a pas de fond plat car il arrive que l'érosion ne parvienne pas à rattraper la base des altérites trop épaisses. Le talweg est alors incisé dans la roche pourrie et la ressemblance avec un ravin ordinaire est plus grande.

Pour PANZER (1954), cité par TRICART (1974), les lavakas de Hong-Kong se développent le long des zones broyées par la fracturation, où l'altération est plus profonde et qui drainent les eaux hypodermiques.

Il est ainsi démontré que le faciès et l'épaisseur des formations affectées, d'une part, la topographie du terrain, d'autre part, influent de façon déterminante sur la morphologie des cirques et des lavakas. Mais ces formes étant des manifestations de l'érosion, la force des agents qui les engendrent est déterminante dans l'allure que peut prendre chaque excavation (SAUTTER, 1970 ; TRICART, 1974). La vigueur de certaines formes est souvent le fait du travail plus actif de l'agent d'érosion. C'est ainsi que les processus qui commandent l'élaboration des cirques et des lavakas ainsi que le rôle de chaque agent dans leur développement ont souvent été au centre des discussions les concernant et les interprétations des chercheurs divergent.

3 - HYPOTHESES DE FORMATION

Les mécanismes de formation et de développement des cirques et des lavakas ont fait l'objet de plusieurs approches dont SAUTTER (1970) et TRICART (1974) font une étude détaillée dans leurs ouvrages respectifs.

Le ruissellement est, dans les deux cas et pour la plupart des chercheurs, le point de départ de tous les processus de formation des cirques d'érosion. Il creuse, à la surface du sol des sillons plus ou moins profonds qui, s'approfondissant, se ramifiant, et se réunissant, deviennent de véritables gorges étroites. Lorsque celle-ci dispose d'un plancher assez large et des rebords bien redressés, le travail direct de l'eau est aidé par la tendance à l'affaissement des masses terreuses qui bordent le haut du précipice ; elles s'éboulent dans l'abîme d'où elles sont entraînées à l'état de sables et d'argiles. Le ruissellement joue, par conséquent, un rôle important dans l'édification d'un cirque. C'est ce que pense déjà CORNET (1896), cité par SAUTTER (1970).

BRENON (1952) distingue les processus à l'origine du cirque et ceux qui concourent à son agrandissement. Ainsi, pour lui, si les rigoles creusées par les ruissellements sont le point de départ, la cavité une fois constituée, peut évoluer à partir d'un affouillement dû au gonflement saisonnier de la nappe, l'action du ruissellement pouvant ainsi s'effacer ou se réduire considérablement. Le facteur le plus important, à ce stade serait donc " la présence constante d'une source dont le débit se répartit plus ou moins régulièrement le long de la base de la falaise".

SAUTTER (1951), dans une première étude des cirques des plateaux batékés, accorde également une place importante aux sources, notamment dans l'évacuation des éboulis de l'intérieur du cirque. A la place d'une source permanente alimentée par la nappe, RAUCQ (1958) voit, comme cause initiale des cirques du Kassaï, les suintements d'eau d'infiltration. Il place ainsi, parmi les conditions essentielles de leurs formations, "la présence, au niveau des vallées, d'un horizon imperméable imposant la localisation des points d'eau".

RIQUIER (1954), tout en insistant également sur la distinction à faire entre les processus de la genèse et ceux du développement de ces formes d'érosion, précise qu'il y a des causes externes et des causes internes à la formation des lavakas. Les causes externes sont à la fois naturelles et artificielles. Les premières sont :

- toutes celles qui favorisent l'érosion en nappe : déboisement, feux de brousse, surpâturage etc...
- l'approfondissement et la dégénération en lavaka d'un ravin normal d'érosion ;
- un glissement de terrain se produisant à mi-pente du versant, ou dans une dépression déjà existante ;
- le décapage de la base d'un versant par le méandre d'un cours d'eau peut mettre en place les conditions de développement d'un lavaka.

Les causes externes artificielles sont : les fossés de protection, les chemins des piétons, les passages des boeufs ; les talus des routes ..

Les causes internes sont liées à la nature des roches. "Pour qu'il y ait formation de lavaka, il est nécessaire qu'il y ait un horizon supérieur dur, compact, cohérent, reposant sur un horizon friable, sans cohésion, très érodable, constitué par la roche pourrie" (RIQUIER, 1954).

Cet auteur place, ainsi, les ruissellements en amont de la formation des lavakas malgaches. Outre les rigoles et les ravins qui dégènèrent vite en lavakas, les ruissellements sont à l'origine d'un autre processus courant à Madagascar. Le ruissellement en nappe créé sur les versants un micro-modelé en marche d'escalier. Divers obstacles (touffes d'herbes débris solides aspérités de la surface du versant...) provoquent, en effet, la formation de petits ressauts de quelques dizaines de centimètres que les ruissellements franchissent en cascades. L'eau creuse progressivement la base du mini-talus avant de se frayer un chemin vers la base du versant en creusant un ravin. L'approfondissement du ravin par incision verticale et son élargissement par des affaissements créent rapidement, avec le recul du talus un lavaka.

RIQUIER (1954 et 1958) minimise, cependant, le rôle des sources dans le processus d'agrandissement des lavakas. Il trouve, en effet, que la source, se situant généralement en profondeur, sur la roche saine, n'agit pas durant le creusement et l'élargissement du lavaka. Il peut arriver qu'un lavaka rencontre une source dans son évolution, l'action de celle-ci restera secondaire, sauf dans le cas d'une nappe superficielle dont l'action peut-être déterminante dans l'édification de l'appareil. Ce cas est assez rare.

Par ailleurs, RIQUIER (1966), mentionnant que les processus de formation des cirques dans les sables ne sont pas tellement différents des érosions en lavakas dans d'autres matériaux, note que l'importance qu'accorde SAUTTER (1951) aux sources même pour le développement des cirques paraît exagérée. Mais SAUTTER (1970), dans une étude plus détaillée, distingue deux types de cirques : les cirques à épandage et les cirques à source. Les premiers naissent d'un ravinement à la base du versant et l'agrandissement est assuré par des affaissements successifs, l'évacuation des éboulis étant fait par les ruissellements. Les seconds

se forment et se développent sous le commandement de la source. Il précise cependant que la place de la source dans la morphogenèse de ces cirques est tantôt nulle, tantôt restreinte et entièrement passive, tantôt directe et déterminante. Du degré de participation de la source dépendent la forme et la nature cirque.

Pour TRICART (1974), la présence d'un horizon imperméable en profondeur et l'écoulement hypodermique sont essentiels pour la formation des Lavakas typiques. Pour lui, il est préférable de donner au terme une signification génétique et non purement morphologique, car les nombreuses formes de lavakas sont le résultat de l'action combinée de plusieurs mécanismes. Il s'agit du ruissellement, de la suffosion, des glissements et de l'écoulement hypodermique. "Les lavakas commencent par une incision linéaire, qui se localise généralement le long d'une fissure de dessiccation". Les sols malgaches de surface sont, en effet, formés par une argile marbrée, dure et souvent fissurée. L'eau s'infiltré à travers les fissures, jusqu'à 3 m de profondeur et atteint la roche altérée plus meuble. Dans ces altérites, un écoulement souterrain s'organise qui entretient la suffosion. Celle-ci commence par de petits entonnoirs de quelques décimètres de diamètre à deux mètres au maximum. Il s'ensuit un écroulement de la voûte le long de l'écoulement souterrain. C'est ainsi que naissent les lavakas linéaires. Les lavakas piriformes considérés comme les plus typiques naissent à partir des chemins en creux que les eaux de pluie exploitent sous forme de gouttières.

Mais au delà du débat portant sur le rôle des agents de l'érosion dans la morphologie générale des cirques et des lavakas, il convient de noter que ces formes sont, d'après les chercheurs précités, indirectement liées à la mauvaise protection des sols vis-à-vis de l'action des ruissellements. Il est, en effet, couramment admis que les écoulements d'eau à la surface du sol n'ont d'effets catastrophiques que lorsqu'ils affectent une surface mal protégée par la végétation surtout forestière. L'apparition des cirques et des lavakas remonterait ainsi à la formation des savanes dont les causes ont été pendant longtemps au centre d'un débat, entre partisans d'une origine anthropique liée à une dégradation de la forêt par des défrichements répétés et ceux qui penchent plutôt pour une origine climatique, liée à une aridification du milieu. On trouvera un large éventail de points de vue dans les études de AVENARD (1969), de TRICART (1974) de CUSSET (1989) ainsi que quelques articles traitant de ce sujet dans l'ouvrage de LANFRANCHI et SCHWARTZ (1990).

La position des différents chercheurs sur le problème de l'origine des savanes de la zone intertropicale humide dont le climax actuel est globalement forestier, a largement influencé leurs études de l'âge des cirques ou des lavakas.

Ainsi, pour PEYROT (1983), la formation des cirques de la région côtière congolaise, remonterait au Léopoldvillien et serait liée, d'une part, à la sécheresse responsable d'une dégradation forestière et, d'autre part, à la grande régression ogolienne, responsable, quant à elle, d'un recul du niveau de base des cours d'eau. Pour BRENON (1952), Les lavakas

moyens se seraient formés en 500-1000 ans, peut-être un peu plus. Ils correspondent à la période de colonisation de Madagascar par les Hovas dont les habitudes pastorales ont été à l'origine d'un grand développement des feux et du remplacement de la forêt par la prairie. TRICART (1974) pense au contraire que l'origine des lavakas n'est pas nécessairement anthropique. Une oscillation climatique sèche peut avoir déclenché leur formation. Il rapporte qu'au Brésil, la rupture d'équilibre est plus récente. Dans la région de Rio de Janeiro, la forêt a été modifiée il y a seulement un siècle et demi par le développement des plantations de café. Ce n'est que depuis une cinquantaine d'années que, les sols épuisés, le café a été remplacé par des pâtures médiocres dans lesquels se développent les voçorokas. Pour SAUTTER (1970), "il serait difficile d'attribuer aux cirques du district de Boko, pour la plupart en plein développement, un âge très ancien... Ils sont d'origine humaine et ont commencé à se creuser du temps des ancêtres des habitants actuels qui ont occupé le pays en force il y a un petit nombre de générations". Mais il faut préciser que si SAUTTER affirme que ces formes ont toute chance d'être récentes dans la région de Boko, il reste prudent sur la cause exacte de la dégradation de la forêt. C'est pourquoi, il ajoute que les cirques peuvent constituer ici un effet à retardement d'une déforestation spontanée plus ancienne à la faveur d'un dessèchement brutal.

Une prise de position sur ces différents points de vue nécessite, avant tout, une description des caractéristiques morphologiques des cirques de la région étudiée et de réfléchir sur leur âge.

Chapitre V

ETUDE TYPOLOGIQUE DES CIRQUES DE L'ARRIERE-PAYS DE POINTE-NOIRE

1 - ELEMENTS DE DIFFERENCIATION

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 (cf. fig.1). 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 fleuve Kouilou. Ces vallées constituent, avec le talus interne, le siège des cirques étudiés dans ce travail.

Le secteur de Diosso n'est pas le seul affecté par ce phénomène. On trouve également des cirques d'érosion sur les plateaux de Kayes et de Tinkoussou dans la partie nord du bassin côtier. Sur le même plateau de Diosso-Hinda se développent aussi des formes analogues dans la région de Côte-Matêve, au sud de Pointe-Noire et le long du fleuve Loémé. Mais dans tous ces secteurs, les cirques n'ont pas la même vigueur et la même concentration qu'ils ont dans dans la région de Diosso où il en foisonne de toutes tailles, de toutes formes (fig.28). Les plus spectaculaires s'ouvrent entre Loango et Tchissanga et sont tournés vers l'Océan atlantique.

La diversité des formes rend difficile l'étude du fil conducteur de leur évolution. Deux critères permettent néanmoins de faire une étude typologique. Il s'agit, d'une part, de la fraîcheur et de la vigueur des formes, et d'autres part, de leur tracé en plan. Le premier critère est uniquement morphologique et permet de distinguer les cirques actifs des cirques figés. Ces deux paramètres entraînent un premier classement basé sur la notion de générations de cirques, traitée dans le paragraphe V - 3. Le second critère est à la fois morphologique et génétique parce que la forme est ici tributaire de la genèse et de l'évolution du cirque

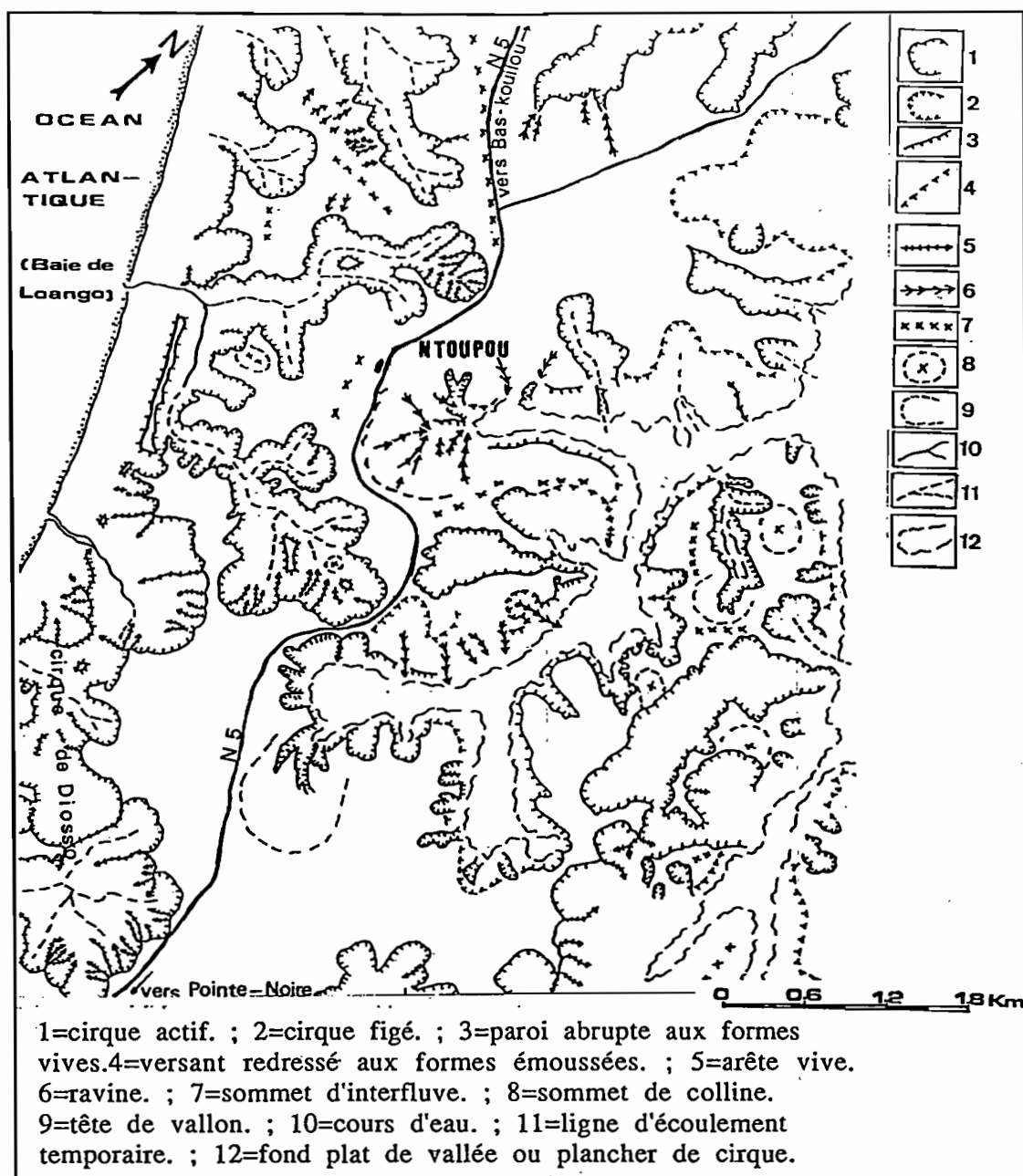


Fig. 28 - Morphologie générale de la région de Diosso-Ntoupou

2 - ASPECTS GENETIQUES : RECULEES ET AMPHITHEATRES

Par la forme générale en plan, on distingue deux grands types de cirques dans l'arrière-pays de Pointe-Noire : les formes allongées que j'ai qualifiées de reculées et les formes plus ou moins circulaires qui sont de véritables amphithéâtres (fig.29).

Les amphithéâtres, par leurs caractéristiques morphologiques se subdivisent en des formes très élémentaires, qualifiées ici de petits amphithéâtres parce que de dimensions modestes, et des formes plus complexes étudiées ici sous le vocables de cirques composés

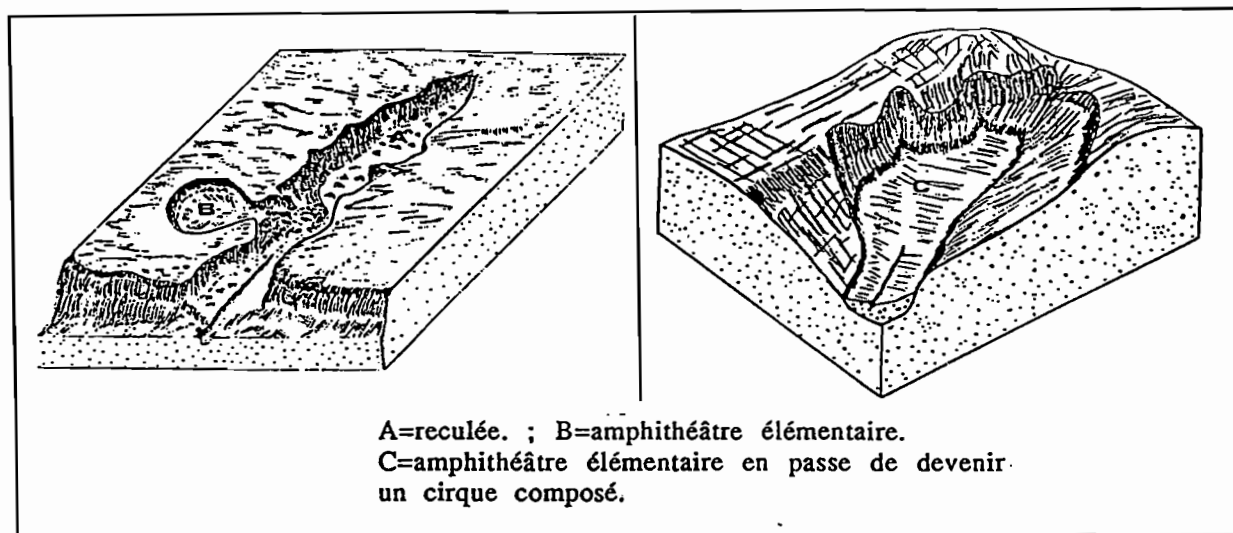


Fig. 29 - Blocs diagrammes schématisant les différents types de cirques

2 -1- LES RECULEES

Ce sont des excavations allongées qui dissèquent le plateau à la manière des reculées jurassiennes, d'où cette analogie qui n'est que morphologique. Il s'agit, en effet, de sillons pouvant atteindre et même dépasser 4 km de long et 100 m de large. Le fond est en général plat ou légèrement ondulé et les parois très redressées ont un tracé plus ou moins festonné. Elles se referment en amont par un "bout du monde" aux contours soit en courbe plus ou moins régulière, soit en V à pointe tournée vers l'amont. La reculée à "tête" rétrécie en V est, topographiquement proches des lavakas malgaches, si on se réfère à la photo que RIOU (1990) rapporte dans son ouvrage. Mais avec des profondeurs dépassant souvent 60 m qui s'ajoutent à des étendues énormes, les reculées typiques dépassent le cadre de simples ravins. Elles se distinguent également des simples vallées par l'absence quasi totale de méandres.

La fig.30 , représentant le tracé en plan de quelques cirques de la région de Diosso, montre les contours de deux reculées bien caractéristiques : celles de Goundou et de Tchibanda. La première, avec 50 m de profondeur moyenne, et en dépit de la forêt qui la recouvre complètement, évolue encore localement, le long de la paroi échancrée et en amont. La tête de l'appareil, rétrécie, est surmontée par une ravine superficielle, que les ruissellements utilisent comme gouttière avant de s'engouffrer dans le précipice. Ces ruissellements sont - ils du fait de la concentration de la dissection à cet endroit précis, la cause de ce retrécissement, ? L'absence de ravinement et même de ruissellement concentré de surface à l'amont de plusieurs autres reculées de même forme me pousse à répondre négativement.

La reculée de Tchibanda, de mêmes caractéristiques géomorphologiques, a un "bout du monde" plus large mais avec plusieurs mini-lobes encore actifs.

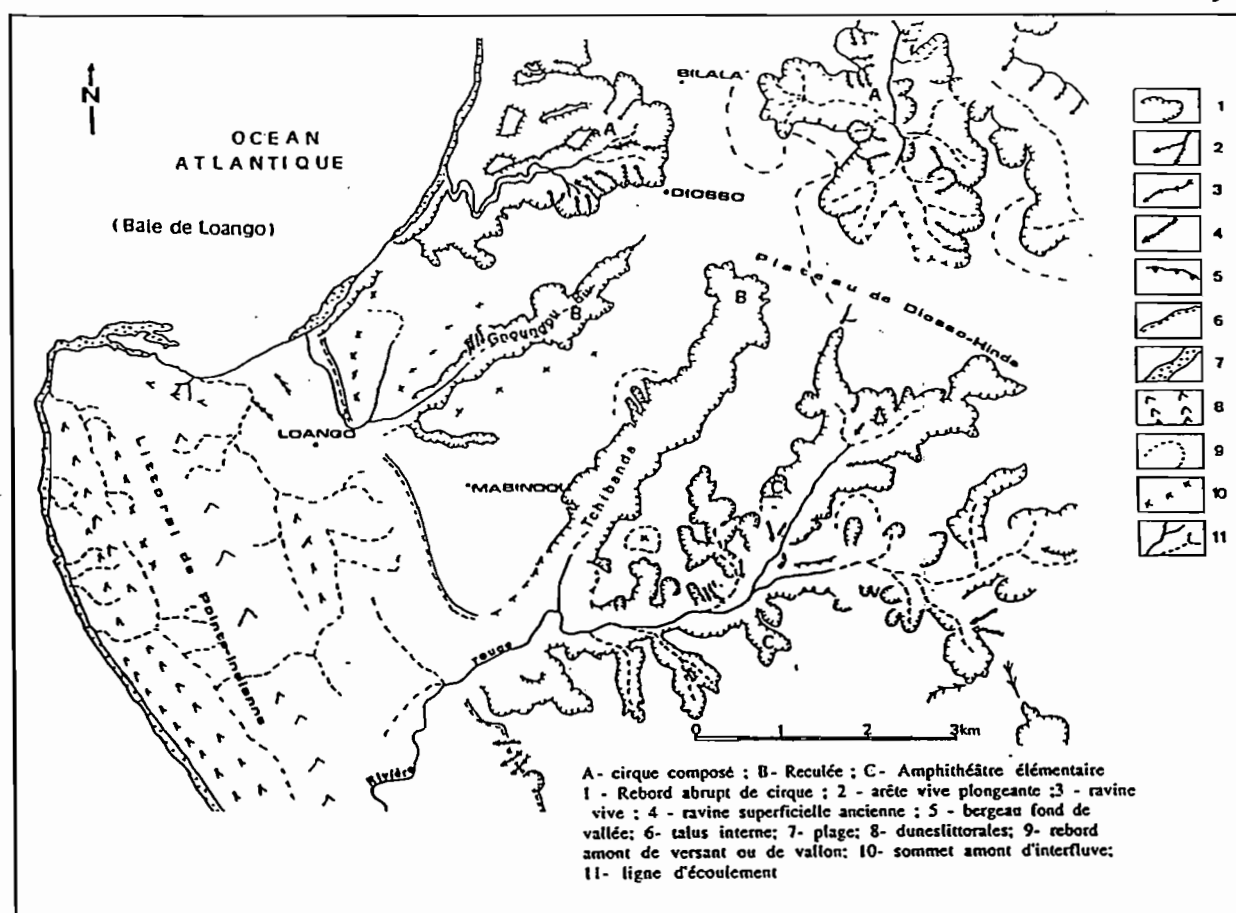


Fig. 30 - Tracé en plan des cirques autour de Dioso

Des formes analogues ont été décrites par SAUTTER (1970) sur les plateaux au sud de Brazzaville. Ce sont les cirques à source pour lesquels il accorde une place prépondérante à l'action des cours d'eau, dans leur développement. Il estime que la source est le principal agent de cette érosion, qui fait reculer la paroi amont par un affouillement continu à la base.

Les reculées du plateau de Dioso-Hinda sont, pour certaines, drainées par des rivières permanentes ou temporaires dont la source exerce certainement une influence directe ou indirecte dans le sapement de la berge en amont. C'est le cas de la reculée de Goundou précitée qui est drainée par une rivière permanente du même nom, mais dont je n'ai pas pu approcher la source pour apprécier l'action sur l'évolution actuelle du cirque. Plusieurs autres reculées, à l'exemple de celles de Tchibanda déjà citée et de la Loanda, ne sont, en revanche, pas drainées par des cours d'eau. Le premier appareil cité, de profil longitudinal à pente presque nulle, et aux parois subabruptes, notamment dans la partie amont très active (fig. 31), a un plancher occupé de bout en bout par des champs de cultures. Le sol du fond, très ferme et dépourvu de toute hydromorphie, exclut l'existence d'un cours d'eau même temporaire, sauf des ruissellements diffus reconnaissables par de minces épandages de sables. Ces caractéristiques sont identiques à celles du cirque de la Loanda qui a servi entre autre de cadre d'observations.

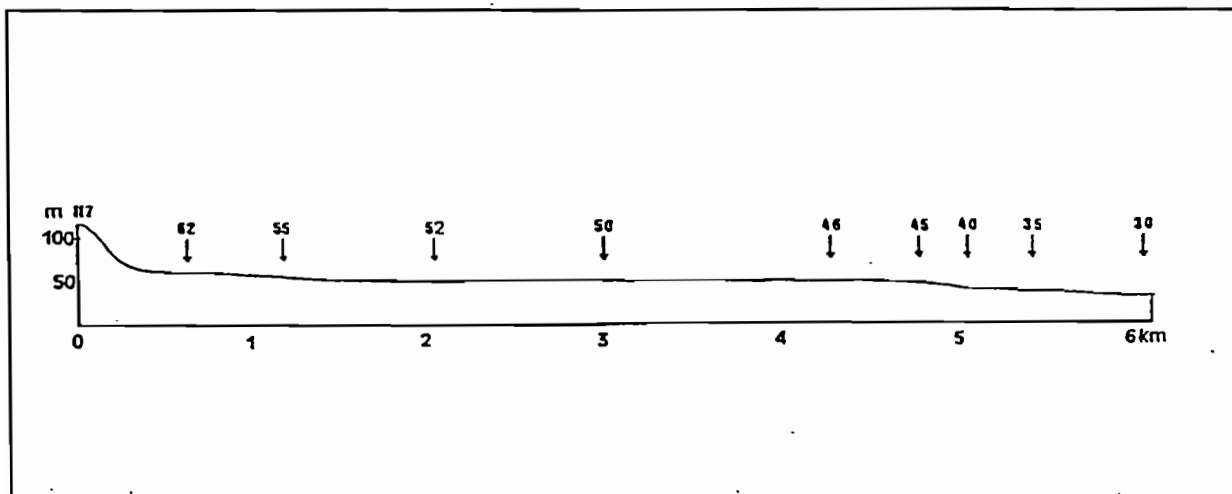


Fig. 31 - Reculée de Tchibanda : Profil longitudinal du plancher

Par ailleurs, les reculées de la région de Côte-Matêve, au sud de Pointe-Noire drainées presque toutes par des rivières permanentes, sont complètement figées (fig.32). Les rivières n'exercent aucun effet sur leur dynamique.

Ainsi, comme le pense RIQUIER (1966), la source n'est pas, une condition sine-qua-non pour la naissance et même l'évolution d'une reculée. Elles peuvent naître, à l'image des petites reculées qui se détachent déjà au sud des cirques de Goundou et de Diosso (fig.30), d'une simple entaille linéaire dont le fonctionnement est sous la dépendance de l'action pluviale.

Cependant, l'étude des cartes topographiques et l'interprétation des photographies aériennes, révèlent que la plupart des grandes reculées s'emboîtent dans des anciennes vallées dont il ne subsiste que la partie sommitale des versants initiaux. Il n'est donc pas exclu que ces formes allongées soient le résultat du rajeunissement des premières formes mises en place, elles mêmes, par des cours d'eau, aujourd'hui disparus ou largement affaiblis. L'importance de leur allongement trouve ainsi une explication. Cela est d'autant plus acceptable que, si ces formes allongées ont l'allure d'énormes ravins dans leurs sections supérieures et médianes, elles ont les caractéristiques de simples vallées dans la partie inférieure.



Fig. 32 - Deux reculées figées au sud de Pointe-Noire (région du lac Loufoualéba ; carte I.G.N-1960 ; Equ. des courbes : 5 m)

2 - 2 - LES AMPHITHEATRES ELEMENTAIRES

Ce sont des hémicycles caractérisés par une enceinte à la paroi redressée, courbe dans la partie supérieure et nettement rétrécie dans la section inférieure, où l'appareil s'ouvre par un petit canal le reliant à un talweg perpendiculaire et généralement en position basse. Ce sont des cirques parfaits se singularisant par un plancher dépourvu d'irrégularités topographiques majeures mais qui, généralement, s'incline d'une part, des rebords vers le centre et d'autre part, vers la partie étranglée de l'appareil.

Ils se localisent généralement sur les versants des vallées principales et le long du talus interne. Les fig.32 et 33 représentant respectivement les vallées de la Rivière Rouge et de la Loanda qui se termine en amont par une grande reculée, montrent l'importance de la dissection des versants par ces appareils. On en trouve également sur presque tous les versants des grandes vallées telles celles de la rivière Koulombo dont la partie inférieure est schématisée sur la fig.13 de la première partie, et du fleuve Loémé. Les formes sont, à l'image de celles des fig.33 et 34, très variées. Elles vont du tracé piriforme ou ovoïde au tracé (légèrement) polylobé en passant par le tracé grossièrement circulaire parfait.

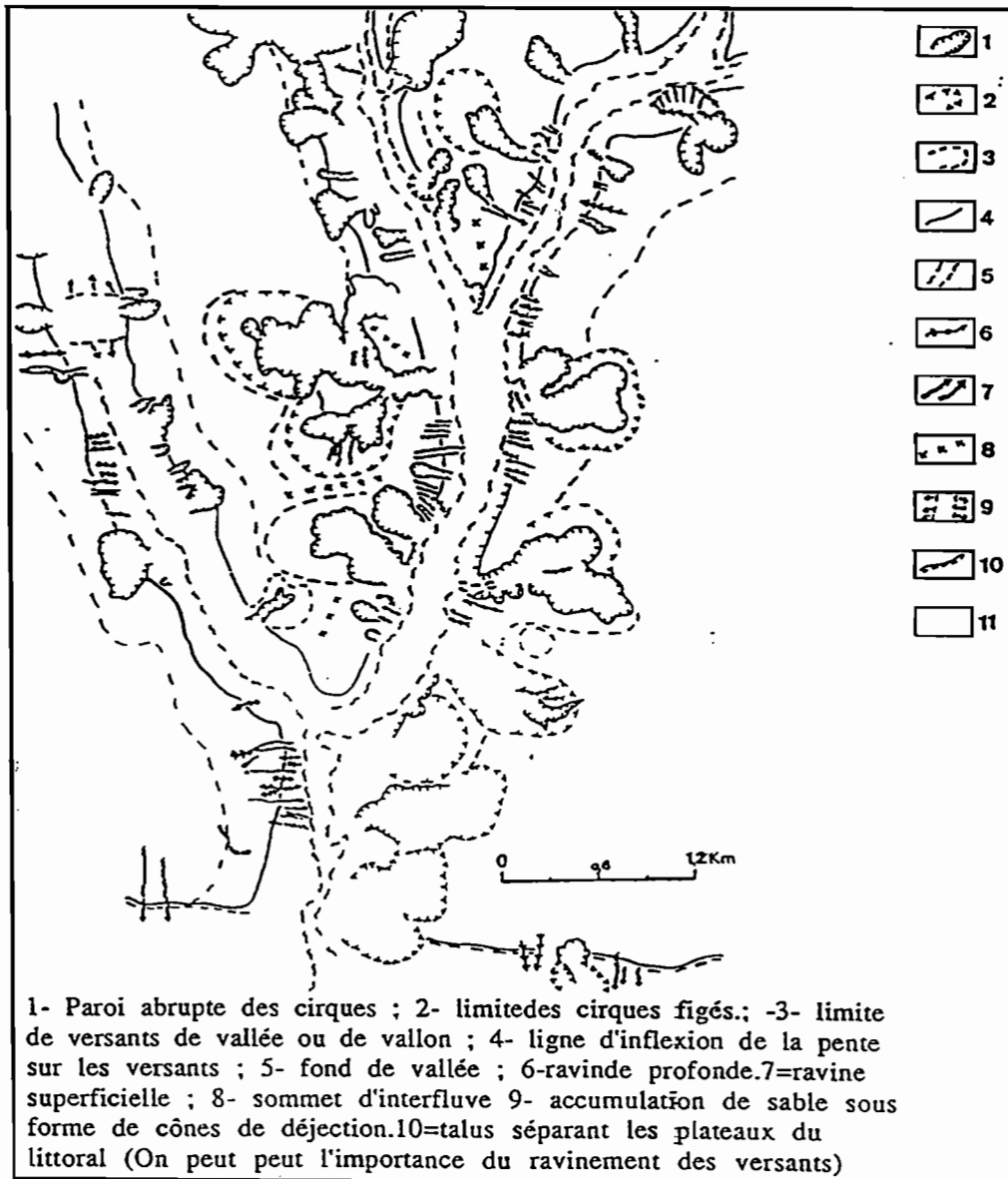


Fig. 33 - Vallée de la Rivière Rouge au nord de Pointe-Noire

La forme semble être liée, cependant, aux dimensions des cirques. Les excavations les plus vastes, ont un tracé en plan soit circulaire, témoignant d'une évolution en front continu, soit grossièrement polylobé, révélant une croissance en plusieurs fronts. En revanche, les plus petits appareils, sont généralement piriformes ou ovoïdes mais souvent allongés. Ce qui prouve qu'ils naissent de ravines linéaires et cette forme est un premier degré de développement. L'analyse de la carte topographique et les observations de terrain montrent, par ailleurs, que ces petits appareils, même les plus actifs, très proches de la vallée principale ont leur plancher situé à 20 ou 30 m. au dessus du talweg principal (fig. 41). Cette caractéristique et l'absence de source au fond de ces appareils indiquent que leur naissance et leur développement sont sous le contrôle des ruissellements.

Les amphithéâtres élémentaires, de dimensions modestes (quelques dizaines de mètres), qui découpent largement les versants de la vallée de la rivière rouge (fig. 33), ont des similitudes morphologiques avec les cirques suspendus en forme de têtard que SAUTTER (1970) décrit sur les plateaux au sud de Brazzaville. Les cirques à épandage, plus vastes, qu'il décrit dans la même région et dont l'évolution est liée uniquement à l'action pluviale, ressemblent aux amphithéâtres élémentaires du bassin côtier, si on se réfère aux descriptions qu'il en fait. Ici, les cirques se terminent également, pour la plupart, par des épandages à l'exutoire. Mais d'après SAUTTER, les cirques à épandage gardent en général la forme ovoïde même à un stade très évolué. Sur le bassin côtier, les amphithéâtres de dimensions kilométriques ont en général un tracé plus sinueux, sauf les amphithéâtres figés dont la régularité des contours est liée à une décrépitude qui caractéristique des cirques stabilisés.

Dans le bassin sédimentaire côtier, l'excroissance des amphithéâtres se traduit, le plus souvent, par la naissance d'un autre type de formes que je qualifie de cirques composés ou complexes.

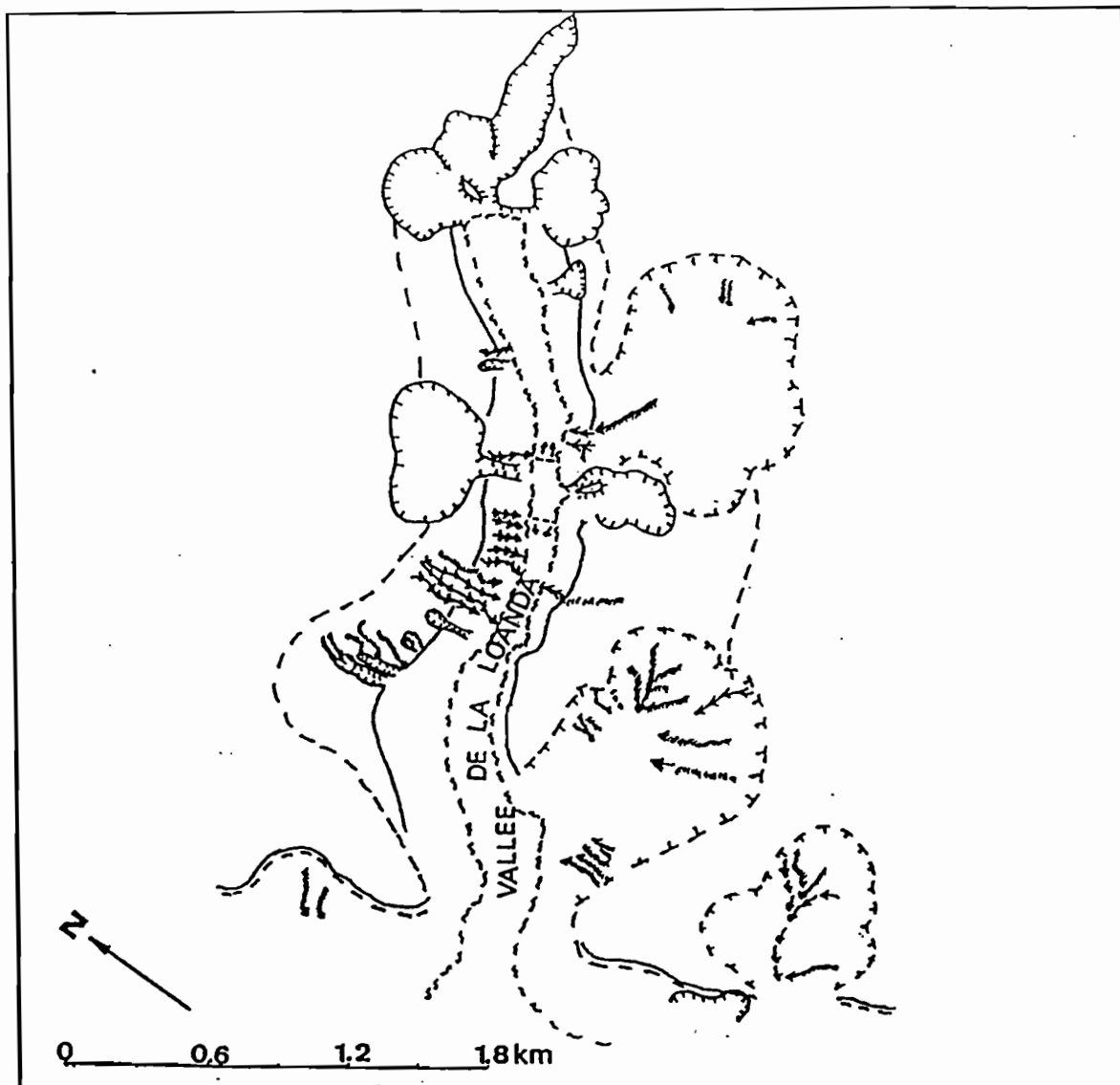


Fig.34 - Vallée de la Loanda aux versants découpés par les amphithéâtres et les ravines. Elle se termine en amont par une reculée à tête retrécie (même légende que la fig. 33).

2 - 3 - LES CIRQUES COMPOSES

Ils se singularisent par un fond compartimenté, une paroi multilobée et, généralement, de grandes dimensions (plusieurs km²), les deux premiers critères particularisant le mieux ce troisième type.

Le compartimentage du plancher est fait par les arêtes plus ou moins massives qui partent généralement de la paroi bordière vers le centre, délimitant ainsi des ravins indépendants qui se prolongent, chacun par un lobe plus ou moins marqué au niveau de la paroi. Les arêtes, généralement plus basses que l'enceinte périphérique, ne remettent pas en cause l'unité de l'excavation, en dépit d'un fonctionnement indépendant de certains lobes

Les dimensions des cirques complexes sont en général kilométriques. Les plus vastes se situent entre Tchissanga et Loango et sont tournés vers l'Océan atlantique. Le cirque de Diosso (fig. 28), étudié comme cas, dans la troisième partie, et celui de Tchissanga dont on voit un aspect sur la photo 2 de la planche II, sont, par leurs dimensions, les plus grands de la région étudiée. Leur paroi atteint à plusieurs endroits 80 m de profondeur, avec des lobes de plus de 2 km de long. Le cirque de Diosso mesure environ 500 ha de surface et le second un peu moins.

Ces deux cirques complexes résultent de toute évidence de la coalescence de plusieurs cirques élémentaires (probablement de petites reculées), comme en témoigne la présence dans le cirque de Diosso, des cours d'eau s'organisant en de petits bassins autonomes, ayant chacun son exutoire.

Mais le cirque composé est, le plus souvent, la conséquence d'une excroissance soit d'un amphithéâtre élémentaire, soit d'une reculée. Autrement dit, il peut résulter de la naissance de nouveaux lobes, par érosion régressive. Les arêtes moins allongées (quelques dizaines de mètres), qui compartimentent juste le rebord de certaines excavations s'expliquent par ce type de croissance. Le cirque de Loanda (fig. 40), décrit dans le paragraphe suivant, illustre le passage du stade d'amphithéâtre élémentaire à celui de cirque complexe. Plusieurs mini-lobes, séparés par de courtes crêtes, rompent la courbure parfaite de la paroi. Les cirques de Ntoupou (fig. 28) sont des exemples typiques de l'excroissance d'un cirque élémentaire. L'existence d'un seul exutoire pour ces deux complexes et leur forme sont indubitablement des indices qui militent pour cette hypothèse

Les appareils à plancher compartimenté naissent enfin d'un emboîtement de formes de différentes générations. C'est le cas pour le complexe de Tchipoungou (fig. 29) où l'on observe un enchâssement de petites formes récentes à l'intérieur de la grande excavation. Cette disposition morcelle, en effet le plancher de l'appareil dont la vue en plan montre bien l'unité.

Les cirques composés sont, de ce fait, des appareils complexes dont la forme en plan est tributaire des modalités de naissance et de d'extension.

3 - MECANISMES DE FORMATION ET D'EVOLUTION

Dans la classification qui vient d'être faite, la forme en plan est le seul critère fondamental de différenciation. La morphologie est la conséquence d'un type d'évolution qui obéit lui-même à des lois propres au milieu. Mais l'évolution d'un cirque dépend en partie des modalités de son amorce.

3 - 1 - LES PROCESSUS DE FORMATION DES CIRQUES

Plusieurs mécanismes sont, au vu des observations de terrain, à l'origine de la formation des cirques dans la région côtière du Congo.

3 -1 - 1 - Les ruissellements

Ils sont de manière général l'agent générateur des cirques. Ils exploitent plusieurs prédispositions du milieu et créent des entailles linéaires plus ou moins profondes qui s'agrandissent par recul des berges.

Sur le versant gauche de la vallée de la Loanda, il s'est ouvert depuis 1990 une ravine dont l'extension pourrait donner naissance à un cirque (photo 3 et 4, planche II). en août 1992, la griffure avait 100 m de long. Sa largeur en amont était de 6 m à la surface et de 2 m au fond. En aval la ravine était large de 2 m sur toute sa profondeur, qui elle-même, était de 6 m dans la partie supérieure et de 2,10 m dans la section inférieure. La griffure, située à mi-versant, avait l'allure d'un têtard, avec le gros bout circulaire en amont relié à la vallée principale par un long pédoncule (fig. 34). Avec des contours réguliers et un fond plat, la tête de la ravine était surmontée en surface par un petit chenal superficiel qui a probablement servi de gouttière aux ruissellements et donc de point de départ à l'érosion concentrée. Autour de la ravine, notamment, à un endroit, une minuscule fente de détente annonçait l'affaissement imminent d'un pan. Le long de la ravine - pédoncule, aux parois légèrement festonnés et au profil transversal en V, on observe également des signes d'éventuels détachements de petites loupes. Ces observations prouvent que désormais la ravine s'agrandira par recul des berges et incision verticale.

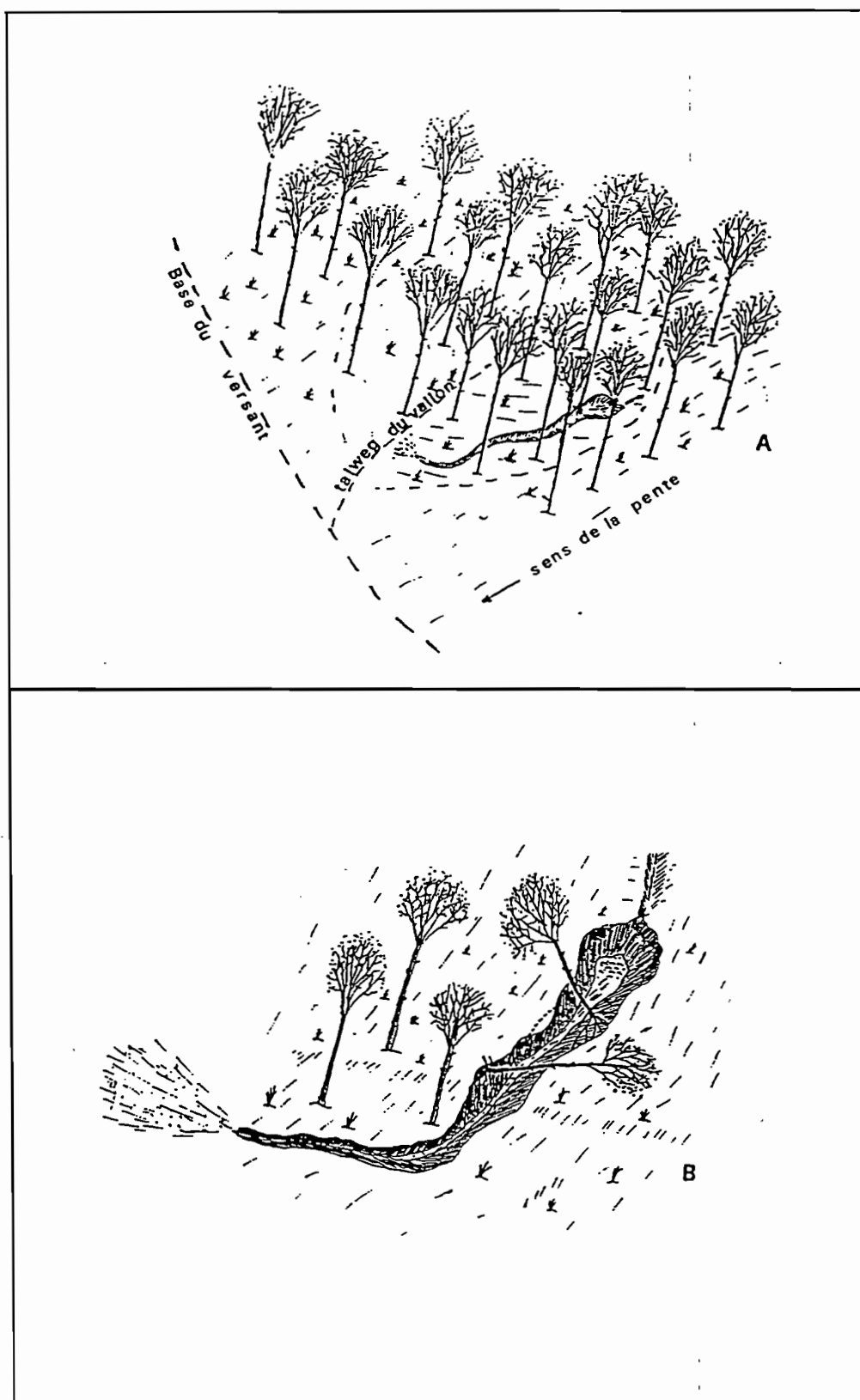


Fig. 35 Croquis schématisé d'une ravine récente sur le versant gauche de la vallée de la Loanda.

Ces processus me semblent, ainsi, à l'origine des amphithéâtres élémentaires décrits ci-dessus. Ils naissent en fait sur les versants, au niveau d'une ligne d'inflexion du profil, c'est-à-dire au milieu de la section convexe, omniprésente sur ces versants. Les petites ravines, très répandues sur ces pentes, atteignent très vite, sans doute d'un trait, à l'image de la griffure précitée, 2 à 3 m de profondeur et peuvent s'allonger sur plusieurs dizaines de mètres de part et d'autre de cette ligne de rupture de pente. Mais l'évolution se fait surtout du côté supérieur du versant où l'érosion peut ouvrir au coeur de celui-ci une véritable excavation par érosion régressive

Les ruissellements sont également à l'origine d'une autre forme d'érosion, observée sur le terrain, susceptible d'engendrer un cirque d'érosion. Il s'agit du micromodelé en marches d'escalier déjà décrit par RIQUIER (1954) sur les plateaux malgaches et SAUTTER (1970) sur les plateaux au sud de Brazzaville. Ce modelé commence par une succession de petits replats étagés, séparés les uns des autres par de mini talus subverticaux. Il naît du ruissellement diffus qui, franchissant des obstacles telles que les touffes d'herbes, creusent au pied de certains, de minuscules excavations. Celles-ci, s'approfondissent progressivement, pluie après pluie, et peuvent donner naissance, par érosion régressive, à des excavations plus importantes.

Les versants du bassin côtier et surtout le talus interne sont largement disséqués par ce micro-modelé.

A l'exutoire du cirque de Diosso, à la surface d'une partie du talus interne, épargnée par l'érosion, se développent depuis 1989 deux petites excavations adjacentes, issus de ce processus. La plus grande (photo 5 planche II), qui existait déjà en 1990, avec moins de 10 m de diamètre au coeur de l'enceinte, en mesurait plus de 35 m en 1992. La forme, plus circulaire en 1992, était plus allongé deux ans auparavant, avec une paroi haute de 5 m environ en 1992. La plus petite schématisée sur le terrain (fig. 36, A), qui, en 1990 n'était qu'une minuscule excavation de quelques dizaines de centimètres de profondeur, avait déjà 2,2 m en amont en 1992, avec environ 2 m de plus grande largeur et 12 m de longueur.

Ces deux appareils, peuvent devenir de véritables cirques si leur développement se poursuit. La plus grande a déjà un plancher bien dégagé mais, colonisé, au fur et à mesure qu'il se dégage, par la forêt qui n'arrête donc pas sa progression, puisque les ruissellements continuent à charrier des matériaux hors de l'enceinte.

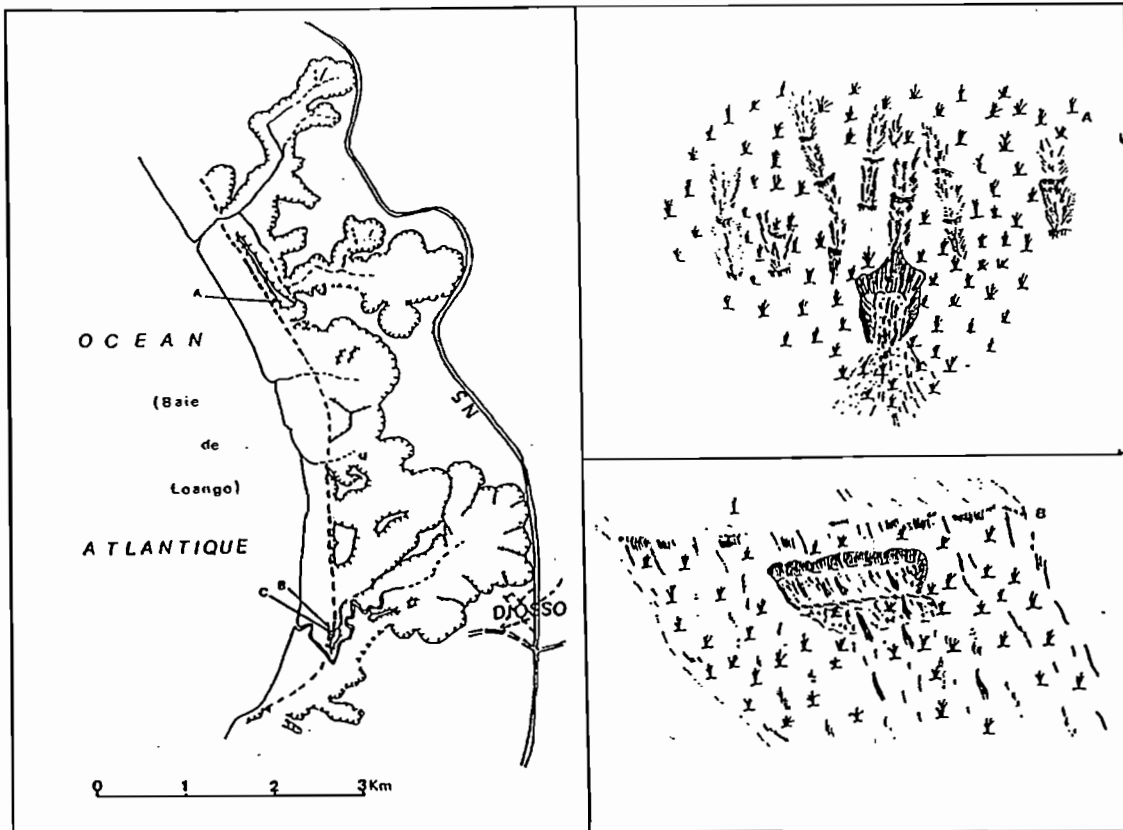


Fig. 36 - Croquis schématisés de deux petites excavations nées du modelé en marche d'escalier produit par les ruissellements diffus et concentrés (A) et d'un glissement de terrain (B)

3 - 1 - 2 - Les mouvements de masse

Les cirques peuvent se former, enfin, à partir d'un glissement de terrain. Deux cas remarquables ont été notés ici. Le premier, sur le versant du talus interne, au nord du cirque de Diosso (fig. 36, B). Observé en 1990 le décollement a dû se produire 3 à 4 ans avant, à en juger par l'état de fraîcheur de la cicatrice laissée sur le flanc du talus. Localisée au sommet du versant, très pentu (pente supérieure à 30°), l'empreinte est une niche superficielle, avec une paroi de 1,5 m de haut en amont ; 10 m de large et près de 30 m de long. Le matériau s'est mobilisé sur quelques mètres avant de s'accumuler, formant ainsi, une boursouffure qui rompt la pente générale du versant et que les ruissellements détruisent progressivement par des ravinements, comme le schématise la fig. 36-B La courte distance parcourue par la loupe, sur un versant de plus de 30° de pente, s'explique sans doute par une plasticité des formations responsables d'un mouvement de masse lent, de type solifluxion. La limitation de ce phénomène à ce seul endroit, prouve l'existence probable des conditions pédo-géologiques qui lui sont propres. La saturation, à la suite d'une humidité particulière, de la partie supérieure du

sol et l'existence en profondeur d'un niveau moins perméable sont sans doute les conditions qui ont présidé à ce glissement.

Le deuxième exemple de glissement, s'est produit à côté des deux petites excavations décrites à l'exutoire du cirque de Diosso. Dans ce second cas, le glissement a affecté un versant boisé (photo 7 planche II). Deux affaissements successifs se sont produits en l'espace de quelques années et ont ouvert une brèche sur le versant : le plus récent a eu lieu durant la saison des pluies 90-91 et le premier, deux ou trois ans avant, comme on peut l'apprécier à travers le diamètre de 5 à 6 cm des arbustes qui colonisent déjà la paroi de la cicatrice.

Occupant la tête d'un vallon de plus de 15° de pente, l'effondrement est la conséquence de deux chablis successifs qui ont affecté une partie de la forêt accrochée au versant. Le poids des arbres dont les plus importants avaient 40 à 45 cm de diamètre et environ 25 m de haut, associé à cette inclinaison du terrain sont les causes probables de cet écroulement. Mais la teneur en argile des formations qui dépasse 15% dans toutes les couches et qui atteint 70% dans certaines, a pu, dans des conditions d'humidité inhabituelles, provoquer la plasticité qui a été à l'origine de la déformation du terrain. L'excavation qui en a résulté pourrait devenir un véritable cirque si l'érosion exploite cette brèche. Elle a déjà un front amont arqué de près de 6 m de haut. Le fond de l'enceinte, une fois débarrassé des arbres et de la masse de terre décrochée du versant qui l'encombrent, pourrait rapidement devenir un plancher pour l'appareil. Les ruissellements évacuent progressivement les matériaux affaissés, hors de l'enceinte et de la forêt qui occupe toujours la base du vallon. Il s'est déjà formé au pied du versant, comme pour les excavations voisines précitées, un cône de déjection caractéristique.

Ainsi, au vu de ces observations de terrain, il me semble que le ravinement linéaire par ruissellement est le processus principal d'amorce des cirques. Toutes les surfaces inclinées ou presque sont, à l'image des versants décrits ci-dessus (fig. 33 et 34), affectées par ce phénomène. Les glissements de terrain sont moins fréquents. Toutefois, il n'est pas exclu que les nombreuses excavations qui affectent les versants même boisés des plateaux côtiers aient été déclenchées par des glissements de terrain.

Cependant, l'existence des traces anciennes, souvent stabilisées indique que les mécanismes d'amorce d'un cirque ne sont pas toujours ceux de son développement. Autrement dit, une ravine ne devient pas obligatoirement un cirque d'érosion. Elle peut, à l'inverse d'un agrandissement rapide ou lent, se figer définitivement comme en témoignent ces nombreuses griffures stabilisées. Le passage du stade de ravine à celui de cirque s'opère par des processus particuliers qu'il convient de décrire avant de s'interroger sur les conditions de déclenchement des ravines.

3 - 2 - LES MECANISMES D'EVOLUTION DES CIRQUES

Le cirque naît ainsi du ravinement linéaire ou de l'excavation formée à la suite d'un glissement de terrain. Son évolution s'opère selon deux lignes distinctes : le développement longitudinal et l'élargissement latéral. De la prédominance de l'un ou de l'autre mécanisme, découlera la forme du cirque. C'est ainsi qu'un développement longitudinal plus important donnerait naissance à une reculée alors que l'agrandissement en front continu de la paroi, déterminerait l'élaboration d'un amphithéâtre.

La transformation d'une ravine linéaire en un cirque s'effectue par des écroulements ou des détachements progressifs des petites loupes en porte-à-faux le long de la paroi. L'approfondissement se fait par des incisions linéaires qu'effectuent les écoulements permanents ou temporaires.

3 - 2 - 1 - Les modalités du recul de la paroi

Deux paramètres déterminent le recul des parois. Le premier est leur verticalité. Celle-ci est assurée par l'humidité permanente qui confère aux formations, même en saison sèche, une certaine cohésion leur permettant de se maintenir verticalement même après l'incision d'une ravine profonde. Ce critère est très important, parce qu'une formation sans adhésion entre ses différentes composantes ne peut être ravinée profondément. Les écroulements continus peuvent, en effet, encombrer en permanence le chenal d'écoulement et empêcher, ipso facto son approfondissement.

Le deuxième paramètre est l'existence à une profondeur plus ou moins grande d'un niveau moins perméable, représenté ici par l'horizon cuirassé, qui freine ou ralentit l'infiltration des eaux de pluies qui s'accumulent alors entre le niveau supérieur perméable et cet horizon inférieur étanche. Il en résulte un phénomène de suintement, devenant, dans certains cas, des véritables sourcins qui créent, par soutirages, des petites encoches, parfois difficilement observables.

Ainsi, le creux de l'encoche et l'engorgement du niveau supérieur, lié au ralentissement du drainage vertical qui alourdit les formations, provoquent un appel au vide, responsable des affaissements parfois insignifiants mais suffisants pour rompre l'équilibre de la paroi et provoquer le détachement d'une écaille. Le basculement des masses de terre le long de la paroi, s'effectuant brusquement et rapidement, est souvent annoncé par des fentes de détente qui se forment à la surface du plateau, sur les bords de la lèvre, comme on peut l'observer sur la (photo 4, planche III).

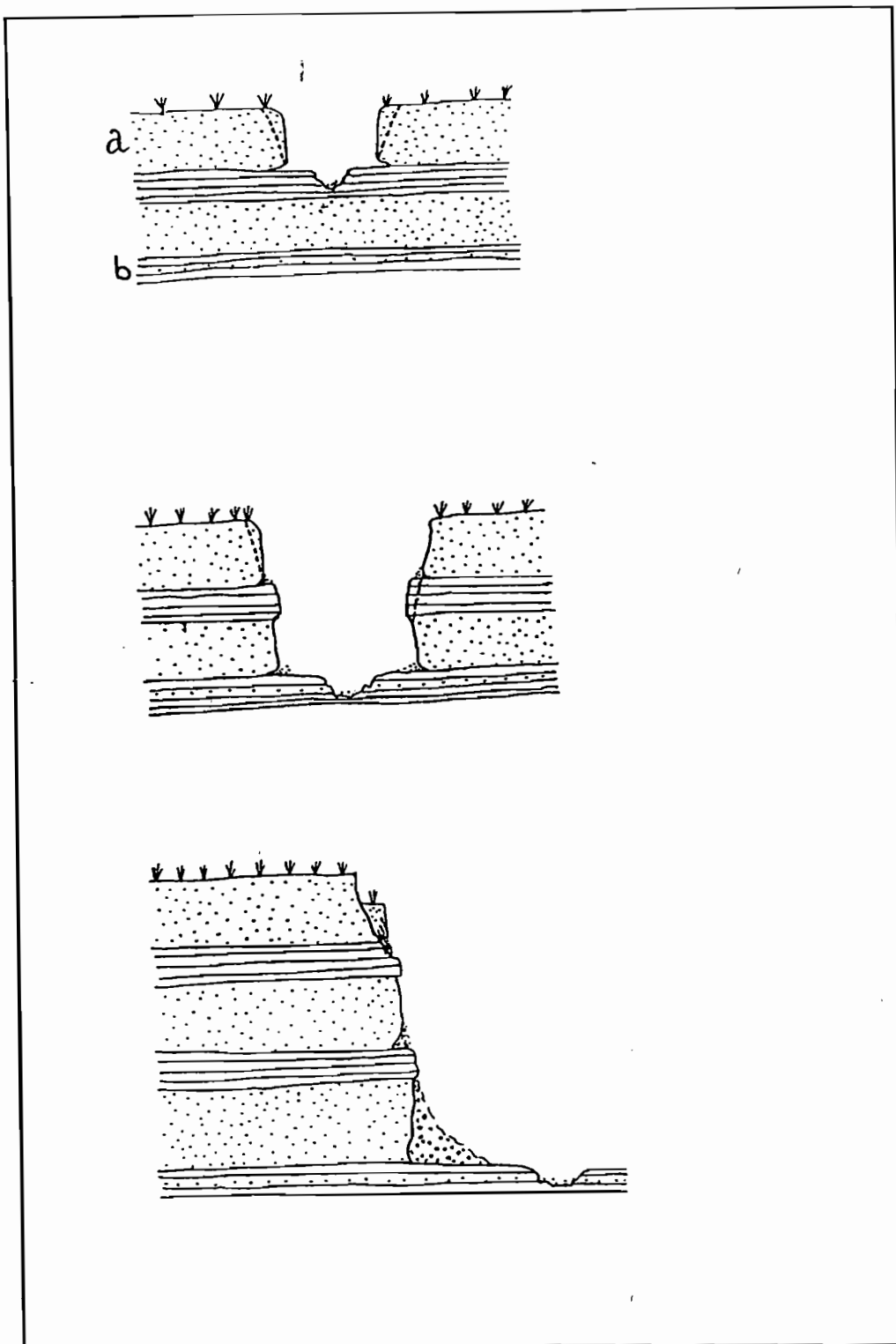


Fig. 37- Schéma théorique d'évolution d'une ravine

a= horizon meuble

b= horizon moins meuble et moins perméable

C'est par ces fissures que se délient les écailles qui s'émiettent en tombant dans le vide. Les particules ainsi individualisées seront prises en charge ultérieurement par les écoulements. La fig. 37 schématise la formation et l'agrandissement d'un ravine pouvant donner lieu à une excavation plus importante. Toutefois, il importe de signaler que la plupart des écailles qui se sont affaissées, ces dernières années, le long de la paroi du cirque de Diosso (cf. fig. 68 et tableau 9), ne se sont détachées qu'à 2 ou 3 m de la surface, soit très loin de la cuirasse. Les raisons de ces arrachements superficiels sont à rechercher dans les suintements d'eau qu'on observe également à ces profondeurs et qui s'expliquent par l'augmentation en profondeur de la teneur en argile des formations, comme il a été démontré dans la première partie. Celle-ci retarde le transfert des infiltrations vers les horizons inférieurs et provoque des échappements d'eau. Les pluies peuvent, par ailleurs, imbiber la partie supérieure de la lèvre du cirque et provoquer le basculement des pans sous l'effet de leur propre poids.

Mais à plusieurs mètres de hauteur, l'évolution de la paroi devient très complexe. Les arrachements d'écailles se produisent de façon progressive et indépendante de haut en bas ou vice-versa. A ce stade, les causes de la dynamique sont diverses et se croisent. Un orage dont les gouttes tombent obliquement sur la paroi, peut creuser localement l'encoche qui déséquilibre la paroi et entraîne les effondrements en masse. Des écoulements d'eau peuvent directement, comme on l'observe sur les photos 3 et 4 de la planche V, raviner la base de la paroi.

Il convient de noter, à ce propos, que le recul de la paroi dépend, d'une part, de la manière dont chute le paquet et, d'autre part, de la rapidité avec laquelle il est pris en charge par les ruissellements.

Les affaissements se font en général de deux manières : soit les paquets basculent (fig. 38 a), soit ils glissent le long de la paroi (fig. 38-b). Généralement, les grosses écailles glissent en restant collées à la paroi alors que les petits paquets se détachent et basculent en s'écartant du mur. Par ces modalités, les pans de quelques centimètres d'épaisseur vont plus loin dans le vide et sont littéralement désagrégés à l'atterrissage. Les particules individualisées sont par conséquent facilement emportées par les ruissellements. Les paquets de plusieurs mètres d'épaisseur ne parcourent, en revanche, que quelques mètres, rarement plus de 10 m, avant de s'immobiliser. Ils restent ainsi plus longtemps sur la paroi avant de disparaître complètement.

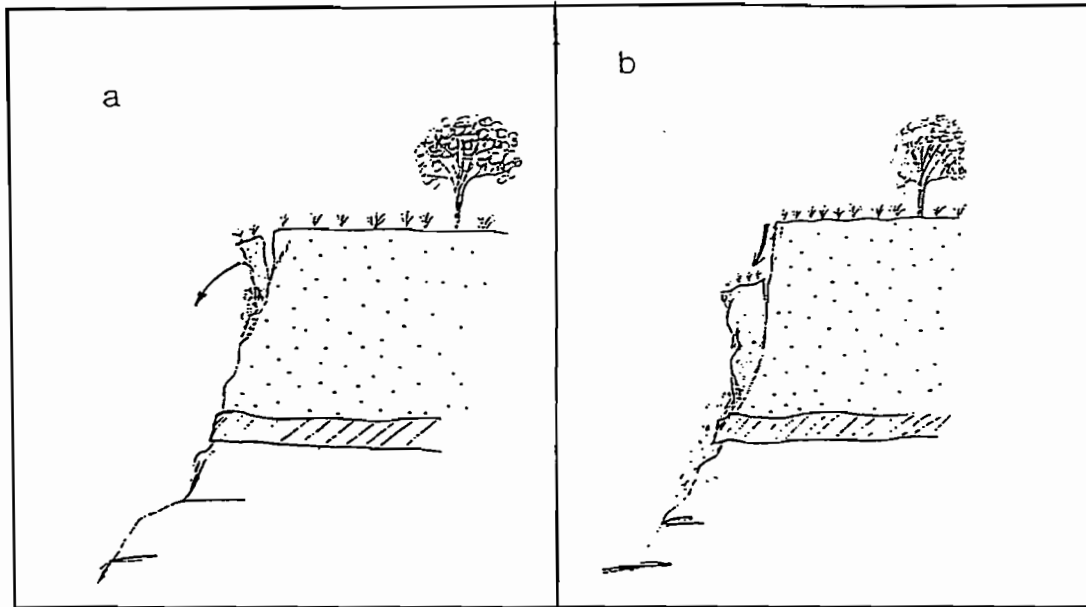


Fig. 38 - Croquis schématisé des mouvements de masse sur la paroi des cirques

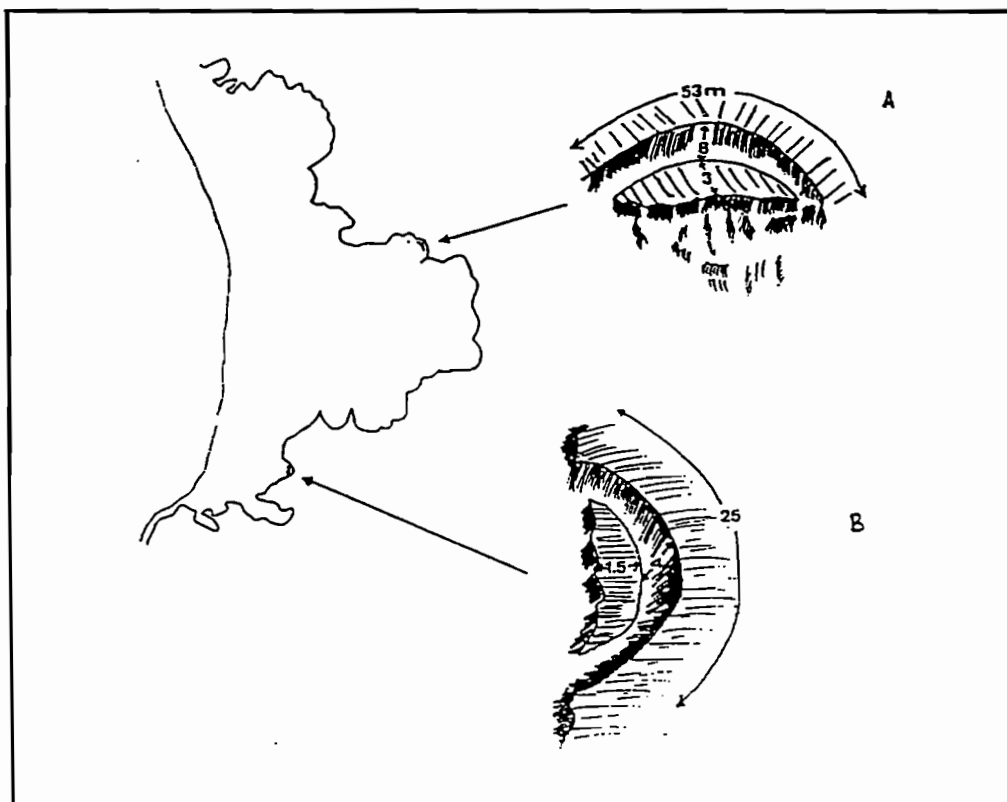


Fig. 39 - Caractéristiques de deux affaissements observés sur la paroi du cirque de Diosso

Deux observations de terrain peuvent être citées ici en illustration. Il s'agit de deux affaissements observés sur la paroi du cirque de Diosso (fig. 38). Le premier, observé en septembre 1990 (photo 1 planche III) et qui s'est produit entre mars et avril 1990, avait 3 m de large, une cinquantaine de long et était accroché à 8 m plus bas sur la paroi (fig. 38 A). En août 1992, soit deux ans plus tard, le paquet, toujours accroché à la paroi, n'avait plus que 2 m environ de sa largeur initiale et avait perdu 15 m environ sur sa longueur de départ. Le second affaissement, enregistré en septembre 1991 (photo 2 planche III), avec 1,5 m de large et 7 m de long (fig. 38 B), avait à peine plus de la moitié de ses dimensions initiales en août 1992.

Ces deux exemples illustrent bien, avec d'autres observations, la lenteur de l'amenuisement des gros paquets par les ruissellements. Il faudrait, d'après ces exemples, 5 à 6 ans pour qu'un paquet de 3 m de large se désagrège. Cette lenteur joue sur le recul de la paroi et rend complexe l'évolution des cirques composés.

Cependant, une autre observation de terrain mérite d'être mentionnée ici. Il s'agit, d'un affaissement d'un pan de terre observé en pleine saison sèche, pendant le mois de juillet 1989 sur le cirque de Tchissanga (voir fig. 1 pour la localisation). Réduit en poussière, lors de sa chute, le matériel effondré était bien sec. Cette observation révèle que les affaissements n'ont pas lieu que pendant la période des pluies.

L'effondrement de ce paquet, au milieu de la saison sèche ne peut se justifier que par assèchement des particules le long de la fente de détente occasionné par le retrait de l'eau. Le départ de l'eau a du, en effet, affaiblir, au niveau de la diaclase, la capacité d'adhésion que confère l'humidité aux particules, provoquant ainsi, la désolidarisation du paquet de l'ensemble. WALKER (1982), dans un article paru dans la revue "pour la science", (numéro de juin 1982), explique comment les charges électriques des molécules de sables et d'argile peuvent, par l'assèchement ou l'humectation des formations, provoquer leur agglomération ou leur écroulement.

Toutefois, le cas du cirque de Tchissanga ne doit pas inciter à considérer la saison sèche comme une période foncièrement dynamique. Cet affaissement est vraisemblablement une réaction tardive d'un phénomène préparé pendant la saison des pluies. Autrement dit, la saison des pluies reste la période la plus dynamique. La saison sèche est une période morte. Cet exemple montre, tout de même, le caractère irréversible de l'affaissement, une fois le phénomène amorcé.

3 - 2 - 2 - La formation et l'évolution d'un cirque complexe : l'étude de l'amphithéâtre de la Loanda.

L'amphithéâtre du versant droit de la vallée de la Loanda est l'exemple d'un amphithéâtre élémentaire en passe de devenir un cirque complexe. Sa forme en plan, se compose, dans le détail, comme il a été schématisé sur le terrain (fig.40), de deux grands lobes indépendants, séparés par une longue arête très caractéristique des grands cirques, avec une base très massive, un sommet étroit et découpé se terminant par des grosses demoiselles coiffées (fig. 40-2).

Le lobe a, complètement colonisé par la forêt est aujourd'hui stable, en dépit de la grande verticalité de sa paroi qui souligne tout de même une certaine précarité de cette stabilité. Le lobe b, à moitié recouvert par les arbres, est encore actif. Plusieurs affaissements ont perturbé, par des petites indentations, la courbure parfaite du grand lobe et m'ont permis d'observer, dans le détail, son fonctionnement.

Des lobes élémentaires se détachent des écailles de taille modeste qui se désagrègent complètement à l'atterrissage. Ils étalent, à mi-hauteur, des amas de particules qui forment des ondulations sur la paroi (fig. 40-4), mais qui libèrent, au contact de l'eau des argiles qui forment des croûtes de battance responsables des ruissellements particulièrement abondants sur la paroi. Les lobes se terminent à la base de la paroi par des rigoles, qui servent de gouttières aux ruissellements et par lesquelles sont évacués progressivement les matériaux accrochés à la paroi. Ces écoulements d'eau de pluie contribuent également à l'amenuisement des petites arêtes en les sapant régulièrement à la base et le tout fonctionnant, à chaque pluie, à la manière d'un mini torrent.

Mais les crêtes de l'amphithéâtre de la Loanda, trop courtes, ne donnent pas encore à cet appareil les caractéristiques d'un cirque composé. Leur évolution s'effectue, d'une part, par abaissement progressif des crêtes sommitales, à la suite de l'action directe des pluies, et d'autre part, par des éboulements sur les flancs, suite aux sapements précités. Au pied de la paroi du cirque, à la sortie des rigoles, se forme un atterrissage qui, selon les sondages effectués à la tarière, dépasse déjà 2 m de profondeur, (fig. 40-4). Composée des dépôts tantôt grossiers (sables, galets, débris de cuirasse, etc...), tantôt fins, séparés par des horizons holorganiques renfermant encore des feuilles mortes en entier (fig. 40-5), cette accumulation est actuelle et indique que le fonctionnement des lobes est récent. Les différentes couches représentent ainsi, pour les plus profondes et les plus épaisses, la succession des dernières saisons pluvieuses et pour les dépôts fins supérieurs, celle des dernières pluies. Les horizons holorganiques représentent les intersaisons pluvieuses et les interpluies. Cela est d'autant plus plausible que les arbres de la bande forestière épargnée par les défrichements au pied de la paroi, ont leurs racines enterrées sous plusieurs dizaines de centimètres de sédiments.

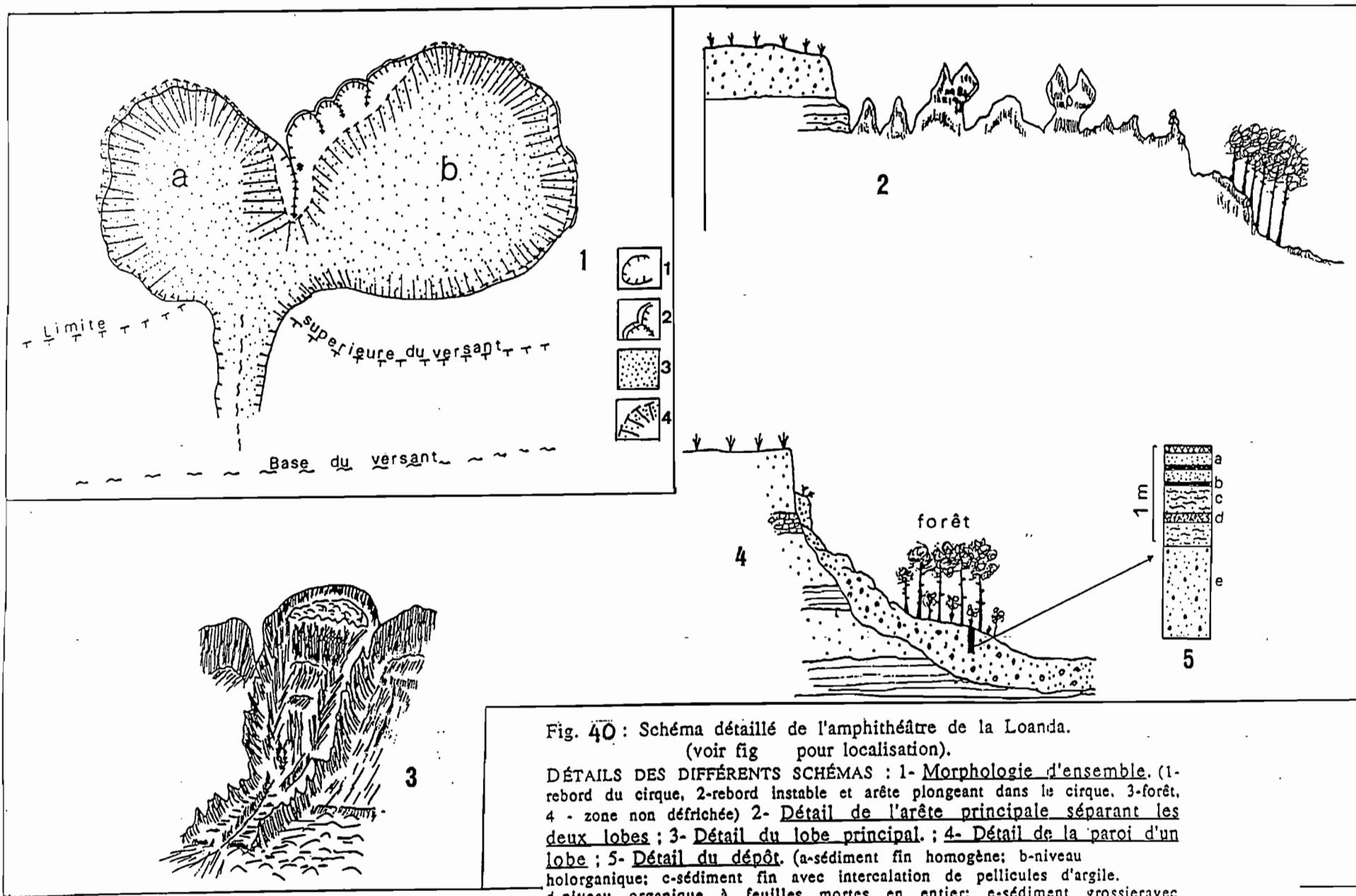


Fig. 40 : Schéma détaillé de l'amphithéâtre de la Loanda.
(voir fig pour localisation).

DÉTAILS DES DIFFÉRENTS SCHÉMAS : 1- Morphologie d'ensemble. (1- rebord du cirque, 2- rebord instable et arête plongeant dans le cirque, 3- forêt, 4 - zone non défrichée) 2- Détail de l'arête principale séparant les deux lobes ; 3- Détail du lobe principal ; 4- Détail de la paroi d'un lobe ; 5- Détail du dépôt. (a- sédiment fin homogène; b- niveau holorganique; c- sédiment fin avec intercalation de pellicules d'argile. d- niveau organique à feuilles mortes en entier; e- sédiment grossier avec incorporation de galets gravillonnaires)

Certes, la forêt du fond de cirque n'empêche pas les affaissements dans la partie supérieure de la paroi parce que n'ayant aucune emprise sur elle, comme on l'observe sur la photo n° 3 de la planche III. Mais elle constitue de ce fait, un rempart qui arrête l'évacuation des colluvions vers la vallée principale. La forêt, tout en occasionnant l'amoncellement, au pied de la paroi, des produits venus de l'amont, contribue, par ses racines, à la fixation de la paroi elle-même. En effet, à plusieurs endroits, la forêt recouvre la paroi jusqu'à la surface du plateau, et ce sont les endroits les plus stables (fig. 40).

L'absence, au fond de ce cirque, d'un cours d'eau capable de prendre le relais des ruissellements dans l'évacuation des sédiments, est un facteur important pouvant contribuer à sa stabilisation. Le fond de l'amphithéâtre n'est balayé que par des ruissellements qui n'atteignent le fond de la vallée principale, également non drainé, que lors des grandes averses. Ce manque d'entretien de l'érosion permet ainsi l'accumulation des sédiments au fond de l'appareil. Ceci devrait contribuer à adoucir, avec le temps, les pentes au contact du plancher et de l'enceinte et devrait faciliter l'extension de la forêt, si les défrichements n'entravent pas sa progression.

Cet exemple permet de noter que la présence d'un cours d'eau au fond d'un cirque maintient son érosion. Celui-ci peut, par des affouillements continus au niveau de la source, entretenir les affaissements et s'occuper directement de l'évacuation des éboulis plus ou moins désagrégés. L'action des cours d'eau est aussi responsable de l'évolution des arêtes centrales dans les cirques composés. Celui de Diosso, étudié en exemple dans la troisième partie, est très actif aussi bien le long de la paroi bordière qu'au centre de l'appareil où les rivières sapent la base de certaines crêtes et provoquent des mouvements de masse qui font évoluer ces échines. Les cirques les plus actifs sont ceux qui sont drainés par des rivières permanentes.

Mais à côté des cirques actifs, évoluant encore, on observe sur ces plateaux côtiers d'autres formes complètement figées qui appartiennent de toute évidence à une autre génération.

PLANCHE II

1	2
3	4
5	6
7	8

1 et 2 : - Paroi des cirques de Diosso et de Tchissanga: différence de couleur entre le niveau supérieur ocre-jaune et les strates sous-jacentes rouge-brique ;

- Arêtes plongeantes qui ne remettent pas en cause l'unité des appareils
- forêt de fond de cirque.

3 et 4 : ravins sur le versant de la vallée de la Loanda dans un champ d'eucalyptus.

3: base du ravin; 4: tête de ravin. On remarque l'importance de l'incision.

5 et 6 : Modelé en marches d'escalier issu du ruissellement diffus sur le talus interne à l'exutoire du cirque de Diosso sur la photo 5 le bonhomme est dans une excavation naissante décrite dans le texte.

7 : Décrochement d'un versant sous forêt par un chablis

8 : Traces d'érosion linéaire sur un versant



PLANCHE II

PLANCHE III

1 2

3 4

5 6

7 8

1 et 2 : Affaissements d'écaillés de terre sur la paroi du cirque de Diosso.

3 : Lobe fonctionnel vu d'en haut dans l'amphithéâtre de la Loanda. On remarque à la base le fonctionnement de l'arête au fond; l'étalement d'une loupe affaissée sur la paroi et l'action de l'érosion sur la dite loupe; la forêt de fond de cirque n'empêche pas le fonctionnement de la paroi mais elle peut contribuer à la stabilisation de la paroi.

4 : Paroi du cirque de Diosso. On remarque au premier plan une fente de détente qui annonce l'affaissement d'une écaille de terre à un endroit où la paroi n'a plus fonctionné depuis un certain temps? A mi-hauteur, on observe un arrachement d'une loupe sans rapport avec le sommet.

5 et 6 : Demoiselles coiffées sur les arêtes centrales dans le cirque de Kondi au nord-est de Diosso et dans le cirque de Diosso. On remarque la similitude des formes de deux excavations distante 12 km environ.

7 : Lobe principal du cirque de Kondi au nord-est de Diosso. Lorsque la forme est suffisamment excavée, la pente ne joue plus. Elle creuse au coeur du plateau par érosion régressive.

8 : Paroi du cirque de Diosso : reconquête forestière et érosion sur la paroi.



PLANCHE III

4 - FORMES ET GENERATIONS DE CIRQUES

Des cirques qui viennent d'être décrits, il faut distinguer les cirques actifs des excavations figées. Les premiers se caractérisent d'abord par la vigueur de leurs formes (paroi sub-abrupte ; formes en saillie très vives ...). Le cirque actif se reconnaît par la fraîcheur de ses parois, non colonisé ou presque par la végétation et surtout par la présence des traces plus ou moins récentes d'érosion.

Les cirques figés ont une dynamique qui s'oppose à celle des cirques actifs, caractérisés par des formes très émoussées et entièrement envahies par la végétation. Ce sont des cirques morts facilement reconnaissables sur le terrain et sur photographies aériennes. Leur enceinte a des pentes moins abruptes et un profil moins tendu. Le sommet de l'enceinte se caractérise par une importante convexité et le contact entre le plancher et l'enceinte se fait par un arrondi concave. Les cirques figés sont, de ce fait, des milieux stables au sens géomorphologique du terme c'est-à-dire, des milieux caractérisés par une faiblesse des processus mécaniques. Ceux-ci sont difficilement mesurables parce qu'ils sont très lents, la morphogénèse se manifestant sous la forme de ruissellements diffus et discrets, à la surface et parfois sous la forme d'une reptation des particules. Cela suppose qu'il n'est pas exclu un réveil de l'appareil pouvant se manifester par une évolution rapide, brutale et catastrophique.

La figure 41 montre en plan et en coupe deux cirques, l'un actif (A) et l'autre figé (B), sur les versants de la vallée de la Loanda. On note bien la différence de vigueur des formes entre les deux cirques. Le cirque B, actuellement colonisé par la savane est stable avec tout de même des traces de ruissellements diffus et même concentrés négligeables. Outre les formes en amphithéâtres, on note également des reculées figées, notamment dans la région des lacs Loufoualéba et Cayo, au sud de Pointe-Noire. Aucun exemple de cirque complexe entièrement figé n'a été, cependant, observé sur le terrain.

Toutefois, la différence de fraîcheur et de vigueur entre les deux formes montre qu'elles appartiennent à deux générations différentes. Le caractère suspendu du cirque B (fig.41 B), à 30 m environ, au dessus du talweg de la vallée principale révèle un enfoncement postérieur de ladite vallée indiquant une nouvelle phase de creusement postérieure à celle qui a élaboré le cirque B. Cette observation confirme bien le caractère ancien de ce cirque par rapport au cirque A dont le plancher se situe presque à la même hauteur que le talweg principal.

Par ailleurs, la disposition qui emboîte parfois le cirque actif dans le cirque figé montre bien la postériorité du premier sur le second et confirme, de façon irréfutable l'existence de deux générations de formes. Sur l'exemple cité supra (Fig. 41), la partie sud de l'enceinte du cirque B est découpée par un petit amphithéâtre actuel. Cette disposition emboîte presque le cirque actuel dans l'ancien. Sur les versants de la vallée de la Rivière Rouge, citée supra (Fig.

L'existence de deux générations de cirques a été reconnue par SAUTTER (1951 et 1970), AUGER (1967), et SCHWARTZ et LANFRANCHI (1990), sur les plateaux au nord et au sud de Brazzaville où l'on trouve des cas remarquables d'emboîtement de cirques, notamment dans le district de Boko. Sur les versants des collines prémayombiennes également, on observe des formes très amples et très émoussées, colonisées par la végétation. Dans les "pays du Niari", le long du chemin de fer, cohabitent également des formes figées avec des formes actives

La formation de ces deux générations est pour AUGER (1967) liée aux variations du niveau de base. Les cirques figés qu'il qualifie de "cirques morts et perchés ont été arrêtés dans leur évolution par l'abaissement du niveau des sources qui affouillaient leur base", écrit-il. Avant d'aborder cette réflexion, déjà entamée par d'autres chercheurs déjà cités, il importe de traiter au préalable deux aspects : celui des causes du maintien de l'érosion dans les cirques étudié dans le chapitre VI suivant, d'une part, et celui de l'évolution quantitative traitée dans la troisième partie.

CONCLUSION PARTIELLE ET DISCUSSION

Les cirques d'érosion sont le trait le plus marquant de la géomorphologie côtière. Leur développement spectaculaire dans la région de Diosso est le premier problème qu'ils posent. Les formes les plus actives se concentrent, en effet, sur environ 56.000 ha de surface autour de Diosso. Cette localisation géographique trouve, sans doute, son fondement dans les données tectoniques déjà décrites. Les cirques, se développant sur les versants qui découpent la ride anticlinale de la région de Diosso, leur évolution a dû être liée au caractère perché de la source des rivières par rapport à leur niveau de base qui se situe plus bas dans les dépressions tectoniques (fosse de la Ntombo au nord et plaine de Pointe-Noire qui est un bloc affaissé, se prolongeant au sud par le fossé de la Loémé). Se jettant également dans l'Océan, ces cours d'eau, ont de toute évidence, été influencés par les oscillations du niveau marin. Ainsi, la grandeur des cirques directement tournés vers la mer, tel celui de Diosso, s'explique par leur proximité vis à vis de celle-ci.

Le contraste existant entre l'ampleur de ces formes et la faiblesse actuelle du ravinement des versants, démontrent que ces formes ne sont pas le résultat de la dynamique actuelle. Elles ont été édifiées par des facteurs dont la force dépasse celle des facteurs actuels dont l'action ne se limite qu'à l'entretien du phénomène. Les forces capables de générer de telles formes sont à rechercher dans les manifestations climatiques et eustatiques du quaternaire.

Cependant, contrairement à ce que pensent certains auteurs déjà cités, les savanes ne sont pas, au vu des données actuelles du milieu, le seul domaine de prédilection des cirques. Autrement dit, les cirques ne se forment pas uniquement dans les savanes. Ils peuvent s'édifier sous forêt. SAUTTER (1970) donne un exemple dans la haute vallée du Loukiri, sur les plateaux batéké ; SCHWARTZ et LANFRANCHI (1990) ont également observé "un décrochement de versant, pourtant boisé le long d'un affluent de la Djili dans la région de Brazzaville". Dans l'arrière pays de Pointe-Noire, un exemple décrit précédemment a été observé dans la baie de Loango sur le talus interne. Ces exemples d'excavations en pleine forêt peuvent engendrer des cirques.

Par ailleurs, dans les sables et même dans les altérites meubles, l'infiltration étant par essence importante, les périodes les plus humides sont les plus érosives (ROOSE, 1977 ; SCHWARTZ et al, 1990). La succession des pluies génère, par saturation des formations, les ruissellements qui sont à l'origine du ravinement des versants. Or, c'est pendant ces séquences humides que la forêt, principale protectrice des sols, se développe le mieux. Ces périodes, se caractérisant par une faiblesse du ravinement, dû à la reprise forestière, ne peuvent pas être, par conséquent, propices à la formation des cirques d'érosion. Le creusement des cirques, n'a pu donc se faire que durant une période, à la fois très humide et dont les versants sont mal protégés par la végétation. Ces périodes correspondent bien aux phases de transition entre les périodes sèches et les périodes humides du Quaternaire. En effet, comme il a été décrit dans la première

partie, les phases morphoclimatiques sèches ont été contemporaines soit d'une destruction complète, soit d'un affaiblissement du couvert végétal surtout forestier. Le retour des pluies des phases humides a, par conséquent, constitué un moment périlleux pour les sols. On peut ainsi placer l'apparition des cirques de la région côtière congolaise dans une de ces phases de transition.

Enfin, GUILLOT et PEYROT (1979), démontrent, dans une étude sur les plateaux batékés au nord de Brazzaville, que les cirques peuvent naître d'un fonctionnement catastrophique d'une vallée parfois sèche. Des phénomènes cataclysmiques, c'est-à-dire discontinus et violents, liés à des conditions d'humidité particulière peuvent en effet ouvrir de façon brutale un cirque ou une brèche pouvant lui donner naissance par la suite. Sur le plateau de Kayes dans le nord du bassin côtier, VENNETIER (1968) a fait l'observation suivante : "à la suite d'un gros orage, l'eau a ruisselé fortement sur une piste, et, débordant sur les bas-côtés, a gagné, la tête d'un vallon, situé plus bas ; elle y est tombée en cascade, arrachant les herbes et le sol, et faisant reculer le versant de 2 à 3 m...le comportement de ce torrent en miniature était semblable à celui d'un véritable oued sahélien".

Ces observations, ajoutées à celles faites sur le terrain, démontrent que les cirques peuvent naître, de façon ponctuelle, dans un environnement relativement stable. Or, la concentration d'appareils, sur un espace réduit ; l'occupation presque régionale du phénomène et l'ampleur des formes sont des indices d'un événement majeur. Mais, si les cirques de la région de Pointe-Noire ont une origine plus ou moins lointaine, leur évolution actuelle est maintenue par les facteurs actuels qu'il convient d'analyser dès à présent.

Chapitre VI

CAUSES ET FACTEURS DE LA DYNAMIQUE ACTUELLE DANS LA RÉGION DE POINTE-NOIRE

Quelques ravinements des versants et le recul continu des parois des cirques sont les signes d'une importante dynamique géomorphologique dont plusieurs facteurs tant naturels que humains sont à l'origine et l'entretiennent.

1 - FACTEURS NATURELS

Le ruissellement est le facteur naturel déterminant de la dynamique actuelle. "Il n'y a pas d'érosion sans transport, donc sans ruissellement" (ROOSE, 1977). Il ravine les versants, alimente les cours d'eau qui jouent un rôle important dans l'évolution des cirques.

Mais le ruissellement est un produit de la pluie, dépendant largement du comportement des sols et surtout de l'état de recouvrement des versants par la végétation.

1 - 1 - LE ROLE DES PLUIES

Le rôle des pluies est essentiel dans la dynamique actuelle. Outre les ruissellements dont elles sont le facteur primaire, les pluies alimentent également les nappes d'eau souterraines dont les émergences assurent aux rivières une pérennité parfaite en dépit d'une saison sèche de 4 à 5 mois. Les précipitations imbibent enfin les bordures des cirques qui finissent par céder sous le poids de l'eau.

Plusieurs caractères d'ordre général définissent les pluies dans la région de Pointe-Noire.

La première est la variation du volume des pluies dans l'espace. Le coefficient de corrélation calculé à partir des totaux annuels (1957 - 1976) entre les stations de Pointe-Noire et Loango distantes de 25 km environ, donne une valeur de 0,332 et exprime une très mauvaise corrélation entre les deux stations (fig. 42).

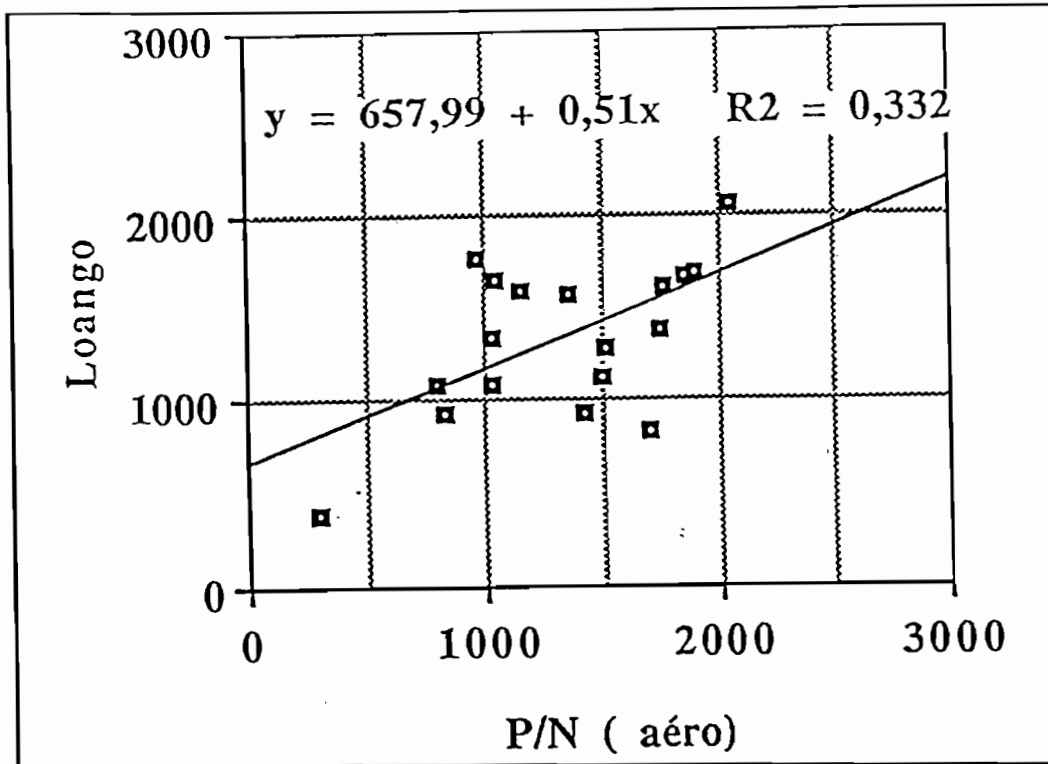


Fig. 42 - Courbe de corrélation des pluies annuelles à Loango et à Pointe-Noire

L'analyse des moyennes mensuelles de quelques stations (fig 43)¹ confirme bien cette variation spatiale. Le graphique montre qu'il pleut plus à Loango qu'à Pointe-Noire. Les moyennes mensuelles les plus élevées se situent au dessus de 200 mm à Loango, alors qu'à Pointe-Noire elles n'atteignent à peine 200 mm que durant les mois de mars et de novembre. A Loango, 4 mois se situent au dessus de 200 mm contre 2 seulement à Pointe-Noire. Le mois d'août est légèrement pluvieux dans la première station alors qu'il est complètement sec dans la deuxième. Sur le Continent, il pleut plus à Gamboussi qu'à Madingo-Kayes ainsi qu'à Holle. Dans la station de Gamboussi, située à 52 m d'altitude et à 2 km à peine au nord est de Pointe-Noire, la hauteur du mois de mars est supérieur à 250 mm alors qu'ailleurs le mois de mars se situe en dessous de 200 mm

¹. Les graphiques ne sont pas à la même échelle. Il faut lire les hauteurs des pluies sur chaque graphique.

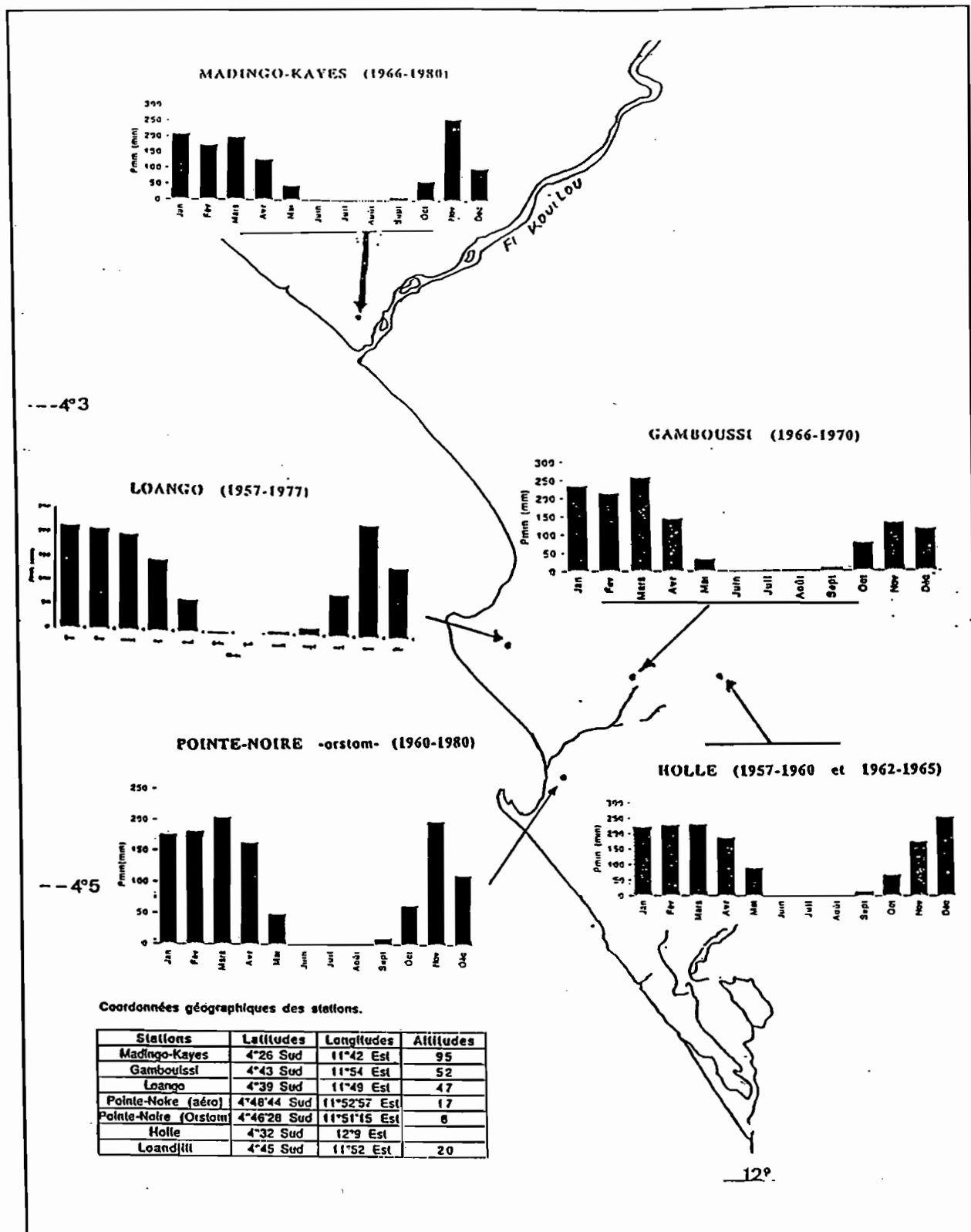


Fig. 43 - Pluies mensuelles de quelques stations dans le bassin côtier

Le deuxième critère qui caractérise le climat côtier est la prééminence des totaux annuels moyens. La fig. 43 représentant le graphique des totaux des pluies à Pointe-Noire illustre bien cette caractéristique. La moyenne annuelle calculée entre 1924 et 1987 est de 1250 mm alors qu'elle est d'environ 1400 mm à Brazzaville. Sur 53 années, 25 ont enregistré un total supérieur à cette moyenne soit presque une année sur deux. Les années largement excédentaires sont rares tout comme le sont les années déficitaires. Le graphique montre, en outre, une prédominance des totaux inférieurs à la moyenne dans sa deuxième moitié, c'est-à-dire à partir de 1963. En effet, entre 1963 et 1987, 17 années sur 24 ont un total inférieur à la moyenne. Les 7 années excédentaires de cet intervalle sont des événements presque rares, lorsqu'on les compare à la fréquences des années déficitaires

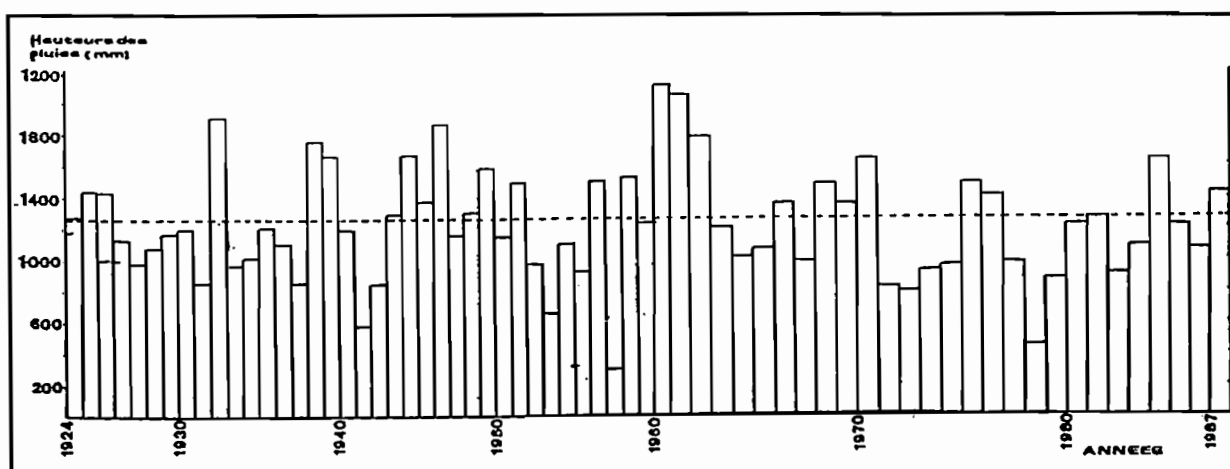


Fig. 44 - Hauteur annuelle des pluies à Pointe-Noire

Dans l'analyse de ce graphique, deux années exceptionnelles peuvent toutefois être citées. Il s'agit de l'année 1958 qui n'a totalisé que 298,7 mm de hauteur d'eau et de 1978 où il n'est tombée que 458 mm de hauteur d'eau. Ces années exceptionnelles sont des phénomènes très rares. MOLINIER (1979) a effectué une étude de la pluviométrie annuelle dans 4 stations du sud du pays, toutes situées entre $11^{\circ} 50' E$ et $15^{\circ} 15'$. Il a ajusté à chacun de ces stations une loi normale de GAUSS qui semble assez bien représenter les distributions (fig. 45). Cette étude permet d'estimer les fréquences théoriques d'apparition de la hauteur pluviométrique de 1978 à 1 an sur 49. D'après cette étude, ces hauteurs exceptionnelles sont statistiquement accidentelles.

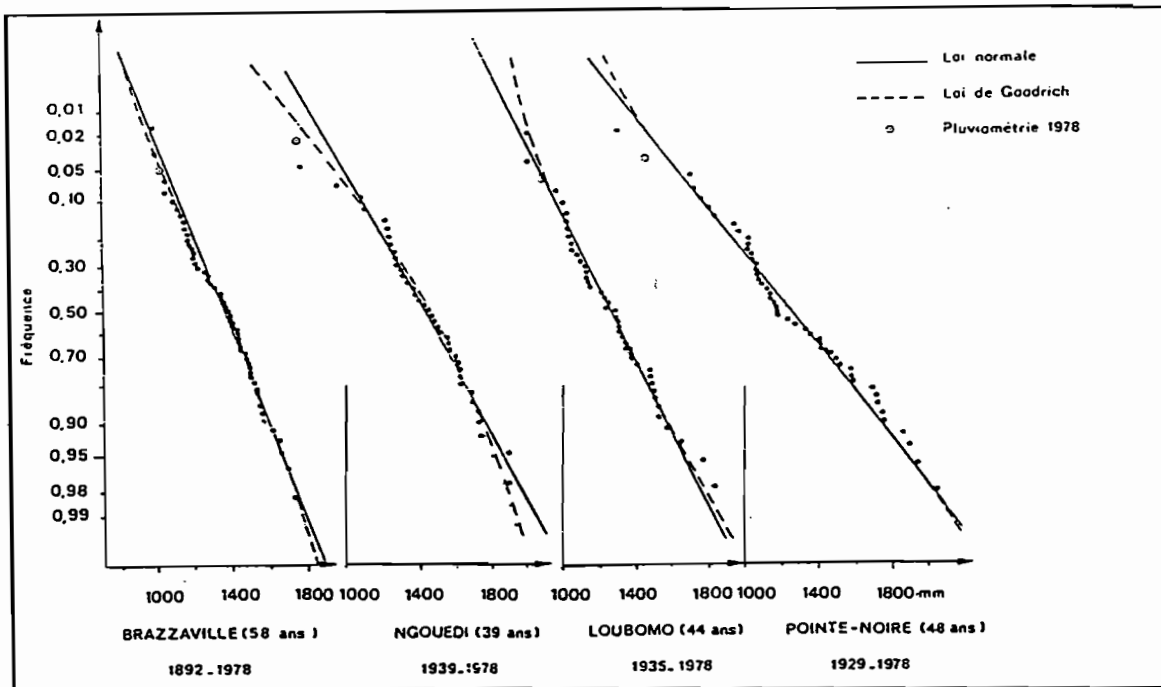


Fig. 45 Etude Statistique des pluies de 1978 dans le sud du Congo

Mais, selon de nombreuses études (ROOSE, 1977 ; MIETTON, 1988), le paramètre principal qui lie la pluie à l'érosion reste l'intensité. L'analyse des intensités faite par le comité interafricain d'études hydrauliques, sur une période allant de 1959 à 1982 donne pour Pointe-Noire des périodes, assez larges de retour des pluies de forte intensité (fig. 46). Selon cette étude, on enregistre chaque année, en moyenne 2 pluies de 1 mm/mn et de 0,6 mm/mn. Les pluies de 2 mm/mn ont un temps de retour de 2 années. Mais au regard de quelques intensités enregistrées, ces dernières années à la station de l'ORSTOM à Pointe-Noire, la fréquence des pluies d'environ 0,6 mm/ mn semble légèrement plus grande (tabl. 5). Par exemple entre le 23/02/90 et le 12/3/90 (soit moins d'un mois), trois pluies d'intensité supérieure à 0,6mm/mn ont été enregistrées à Pointe-Noire. Or il est généralement admis qu'une pluie n'est agressive que si elle est douée d'une certaine intensité (I supérieur à 25 mm/h, soit 0,4mm/mn)

Date	Durée de la pluie	Hauteur de la pluie (mm)	intensité moyenne (mm/min)	Hauteur de la des 30 premières min en mm	Intensité des 30 premières min en mm/min
6/3/88	0h-3h	63	0,35	-	-
24/12/88	16h-17h	38	0,63	30	1
3/2/89	5h-6h	47	0,78	37	1,23
20/3/89	8h5mm-9h15mm	73	1,04	32	1,06
23/2/90	1h40mm-2h30mm	23	0,46	22	0,73
23/2/90	9h10mm-9h20mm	19	1,9	-	-
6/3/90	3h30mm-3h40mm	23	2,3	-	-
12/3/90	19h-20h	38	0,63	32	1,06
10/12/90	6h-8h	35	0,29	-	-
17/12/90	3h10mm-6h	134	0,78	35	1,16
12/1/91	2h5mm-4h	84	0,73	40	1,33
2-3/2/92	21h-3h30mm	97	0,24	22	0,73
16/3/92	1h-2h15mm	39	0,52	33	1,1

Tabl. 5 - Quelques intensités de pluies enregistrées à Pointe-Noire (station ORSTOM)

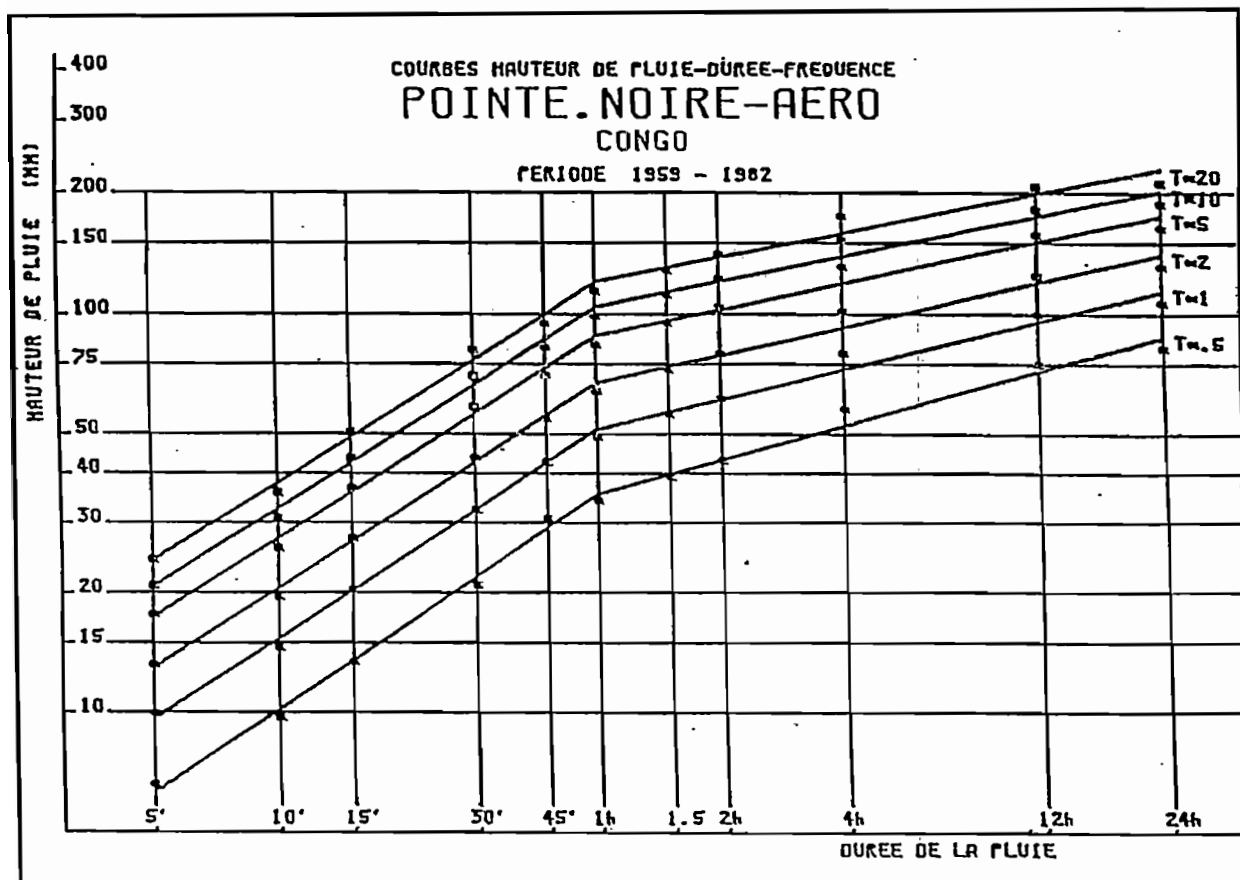


Fig. 46 courbes hauteur des pluies - durée - fréquence station Pointe-Noire aéroport (1959 - 1982).

Par ailleurs, il faut noter que dans la région côtière deux types de précipitations sont fréquents. Il s'agit, d'une part, des pluies de front d'est et d'autre part des pluies thermoconvectives. Le pouvoir érosif de la première catégorie se manifeste pendant les 5 - 30 premières minutes durant lesquelles elles sont plus intenses et abondantes. MIETTON (1988)

ajoute que ces pluies sont les plus violentes. Elles peuvent atteindre 10 à 30 mm durant les 10 - 20 premières minutes. Les quelques intensités des pluies enregistrées ces dernières années à Pointe-Noire (tabl. 5), indiquent que 80% de la hauteur totale des pluies importantes tombent pendant les 30 premières minutes, ce qui donne des intensités souvent supérieures à 1mm/mn, durant les premiers moments de la pluie.

Les pluies thermoconvectives sont des orages de très courte durée mais qui déversent une épaisse lame d'eau en un temps très limité. En l'absence d'enregistrements de pluies sur pluviogrammes dans la région (le pluviographe à augets basculeur de l'ORSTOM de Pointe-Noire n'a été installé que dans le courant des années 1980), on ne peut que faire des extrapolations.

Les pluies thermoconvectives étant très fréquentes dans nos régions, on peut considérer que les totaux en 24 h, les seules données exploitables dans les stations de Pointe-Noire, représentent dans leur majorité, ce type pluies. Vu le caractère bref des pluies thermoconvectives, les hauteurs des pluies en 24 h, ne sont que le résultat de quelques heures voire de quelques minutes de pluie et lorsqu'elles sont élevées elles représentent des intensités relativement fortes. Autrement dit, lorsqu' une hauteur de pluie en 24 h dépasse 40 mm, la pluie, si elle est thermoconvective, s'est produite en au moins 60 mn, soit 40 mm/1 heure ou 0,6 mm/mn. L'étude des totaux en 24h révèle qu'ils atteignent et dépassent fréquemment 40mm/24 h. De 1944 à 1980, chaque année a enregistré un total en moyenne plus de 40% de volume d'eau produit par des pluies supérieures ou égales à 40 mm/ 24 h. Ce volume a même dépassé pendant plusieurs années 50% du volume global (tabl. 3 Annexe D).

Mais ce n'est pas seulement l'averse exceptionnelle qui détermine le niveau de l'érosion en milieu tropical. A côté des intensités, s'ajoute une succession de pluies dans le temps qui ne laisse pas souvent au sol le temps de se ressuyer. Les études de ROOSE (1973 et 1977), ont montré que les pertes en terre et les ruissellements les plus élevés ont lieu à un moment où le sol est déjà humide et soumis à un rythme de précipitation peu ordinaire. L'humidité du sol avant la pluie est un facteur important de régulation car au fur et à mesure que le sol se réhumidifie, la vitesse d'infiltration baisse et le ruissellement augmente. Ainsi des précipitations même faibles peuvent facilement engendrer un ruissellement et avoir un effet érosif important.

Dans la région de Pointe-Noire, ce paramètre est aggravé par le nombre important de jours de pluie. Le tableau 2 de l'annexe I montre qu'en moyenne un jour sur deux est pluvieux durant la saison des pluies. De 1950 à 1988, il a plu en moyenne 126 jours par an avec 11 années sur 38 qui ont plus de 135 jours/ an, soit plus d'1 jour sur 2, si on ne considère que les mois pluvieux dont le nombre varie entre 8 et 9 sur 12 mois de l'année. Ce rapport est souvent dépassé pendant certains mois où la succession des pluies atteint et dépasse le rythme de 4 à 5 jours par semaine.

En somme, les intensités et la fréquence des pluies semblent être les facteurs qui favorisent le ruissellement dans la région de Pointe-Noire. Les volumes annuels ne sont pas, en effet, exagérément élevés. C'est pourquoi l'action des pluies sur le bassin côtier congolais doit faire l'objet d'études approfondies. Il importe de savoir, à travers un dispositif expérimental, à quel moment la pluie érode le sol, crée des rigoles.

Toutefois le ruissellement responsable du ravinement d'une part, et l'érosion proprement dite, d'autre part, sont favorisés et exacerbés par plusieurs autres paramètres qui sont entre autres le réseau hydrographique, les caractéristiques hydrodynamiques du complexe sol/sous-sol, l'état de couverture des sols et l'action anthropique.

1 - 2 - INFLUENCE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE.

Les cours d'eau de la région de Pointe-Noire jouent un rôle considérable dans l'érosion en cirque. Ils assurent en permanence l'évacuation des produits de l'érosion. En effet, si les produits de l'ablation des versants ne sont pas pris en charge par les écoulements, ils s'accumulent au pied de la paroi et sur le plancher des excavations. Il se crée, à long terme, un encombrement des fonds de cirques qui peut être responsable de la stabilisation du cirque.

Les cours d'eau peuvent être groupés en deux catégories, selon qu'ils exercent un rôle direct dans l'évolution des cours d'eau ou un rôle indirect.

Les premiers sont les cours d'eau dont la source s'inscrit directement dans une excavation et dont la dynamique détermine directement l'évolution de la dite excavation. Dans ce groupe sont rangés toutes les petites rivières qui sont nées au pied du talus interne et qui ont "poussé" leur source à l'intérieur du cirque (cf. fig. 4).

Le deuxième groupe est constitué par les fleuves Kouilou et Loémé. Ces deux fleuves servent de niveau de base aux réseaux précités. Servant d'exutoire aux petites rivières, ils évacuent vers l'Océan les alluvions qu'elles arrachent sur les versants.

Ainsi, si le rôle des fleuves majeurs du bassin côtier est difficile à déterminer dans le fonctionnement des cirques, celui des petites rivières qui les drainent directement est déterminante.

Faute d'études de débits, il est difficile d'apprécier concrètement leur action. D'après MOLINIER (1979), le fonctionnement de ces rivières suit fidèlement la répartition annuelle des pluies. Elles sont en période d'étiage pendant la saison sèche et en période des grandes eaux pendant la saison des pluies. Ce qui veut dire que leur écoulement est sous le contrôle des pluies et de la nappe.

Ainsi, la Songolo, petite rivière de 10 km de long, dont le bassin versant de 14 km² s'étend presque entièrement sur le site de Pointe-Noire (cf. fig. 12), connaît des crues pouvant atteindre 300 l/s pendant la saison des pluies alors que son module est de 140 l/s. Mais en raison

de l'étroitesse du bassin- versant, ses crues sont très brèves. Elles ne durent que quelques heures (JAMET, 1967).

Ce qui caractérise ces cours d'eau, c'est avant tout leur pérennité même durant la saison sèche. Cette permanence de l'écoulement s'explique par le mode d'alimentation de ces cours d'eau qui est faite à la fois par les pluies et la nappe souterraine, dont les sondages de la Société Hollandaise IWACO (International Water Supply consultants), réalisés en 1981, pour le compte de la Société Nationale de Distribution d'eau (SNDE), ont révélé la grande étendue. Ce rapport confidentiel, indique que la couche aquifère se développe à 30 m de profondeur et repose sur une couche peu perméable qui s'étend jusqu'à 100 à 140 m et surmonte la nappe aquifère profonde, épaisse de 20 à 30 m et à caractère artésien.

Une autre caractéristique importante des petits cours d'eau côtiers est le caractère trouble de leurs eaux, même en saison sèche. La Rivière Rouge précitée doit son nom à la couleur souvent rouge brique de ses eaux. Ce petit ruisseau, à l'instar des nombreux autres, est souvent chargé. Le dosage de la charge solide de deux échantillons prélevés en Septembre 1989 a donné 0,16 g/l en surface et 1,3 g/l en profondeur. Mais faute de données chiffrées sur les débits liquides de cette rivière, on ne peut estimer concrètement son débit solide. Mais cette charge en pleine saison sèche montre que le travail de ces cours d'eau reste permanent, en dépit d'un évident ralentissement pendant cette période.

Toutefois le travail de ces petites rivières côtières a sans conteste été plus important dans un passé qu'il convient de déterminer. Plusieurs faits de terrain permettent cette affirmation. Il s'agit entre autres de l'importance de certaines vallées dont l'ampleur contraste avec le gabarit des ruisseaux qui les drainent. La vallée de Ngouaboussi (Photo 2 planche IV) dont l'encaissement sur le plateau est d'environ 100 m, avec un fond de plus de 500 m de large n'est drainé que par un petit ruisseau dont le lit mineur n'a qu'environ 1 m de large en amont. Cet exemple constitue, avec d'autres, un fait géomorphologique qui révèle une action antérieure des rivières plus importante. Cette compétence plus grande du passé est également attestée par la nature de la charge que certaines rivières pouvait transporter. A l'exutoire du cirque de Diosso, sous le remblaiement découlant de son érosion, on observe des blocs de cuirasse que ne pouvait déplacer qu'un cours d'eau doté d'une compétence plus importante que celle de la rivière Matombi qui draine actuellement le cirque.

Ainsi, l'action actuelle des rivières dans le développement des cirques est déterminante puisque les cirques les plus actifs et les plus grands sont ceux drainés en permanence. Cette action, au vu des faits géomorphologiques de terrain, a de toute évidence été essentielle dans la genèse des cirques dont l'évolution est également influencée par le comportement des sols.

1 - 3 - CARACTERISTIQUES DU COMPLEXE SOL/SOUS-SOL.

La région est formée dans son ensemble de roches sédimentaires. Le niveau supérieur, décrit dans la première partie, est sableux à 90 - 95 %. Ceci devrait favoriser l'infiltration et réduire les ruissellements. Or ceux-ci sont particulièrement abondants et les caractéristiques des sables le justifie en partie.

La première caractéristique qui pondère la perméabilité des sables est l'augmentation en profondeur, de la teneur en argile. Celle-ci passe de 5 à environ 12% entre 15 et 100 cm de profondeur. D'autres paramètres tels l'état de surface contribuent à ralentir l'infiltration des eaux de pluie.

Quelques résultats de drainage vertical des sols, obtenus par expérimentations sur terrains sédimentaires et par analyses de laboratoires, en comparaison avec les valeurs définies par HENIN (1977) montrent en effet que nos sols ont, de manière générale, une perméabilité moyenne.

Ainsi, dans la région de Kinshasa au Zaïre, VAN CAILLIE, dans sa thèse (1983), a déterminé les valeurs : sables fins et peu argileux (10^{-3} cm/s) ; sable limoneux et limons sableux ou argile sableuse provenant de la décomposition des grès du Stanley-Pool et l'Inkisi (10^{-4} à 10^{-7} cm/s) ; argiles (10^{-7} cm/s) Pour CUSTANOV, cité par VAN CAILLIE (1983), les valeurs moyennes dans les formations sédimentaires sont : plus de 10 cm/s pour les terrains très perméables ; 10 à 10^{-4} cm/s pour les terrains moyennement perméables ; 10^{-4} à 10^{-7} pour les formations peu perméables et moins de 10^{-7} pour les milieux étanches. VAN CAILLIE (89-90), précise dans un article que les sols du Zaïre sont en grande partie, constitués de sables fins à moyens (K en laboratoire varie entre $4 \cdot 10^{-4}$ et $5 \cdot 10^{-2}$ cm/s, soit entre 144 et 360 mm/h). Dans les formations des versants qui sont sur les roches du secondaire, prédominant, selon la même étude, des sables fins avec une teneur en argile variant entre 5 et 30%. Ils ont une perméabilité moyenne (K en laboratoire varie entre $4 \cdot 10^{-4}$ et $5 \cdot 10^{-3}$ cm/s, soit 14,4 à 180 mm/h).

Les mesures de ce coefficient de perméabilité (K) effectuées au laboratoire par la méthode HENIN, sur quelques échantillons du bassin côtier congolais ont donné les résultats ci-après (Tab. 6).

Echantillons	Bmat1	Bmat5	Bmatc1	Bmatc2	GD1	GD2	Loa1	Tchb	Tcho	Mt.co	Côma	BII
1ère heure	85,15	79,2	14	9	60,46	3	13	15	15,15	28	9	3,11
2ème heure	76,29	70,98	13	8	67	1,5	13	12,5	14,5	26	8	2,9
3ème heure	81,74	74,94	14	7,5	56	1,55	13,5	13,5	14,5	26	8,25	3,11

Tabl. 6 Coefficient de perméabilité (K) de quelques échantillons : évolution durant trois heures

Ainsi au vu des données de la perméabilité (K), en comparaison avec les résultats de VAN CAILLIE, on peut placer les formations du bassin côtier dans la catégorie des sables moyennement perméables. En effet, tous les échantillons, même les formations très sableuses ont un coefficient moyen. L'échantillon Tch0 prélevé dans la sablière Tchimana (niveau supérieur des podzols) a près de 90% de sables fins à moyens. C'est aussi le cas des échantillons : M^L-C0 ; GD1 ; dont les caractéristiques granulométriques sont décrites dans la première partie. Ces formations majoritairement sableuses représentent le niveau supérieur de la série des cirques. Leur coefficient de perméabilité n'atteint pas 100 cm/h.

L'échantillon Bil a été prélevé à 1 m environ de profondeur sur les collines proches du Mayombe Sa granulométrie est fine, avec 13,4% d'argile et 5% environ de limons fins. et 51% environ de sables fins Son coefficient de perméabilité (3 cm/h) est le plus faible des formations superficielles des plateaux. Toutes ces données vont dans le sens d'un drainage vertical relativement faible pour l'ensemble des sols du bassin côtier.

Cependant, l'analyse des intensités pluviométriques décrites plus haut permet d'établir que la capacité d'infiltration théorique est rarement dépassée ici. Autrement dit, toute la masse d'eau pluvieuse qui tombe à la surface du sol devrait automatiquement s'infiltrer en raison de la capacité d'absorption des sols qui est plus élevée que les intensités pluviométriques enregistrées dans la région. Ce pouvoir naturel d'absorption devrait avoir pour avantage de modérer le caractère torrentiel des pluies et de réduire les ruissellements. Or les choses se présentent autrement ici car le ruissellement y est abondant et il est dû à plusieurs facteurs.

Le ruissellement s'explique avant tout, nous l'avons vu, par la succession à court terme, des pluies qui ne laissent pas au sol le temps de se ressuyer. Ceci a pour conséquence une humidité permanente dans les formations. Ceci se vérifie de façon empirique sur le terrain. Dans les savanes, dès qu'on enlève les 50 ou 60 premiers cm de sol qui ont un taux d'humidité pouvant atteindre 6% à sec, le matériel devient très humide même en saison sèche. Ceci lui confère une certaine cohésion, permettant de résister à l'éboulement même lorsqu'on y creuse des tranchées à pente abrupte. L'humidité du sol avant la pluie retarde, comme il a été dit plus haut, l'infiltration des eaux en profondeur.

Par ailleurs, on remarque que sur la majorité des échantillons le coefficient (K) subit une variation dans le temps. L'infiltration diminue en général au bout d'une heure pour reprendre la vitesse initiale une heure après.

Ce phénomène s'explique, d'après HENIN (1977), par le gonflement des colloïdes et par la dilution des sels flocculants contenus dans les formations. En effet, au contact de l'eau, les ciments argileux et humiques gonflent. Le gonflement peut-être suivi par la dislocation des agglomérats de terres, conduisant ainsi à la dégradation de la structure. La dislocation peut aller jusqu'à affecter l'assemblage élémentaire et conduire à la création de nouveaux aménagements qui se font au départ de la porosité disponible pour la circulation de l'eau, mais au détriment d'un accroissement de la cohésion de la terre. La mise en solution progressive des sels

minéraux entraîne, par la suite, la formation des nouveaux agrégats, car les sels minéraux fixent de nouveaux les argiles qui s'agglomèrent, créant ainsi une nouvelle aération du sol qui relance le drainage vertical (HENIN-1977).

Cela étant, les résultats obtenus ici permettent de mettre en évidence l'instabilité de la structure de ces formations. La kaolinite qui est le minéral argileux dominant ici, n'étant pas gonflant (MERIAUX, 1979), la diminution du drainage ne peut s'expliquer que par une réorganisation des particules. On note tout de même l'incapacité des sols à absorber continuellement l'eau de pluie. Cela est d'autant plus remarquable que certaines formations (TCHO ; M^TCo ; GD1), appartenant au niveau supérieur de la série des cirques, ont un coefficient de perméabilité K qui diminue de façon continue. Le ralentissement du drainage vertical dans ces formations accélère tout naturellement le ruissellement des eaux de pluie.

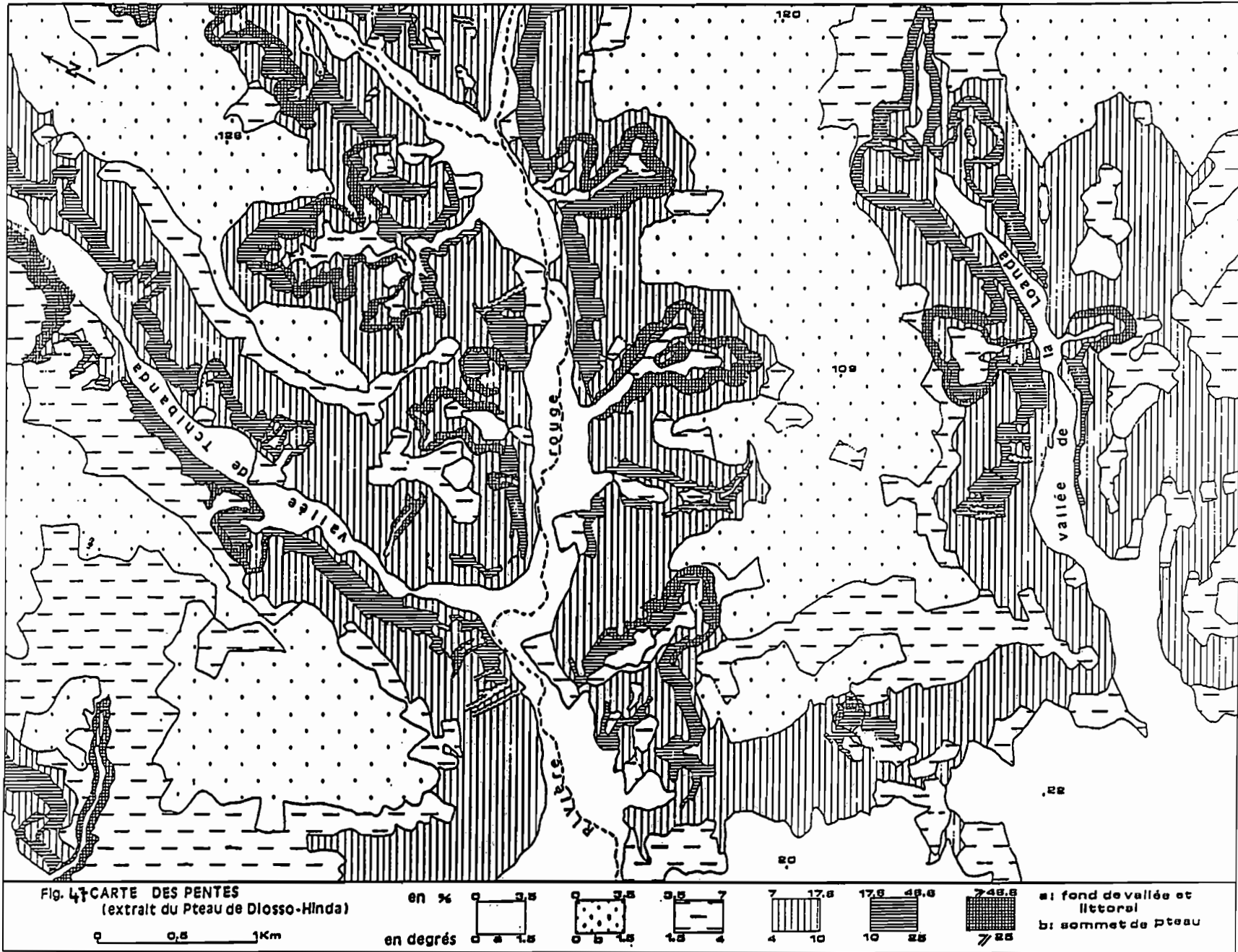
Le caractère filtrant des sols est, par ailleurs, contrarié par la présence, en profondeur, à certains endroits d'un niveau étanche. Dans la région de Diosso, la cuirasse ferrugineuse forme, en effet, un écran à la perméabilité profonde, ce qui augmente l'humidité des formations sus-jacentes à la cuirasse, réduisant ainsi leur capacité d'absorption. Dans d'autres secteurs, le niveau étanche est représenté parfois par une couche sédimentaire imperméable, généralement de l'argile dont le caractère plastique rend particulièrement difficile le drainage vertical. C'est le cas pour la plupart des arêtes centrales des gorges de Diosso. Ces formes en saillies, plus ou moins massives, fortement amenuisées par l'érosion ont été débarrassées de la cuirasse qui ne subsiste plus qu'en surface sous forme de pavage grossier. Dans la coupe de ces lambeaux de plateaux, la couche supérieure est très sableuse et perméable et elle surmonte un niveau plus argileux et moins perméable.

On comprend dès lors pourquoi le ruissellement est très abondant sur les plateaux de l'arrière-pays de Pointe-Noire. Celui-ci est d'ailleurs accentué par d'autres paramètres intrinsèques au milieu.

1 - 4 - IMPACT DE LA PENTE.

L'influence de la pente sur l'érosion est bien connue des géomorphologues. La pente intervient par sa valeur, c'est-à-dire par l'importance de l'inclinaison ; par la longueur du versant incliné et par la forme de la pente.

L'érosion augmente de façon exponentielle en fonction de la valeur de la pente. (DULEY et HAYS, 1933 ; ZINGG, 1940 ; BORST et WOUDBURN, 1949), tous cités par ROOSE (1977), dont les résultats de vingt années de mesure de l'érosion en petites parcelles expérimentales en Afrique de l'ouest, arrivent au même constat. TRICART (1974) et RIOU (1990) ont observé également le même phénomène en Amérique latine.



Faute d'études et de mesures expérimentales l'influence de la pente n'a été appréciée ici que qualitativement grâce à de nombreuses observations de terrain.

Sur le plateau de Diosso-Hinda, les cirques et les formes de ravinement actuels et anciens s'observent sur le talus et les versants des vallées. La fig. 47 représente les pentes d'une partie du plateau de Diosso, plus précisément de la région des vallées de la Rivère Rouge et de la Loanda au nord de Pointe-Noire. Ce secteur est très représentatif des caractéristiques topographiques de ce plateau. Ainsi, l'observation de la carte des pentes révèle que les cirques actuels aux pentes plus redressées s'emboîtent dans des formes moins pentues ce qui indique que l'érosion a tiré profit d'un vallonnement antérieur.

Par ailleurs, les versants dont les pentes atteignent 25° soit environ 47%, ont un profil en général convexo-concave (fig. 48). Le ravinement actuel et subactuel s'observe surtout sur les sections sommitales convexes, c'est-à-dire sur des pentes de 4 à 10° et surtout de 10 à 25° . C'est plus précisément au milieu de la section convexe, de part et d'autre d'une ligne d'inflexion de la pente.

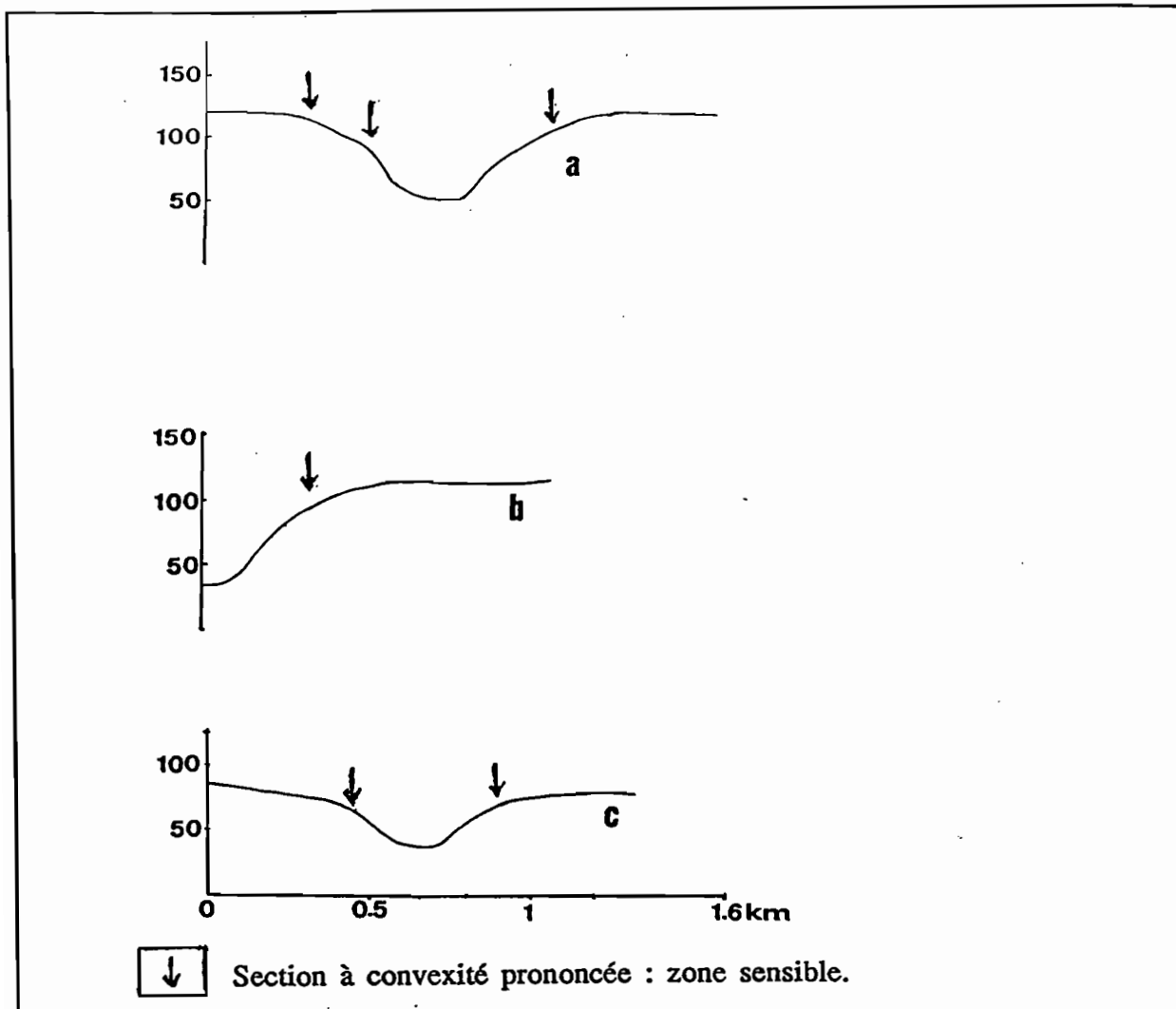


Fig. 48 Profils de des versants de la Loanda (a, c) et de Tchibanda (b)

La valeur de la pente et sa forme convexe influencent ici de façon considérable l'action de l'érosion, comme on le remarque sur les photos de 3 à 6 de la planche II. Pour WISCHMEIER (1974), à pente moyenne égale, une section concave diminue les transports solides (sédimentation localisée), tandis qu'une section convexe l'augmente en fonction de l'inclinaison de segment le plus pentu.

Toutefois, le facteur topographique dépend à la fois de la nature du sol et de l'état de recouvrement de la surface du sol par la végétation

1 - 5 - ROLE DU COUVERT VEGETAL

De nombreuses mesures de l'érosion montrent que les sols nus sont plus exposés à l'érosion que les sols sous couvert végétal et que la forêt protège mieux les sols que la savane.

Les résultats expérimentaux de ROOSE (1977) à Adiopodoumé (Côte-d'Ivoire) montrent que l'érosion sur sol nu passe de 60 à 138, puis à 570 t/ha/an pour des pentes respectives de 4,5%, 7% et 23%. Sous forêt, l'érosion évolue de 0,0 à 0,03 puis à 0,1/ha/an pour les mêmes pentes. AVENARD et ROOSE (1972) signalent dans la même région de Adiopodoumé, que même certains versants de plus de 65% (33° environ), sous forêt secondaire résistent à l'agressivité des pluies. Sous savane arborée, les pertes en terre sont à peine de 0,2 à 0,9 t/ha/an. Les travaux de VAN CAILLIE (1990) sur les collines de Kinshasa stipulent que le rôle de la pente est fondamental lorsque le sol est dénudé.

Les ruissellements dont dépend largement l'érosion sont très faibles voire négligeables sur sol couvert. Les mesures de ROOSE (1977) en Côte-d'Ivoire donnent un ruissellement moyen de 0,6% sur des pentes de 13° sous forêt et des ruissellements de 0,2 à 8% sous savane arborée.

Dans l'arrière-pays de Pointe-Noire, les ruissellements, responsables du ravinement sont plus marqués dans les savanes. Le premier facteur explicatif de cette localisation est le recouvrement très lâche du sol par les touffes d'herbes. Comme la photo 1 de la planche IV l'illustre bien, les graminées laissent environ 50% d'espace dénudé entre elles. C'est à travers ce réseau de touffes d'herbes que s'organise le ruissellement responsable, soit du décapage superficiel, soit du ravinement profond. Cette faible occupation de l'espace est plus marquée durant la saison sèche où la plupart des savanes sont détruites par les feux de brousse. Il en résulte une réduction de la partie aérienne des feuilles de graminées qui joue en temps normal un rôle d'écran, intercepteur des gouttes. Les premières pluies d'octobre tombent, ainsi, sur des savanes largement éclaircies. Les gouttes de pluie atterrissent ainsi directement sur 50% environ de sol dénudé notamment vers les sommets d'interfluves où les graminées sont plus rabougries.

Par ailleurs, même lorsque le feuillage est suffisamment dense, le ruissellement reste abondant à cause des vides entre les touffes d'herbes, où s'accumulent et circulent les pluies interceptées par les graminées. Sur les versants pentus se créent alors des chenaux d'écoulement linéaire qui attirent et concentrent les ruissellements responsables du ravinement décrit précédemment.

Outre la discontinuité dans la couverture du sol, le ruissellement est amplifié ici par d'autres paramètres. Il s'agit essentiellement des lichens, des mousses et des algues diverses qui pendant la saison humide, recouvrent le sol d'un enduit protecteur qui augmente le ruissellement. Ce phénomène connu des chercheurs (TRICART, 1974 ; RIOU, 1990), est

remarquable dans les savanes du bassin côtier congolais.

Un autre facteur amplificateur du ruissellement, observé dans la région, est le système racinaire des graminées. En dépit de leur faible occupation du sol, les graminées répartissent leurs racines dans les horizons superficiels du sol. Les racines des herbes voisines s'entrecroisent et créent un feutrage superficiel qui non seulement réduit les infiltrations au profit des ruissellements mais protègent également le sol en le fixant. Ce facteur, décrit par BALDY (1986) constitue, de ce fait, une des explications au faible ravinement des versants en dépit de l'abondance des ruissellements. Une étude expérimentale permettrait de mieux cerner ce paramètre.

En dépit de l'importance du ruissellement, il importe de noter que le ravinement reste tout de même faible sur ces versants. Les ravines actuelles les plus remarquables sont localisées dans les forêts d'Eucalyptus et sont liées à cette mise en culture des sols. Sous savane, les griffures profondes d'érosion sont relativement anciennes et figées mais elles sont relativement abondantes. La présence de ces marques anciennes de l'érosion sur presque tous les versants est la preuve que le climat a été "plus propice" à l'érosion qu'aujourd'hui. Les traces de l'érosion actuelle sur les versants sous savanes sont très superficielles. Il s'agit principalement du décapage par érosion diffuse qui a engendré les formes déjà décrites (photos 5 et 6 planche II).

En somme, le contraste qui existe entre l'abondance du ruissellement et la faiblesse du ravinement, s'explique certainement en partie par le système racinaire des graminées qui fixe le sol.

La forêt naturelle est peu répandue sur les plateaux et même sur les versants des vallées. Il est donc difficile d'apprécier son action dans la dynamique actuelle liée au ravinement. Dans quelques massifs forestiers localisés sur les versants, on observe localement et ponctuellement des traces d'érosion actuelle.

Le processus le plus remarquable observé sur le terrain reste cependant, le décrochement de versant sous forêt, décrit plus haut (planche II, Photo 7).. L'action de la forêt est surtout appréciée dans les cirques d'érosion où elle est très étendue et où elle joue un rôle essentiellement protectrice lorsque l'action de l'homme l'épargne.

2 - FACTEURS ANTHROPIQUES

2 - 1 - QUELQUES INDICATIONS BIBLIOGRAPHIQUES SOMMAIRES.

L'action de l'homme occupe une place considérable dans les phénomènes d'érosion. En Afrique "le facteur anthropique des feux de brousse dessèche le sol, déshydrate les oxydes de fer, peptise et cuit les argiles qui perdent leur propriétés plastiques. La résistance du sol au ruissellement est diminué et sa perméabilité décroît" (TRICART, 1974). L'influence des feux de brousse sur les phénomènes d'ablation des sols sur versant sous savanes a été démontrée à Bouaké (Côte d'Ivoire), sur une parcelle expérimentale par AVENARD et ROOSE (1972).

La mise en culture des sols tropicaux constitue une épreuve périlleuse. En Côte d'Ivoire, dans les savanes humides situées entre la frange côtière et la zone semi-aride, "toute mise en culture, fut-elle manuelle, entraîne des dégradations structurales superficielles, facteurs de ruissellement" (VALENTIN et JANEAU, 1990). C'est ainsi qu'à Dabou (basse Côte-d'Ivoire) les premiers défrichements effectués dans les savanes pour des plantations d'hévéas ont déclenché une vague d'érosion violente sur des pentes ne dépassant pas 5% (TRICART, 1974). Par ailleurs, les techniques traditionnelles de buttage et de billonnage pratiquées couramment dans les savanes et dans les forêt défrichées des pays chauds, sont dangereuses car, si, théoriquement, elles augmentent la surface d'infiltration du sol (donc en principe diminuent le ruissellement), elles augmentent également la pente moyenne du terrain, et par conséquent l'érosion qui croît de façon exponentielle avec la pente (ROOSE, 1977).

2 - 2 - L'ACTION ANTHROPIQUE ET SON IMPACT DANS LA REGION ETUDIEE.

L'activité agricole est, dans l'arrière-pays de Pointe-Noire, un facteur de dégradation des sols. Dans le cadre de la dynamique actuelle, le travail de l'homme provoque, d'une part le déclenchement du ravinement sur les versants, et d'autre part, il maintient sans le vouloir l'érosion dans les cirques actifs.

Le travail de l'homme intervient à la fois par la pression démographique et par les techniques agricoles.

2 - 2 - 1 - La pression démographique.

La pression démographique est d'abord liée au gonflement de la population de la ville de Pointe-Noire par l'exode rural. En effet, sur une population régionale estimée à environ 443000 habitants, environ 300.000, soit près de 70% des habitants de la région côtière vivent à Pointe-Noire. (OYOMBA, 1991). La population de Pointe-Noire n'était que de 19.200 au recensement de 1949 et de 156.105 au recensement de 1974. Celle de la région (hors Pointe-Noire) est passée, durant les mêmes années de 42.275 à 56853 habitants. La population de Pointe-Noire a été ainsi multipliée par 16 entre 1949 et 1990 alors que celle du reste de la région ne l'a été, durant la même intervalle de temps, que par 3 seulement. Cette concentration rapide de la population dans l'agglomération ponténégrine au détriment du reste de la région a provoqué l'augmentation de l'activité agricole dans les campagnes périphériques de la ville.

En effet, dans l'arrière-pays de Pointe-Noire, sur un rayon de 20 à 25 km, l'agriculture est assurée à la fois par les paysans et les populations résidant à Pointe-Noire. Cette catégorie d'agriculteurs formée par les citadins augmente la pression sur les sols. Toutes les forêts galeries de fond de vallée, situées entre Pointe-Noire et Mengo par exemple (fig. 49), sont exploitées par des résidents de Pointe-Noire.

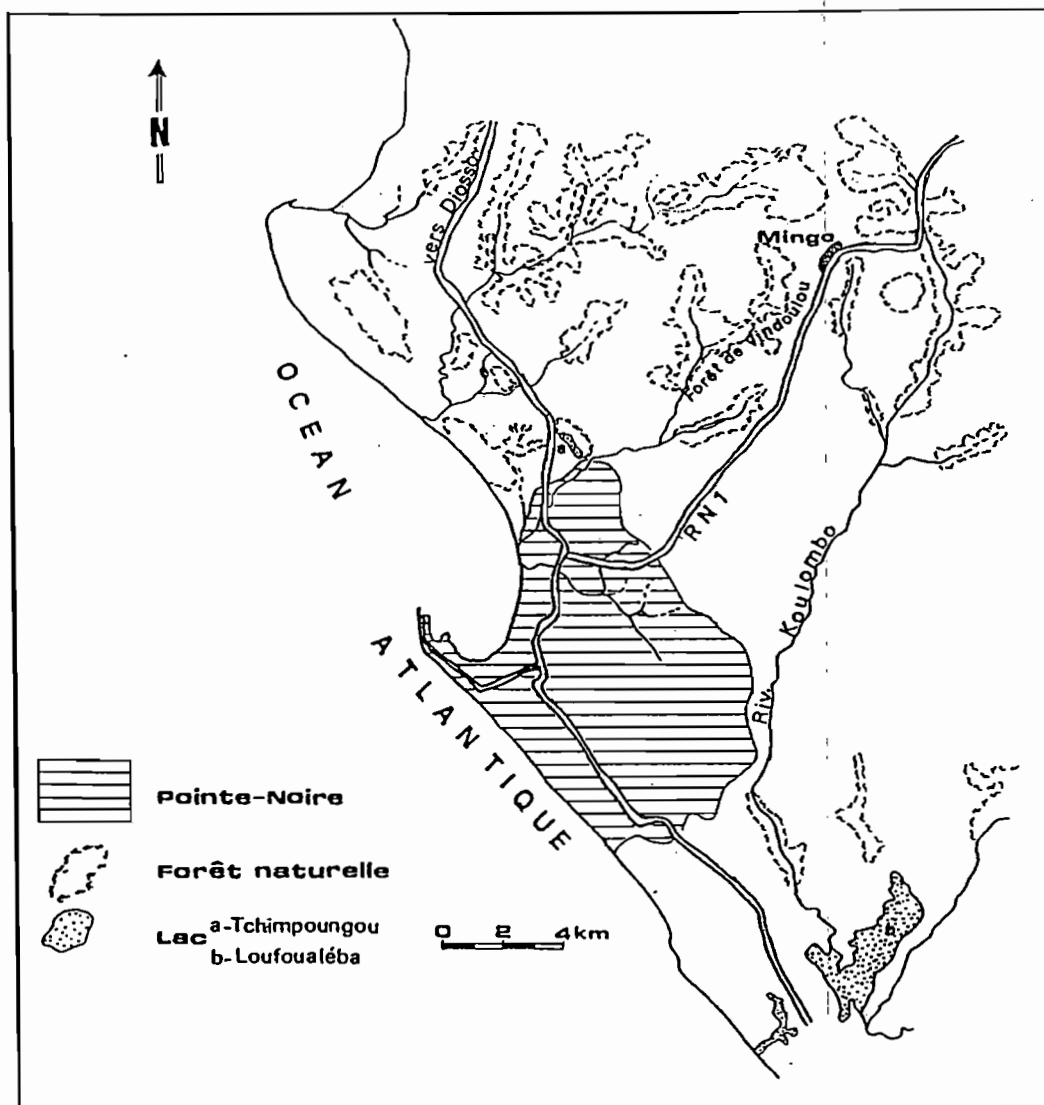


Fig. 49 Localisation de quelques forêts galerie au nord de Pointe-Noire

Cette situation, tout à fait nouvelle, est principalement liée aux difficultés économiques de Pointe-Noire, unique ville de la région. En effet, le chômage est à l'origine d'un mouvement de retour des populations vers les campagnes surtout proches de Pointe-Noire. Les conséquences de ce mouvement de retour sont naturellement l'augmentation des activités liées à la forêt comme la fabrication du charbon de bois et principalement l'agriculture.

Mais l'augmentation des activités agricoles est aujourd'hui favorisée par le droit foncier devenu assez permissif dans la région côtière. En effet, pendant longtemps, l'accès aux ressources naturelles y compris l'exploitation agricole, de cette région, n'était pas libre pour toute personne étrangère au clan. Il nécessitait une autorisation spéciale délivrée par la collectivité, par l'intermédiaire du chef de terre ou chef de clan (VENNETIER, 1968 ; NGUIGUIRI, 1988). Cette autorisation, qui n'était en fait qu'une permission verbale, donnée devant témoins, moyennant le paiement de tributs ou redevances foncières, interdisait

l'exploitation de certains sites tels que le fond de certains cirques, considérés comme des sanctuaires destinés aux cérémonies rituelles. Ainsi, le droit foncier limitait indirectement, à travers ces restrictions, l'activité agricole.

Aujourd'hui, toutes ces pratiques fonsières sont presque tombées en désuétude. Ceci en raison, d'une part, d'une loi de la république qui, depuis 1970 proclame la terre comme propriété de l'état et rend son exploitation libre pour tout citoyen congolais, d'autre part, en raison de la disparition ou de l'affaiblissement du système clanique qui fait perdre aux ayants droit toute maîtrise de leur patrimoine.

Ces facteurs sont, ainsi, à l'origine d'une légère augmentation des densités rurales de certains villages proches de Pointe-Noire. C'est le cas de Matombi, de Loango et de Tchilassi, autour du cirque de Diosso (Tabl. 7). Cette hausse de la population rurale est à l'origine de la pression observée sur les sols du fond de cirque de Diosso. On a noté dans ce même cadre la naissance de plusieurs nouveaux villages parfois enclavés et dont l'activité est exclusivement tournée vers le défrichement des forêts.

Année	Diosso			Loango			Matombi			Tchilassi		
	H	F	Tot.	H	F	Tot.	H	F	Tot.	H	F	Tot.
1974	346	404	750	77	111	188	47	30	77	28	24	52
1984	296	366	662	250	251	501	83	74	157	79	52	131

Tabl. 7 Evolution de certains villages autour du cirque de Diosso

La pression exercée sur les sols est aussi liée à la concentration de l'activité agricole sur les sols forestiers. En effet, les sols de savane, pour des raisons sans doute de fertilité, sont très peu utilisés pour l'agriculture. Les paysans de la région côtière préfèrent les sols forestiers auxquels ils reconnaissent une plus grande fertilité.

Enfin, la culture des forêts artificielles d'Eucalyptus dans les savanes réduit davantage les espaces pour l'agriculture traditionnelle.

C'est ainsi que les fonds de cirques, seuls sites forestiers, sont l'objet d'une spéculation qui se manifeste par une surexploitation des mêmes terrains avec une réduction extrême (2 à 3 ans) de la durée de la jachère. Le besoin en sol est tel qu'on laisse très peu de temps à la forêt pour acquérir une maturité suffisante et on cultive même les surfaces très pentues (photos 3, 4, 6 et 7 de la planche IV).

En somme la pression exercée sur les sols, dans l'arrière-pays de Pointe-Noire, à cause de l'activité agricole est le fait du nombre d'agriculteurs qui paraît élevé par rapport aux espaces exploitables et surtout de la concentration de cette activité sur les sols forestiers. Mais pour le moment l'érosion anthropique est plus liée aux techniques agricoles qu'à la pression démographique.

2 - 2 - 2 - LES TECHNIQUES AGRICOLES.

Deux types d'activités peuvent contribuer potentiellement à l'accélération de l'érosion dans la région. Il s'agit de l'agriculture traditionnelle et de la culture mécanisée des forêts artificielles d'Eucalyptus.

L'agriculture traditionnelle pratiquée essentiellement sur des sols forestiers, est l'un des responsables de l'érosion anthropique. Son action est aujourd'hui, en partie, responsable du maintien de l'érosion dans les cirques. Essentiellement itinérante sur brûlis, l'agriculture artisanale comporte trois phases principales ayant chacune des risques.

Les défrichements, pratiqués durant la saison sèche, détruisent la couverture forestière protectrice et laissent le sol au contact direct de la pluie pendant les premiers mois de la saison des pluies. Les labours qui suivent, modifient, à travers les retournements des mottes de terre, la structure du sol et mettent en place une formation très affouillable. Enfin le buttage et le billonnage créent, à travers les couloirs laissés entre les monticules qui portent les cultures, des espèces des rigoles empruntées par les eaux de ruissellement.

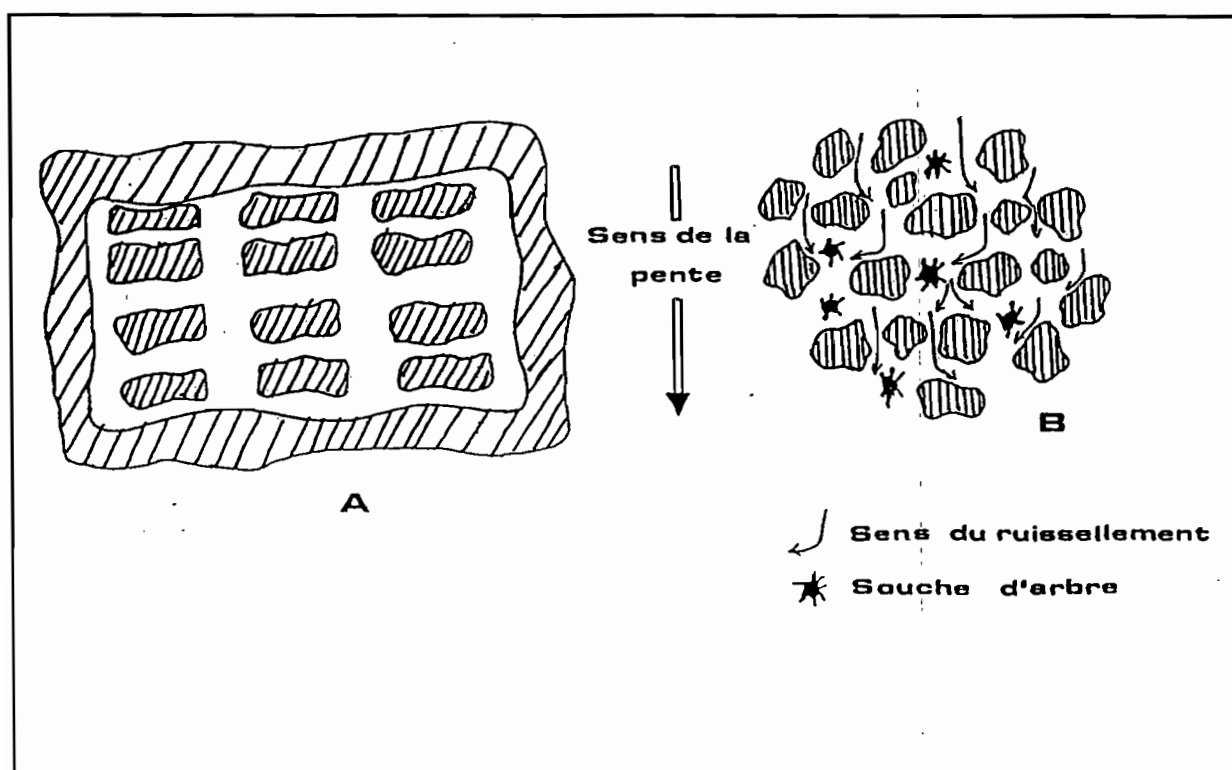


Fig. 50 Disposition schématique des billons dans un champ de savane (A) et des buttes dans un champ sous forêt défrichée

Il faut préciser que dans les savanes on édifie généralement des billons dont la hauteur (50 à 60 cm) est plus grande que celle des buttes des champs forestiers. Ici, la tendance est à l'alignement des billons qu'on entoure d'un autre plus long, servant de rempart (fig. 50 A) aux ruissellements, lorsque le site cultivé est pentu. Dans les champs forestiers, la disposition

des buttes est plus désordonnée (fig. 50 B). Elle dépend de l'emplacement des souches d'arbres. Plus il y en a, moins il y aura de buttes, car il faut les éviter.

Cette méthode est périlleuse car, disposés sur les versants, les buttes et billons ne constituent plus un obstacle aux ruissellements, dans des conditions de pluies exceptionnelles.

Le deuxième type d'activité anthropique, liée à la plantation mécanisée des forêts artificielles d'Eucalyptus, est apparemment plus génératrice d'érosion actuelle. Il faut rappeler que depuis 1978, l'Unité d'Afforestation Industrielle du Congo (UAIC), une société mixte, réalise sur les plateaux côtiers des programmes de plantations clonales d'Eucalyptus et de Pins. Ces programmes de reboisement des savanes, menés selon les techniques de sylviculture intensive, ont été mis au point par la recherche forestière avec l'aide du FAC. .

Les techniques sont 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 un rapide enherbement qui met en place un tapis herbacé très dynamique qui recouvre la surface du sol avant les premières grandes averses. La disposition du parcellaire sur les versants se fait selon les courbes de niveau et les pentes supérieures à 10° (17%) ne sont presque jamais occupées. Toutes ces dispositions devraient en principe protéger les terres labourées de l'érosion.

Mais on observe localement des signes de dégradation des sols par ravinement sur les versants. Il s'agit des traces de décapage superficiel et aussi, par endroit, des ravinelements profonds. Les formes décrites précédemment (photos 3, 4 et 7, planche II) sont des exemples probants des conséquences de cette activité. On dénombre d'autres ravines dans ces plantations. En effet, plusieurs paramètres engendrent des phénomènes d'érosion que la compagnie essaie d'enrayer par de multiples interventions. Les facteurs responsables de l'érosion sont entre autres : les labours qui non seulement arrachent les herbes, système naturel de protection, mais aussi rendent les particules du sol facilement détachables ; les traces des roues des engins laboureurs créent parfois des couloirs préférentiels qui canalisent l'eau de ruissellement ; enfin, occupant parfois tout le versant, la longueur des champs, donc des rigoles, est un paramètre qui donne au ruissellement une plus grande agressivité.

Ainsi, en dehors de ces marques encore très localisées de l'érosion, ces forêts artificielles réduisent dangereusement les espaces cultivables. En effet, en dépit de l'absence généralisée de l'activité agricole dans les savanes, il y existait, de façon ponctuelle, des champs divers qui ont été remplacés par les Eucalyptus. C'est par ce fait que cette activité est en partie responsable de la pression actuelle exercée sur les forêts naturelles.

Cependant, les plantations d'Eucalyptus ont également des avantages sur le plan géomorphologique. Outre les intérêts économiques liés à l'exploitation des savanes qui, selon les paysans, sont presque impropres à l'agriculture, les forêts artificielles apportent une solution

au problème posé par le déboisement lié à la prise du bois de chauffe, car toutes les branches et les écorces des eucalyptus sont laissées aux paysans.

Néanmoins, une étude plus fine des relations entre cette activité et l'érosion serait très intéressante à entreprendre.

CONCLUSION

Plusieurs facteurs déterminent l'érosion actuelle sur le terrain. En dépit de l'absence des études expérimentales plus précises, on peut retenir que le ruissellement est le facteur principal de l'érosion. Celui-ci est particulièrement abondant sur les versants du bassin côtier, en dépit d'une bonne perméabilité des formations. Le ruissellement s'explique principalement par une grande répétitivité des pluies. Il pleut en moyenne entre 120 et 126 jours par an et un jour sur deux durant la saison des pluies. A ce rythme, le sol n'a pas le temps de se ressuyer entre deux pluies. Ceci favorise le déclenchement presque instantané du ruissellement. A ce paramètre, auquel il faut ajouter les intensités remarquables, s'ajoutent d'autres propres au milieu. Il s'agit principalement de l'état de surface qui présente, à de multiples endroits, des plaques de mousse ou de lichens imperméables et la couverture très discontinue du sol par la végétation.

Mais les ruissellements, bien qu'étant abondants, ne durent pas longtemps après l'arrêt de la pluie. L'eau s'infiltré complètement quelques minutes après l'arrêt de la pluie presque aussitôt. Les ruissellements ne sont pas, en outre, érosifs partout. Ils le sont surtout sur les versants pentus des vallées dont la multiplication est également remarquable dans l'arrière-pays de Pointe-Noire. C'est la pente des versants qui donne au ruissellement son caractère agressif. Là encore, il faut tirer plusieurs leçons.

D'abord, les grandes ravines produites d'un trait sont le résultat des pluies exceptionnelles, dont les caractéristiques sont à déterminer par des études expérimentales.

Ensuite, les traces récentes ou actuelles de ravinement profond s'observent surtout dans les forêts d'Eucalyptus, rendant ainsi cette activité, économiquement avantageuse, responsable d'un ravinement relativement intense mais qui reste également à étudier. L'érosion déclenchée par les activités de l'UAIC n'est pas, toutefois, la plus inquiétante, dans la mesure où la compagnie, soucieuse de la rentabilité de son entreprise met les moyens nécessaires pour endiguer le phénomène.

Enfin, les ravinements superficiels, les plus répandus sur le terrain, sont relativement anciens.

Les conditions actuelles n'expliquent donc pas les cirques d'érosion même si elles contrôlent leur développement actuel. Autrement dit, les cirques sont des héritages du passé, résultant des conditions différentes de celles d'aujourd'hui.

La réflexion sur la question relative à l'âge des cirques passe par l'analyse de l'aspect quantitatif de la dynamique des cirques. Cet aspect est étudié dans la troisième partie.

PLANCHE IV

1 2

3 4

5 6

7 8

1: Faible recouvrement des graminées dans la savane

2: Vallée de Ngouamboussi, son ampleur contraste avec le petit ruisseau temporaire qui la draine: c'est un héritage du quaternaire.

3: Champ en préparation sur le versant. Après défrichage, le feu a dévoré le reste.

4 et 6: Mise en culture des versants pentus

5: Mise en culture du fond de l'amphithéâtre de la Loanda.

7: Mise en culture de la petite reculée qui naît au sud du cirque de Diosso.

8: Paroi du cirque de Diosso.



PLANCHE IV

Troisième partie

ETUDE D'UN CAS : LE CIRQUE DE DIOSSO.

INTRODUCTION

Cette partie tente principalement de quantifier la dynamique évolutive des cirques et vient donc en complément de l'analyse préalable des mécanismes de cette évolution.

Quantifier l'agrandissement d'un cirque revêt un double intérêt. Cela permet :

- d'une part de fixer un ordre de grandeur pour la vitesse même de cette évolution, ce qui nous autorise à replacer la dynamique du cirque dans une échelle de temps plus large et à faire des extrapolations sur son âge.

- d'autre part, de poser le problème de son aménagement.

Une étude quantitative de plusieurs cirques eut été évidemment la plus intéressante. Mais la photogrammétrie, choisie comme moyen de mesure, est une technique lente et astreignante qui nous a conduit à limiter l'étude au seul cirque de Diosso.

Les critères les plus importants qui ont conduit à ce choix sont :

- les dimensions remarquables du cirque d'environ 6 km² et sa complexité morphologique, caractérisée par un contour polylobé et surtout un compartimentage de son plancher ;

- son ouverture directe sur l'océan et l'existence d'un niveau macro-organique fossilisé, dont la datation fournit des repères supplémentaires pour la reconstitution paléogéomorphologique du cirque.

- enfin, ce cirque est, parmi les plus grands, celui qui est couvert par plusieurs missions de photographies aériennes dans l'arrière-pays de Pointe-Noire. Il est en outre facile d'accès, sur un axe important de communication (fig. 1).

Cette partie comprend trois chapitres Le premier (Chapitre 7) présente le cadre géomorphologique du cirque ; le deuxième (Chapitre 8) traite de son évolution chronologique et le troisième (Chapitre 9) est une réflexion générale sur les moyens de lutte anti-érosive.

CHAPITRE VII

LE CADRE GÉOMORPHOLOGIQUE GÉNÉRAL

1 - DESCRIPTION TOPOGRAPHIQUE

Par ses dimensions et ses caractéristiques topographiques, le cirque de Diosso est l'exemple type du cirque composé.

Son dessin d'ensemble en plan est grossièrement arqué mais sa paroi bordière, très escarpée, est polylobée (fig.51). Ses dimensions sont d'environ 4 km suivant un axe nord-ouest, sud-est et de 2,5 km suivant son grand axe nord-est, sud-ouest.

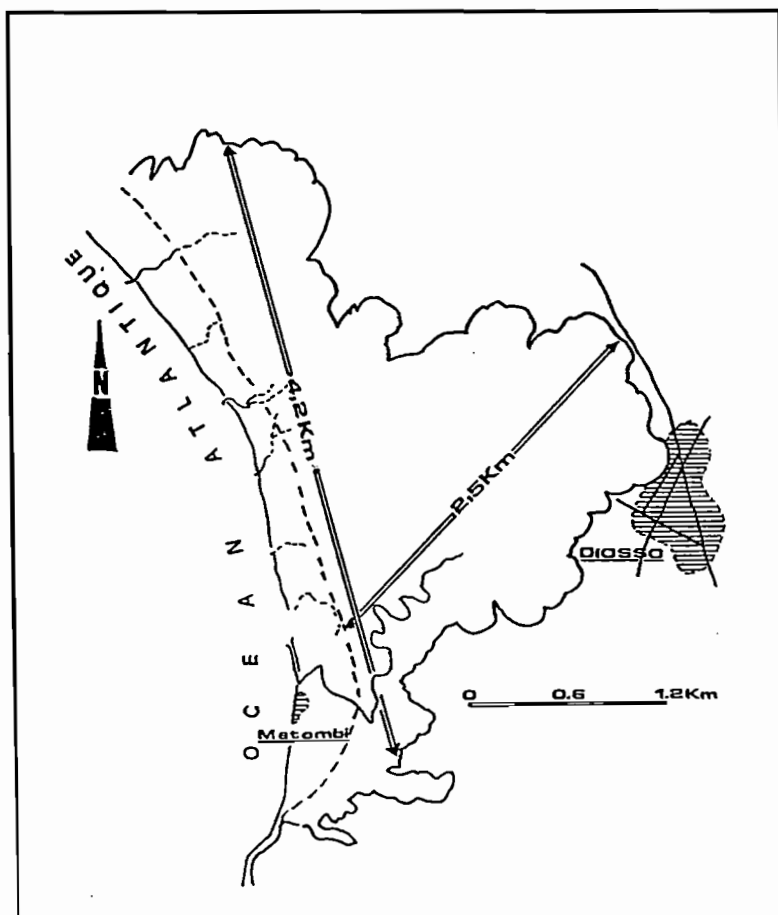


Fig. 51- Formes et dimension du cirque de Diosso
(Les limites des villages ne sont pas à l'échelle)

Le fond de l'amphithéâtre ne se présente pas de manière uniforme. A proximité des parois bordières, le cirque est encore coupé par de multiples arêtes étroites, dans le prolongement des lobes précités. Tandis que dans la partie centrale, le modelé en creux est plus ample, plus évasé. Là, le plancher du cirque n'est plus encombré que de simples ondulations. Les profils en travers de ce cirque sont ainsi à concavité plus ou moins accusée suivant que le transect rejoint directement le plancher, 60 ou 80 m plus bas en moyenne (fig. 52 a) ou bien descend le long d'une de ces crêtes (fig. 52 b).

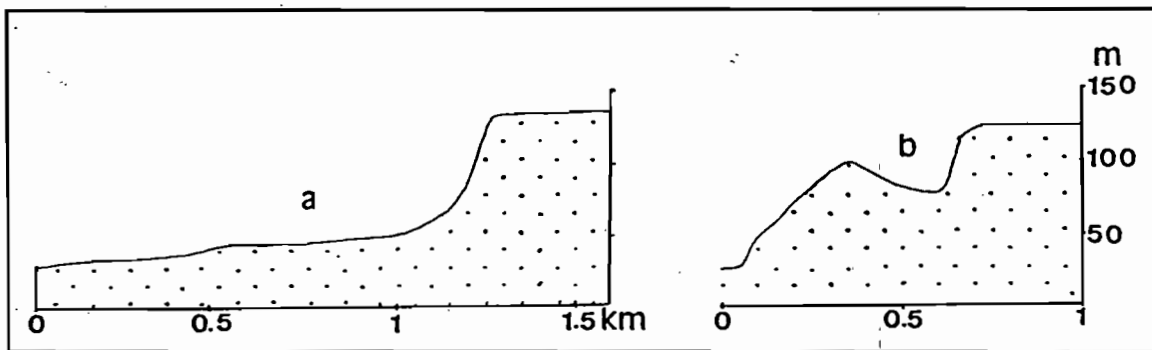


Fig. 52- Profil de la paroi bordière au niveau d'un lobe (a) et à la hauteur d'une arête centrale(b)

Si l'unité du cirque n'est pas contestable pour l'observateur, ce dernier se présente ainsi dans le détail comme une coalescence de ravins semblables mais indépendants dans leur fonctionnement. D'ailleurs, on observe encore localement, comme dans la partie sud (fig. 53) des reculées, petites à l'échelle de l'appareil, mais de plusieurs centaines de mètres de long, tout de même, qui se distinguent de l'ensemble. A l'intérieur du cirque subsistent également des bourrelets de terre dont les rebords sont attaqués par l'érosion actuelle mais dont la surface, complètement recouverte de végétation est figée.

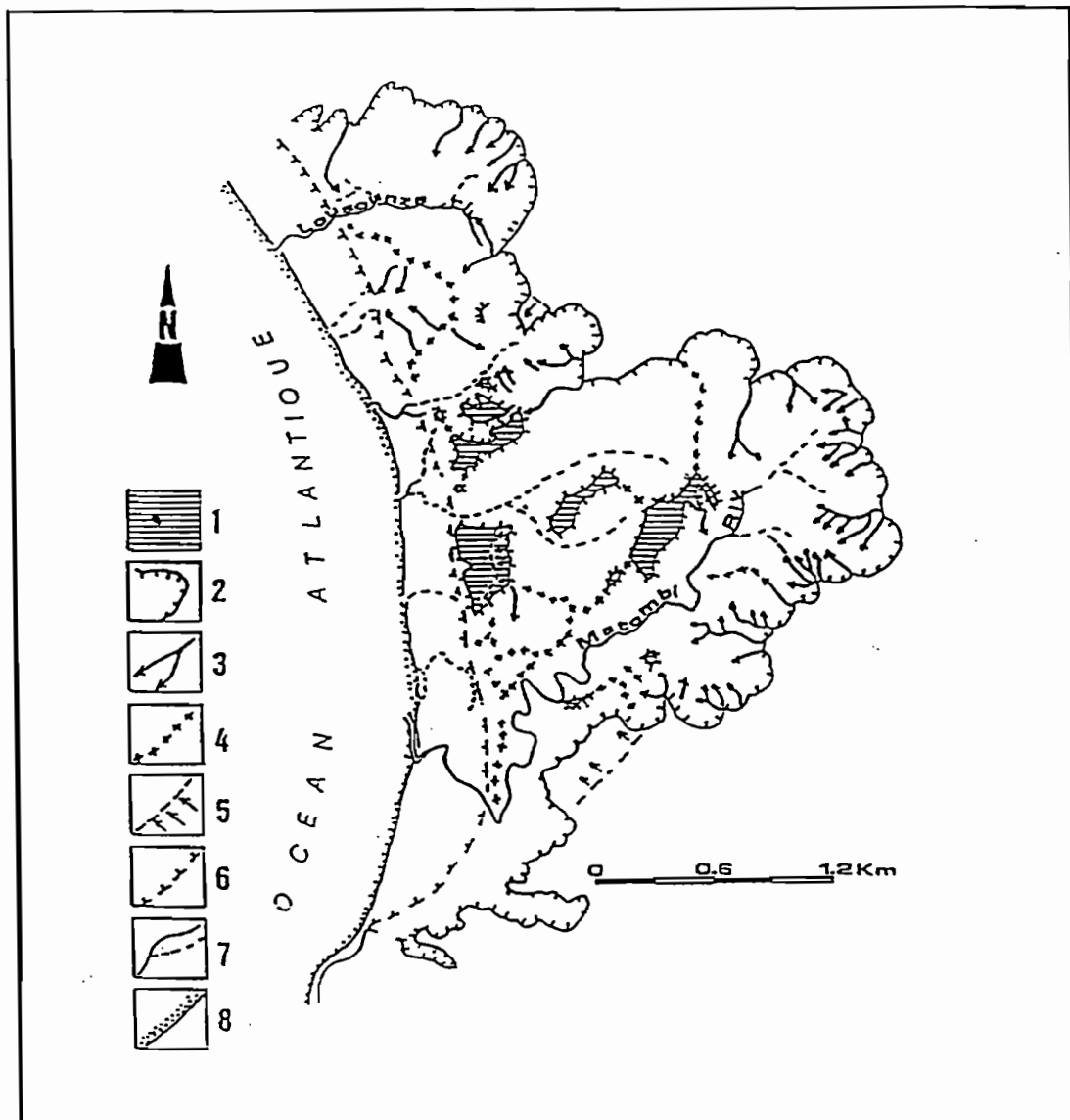


Fig.53- Le modelé central du cirque de Diosso.

Ces caractéristiques topographiques sont l'illustration d'une évolution complexe. Elles sont manifestement la trace des différentes érosions régressives qui, sans doute de façon plus ou moins cyclique, ont prévalu antérieurement et actuellement. Ce modelé est recouvert par différents types de végétation dont nous donnerons une description précise parce qu'elle joue un rôle de premier ordre.

2 - EVOLUTION DE LA VÉGÉTATION DANS LE CIRQUE

La végétation du fond de ce cirque est la mosaïque forêt-savane décrite sur l'ensemble de la région mais avec cependant une nette prédominance spatiale de la forêt.

Constituée d'espèces courantes dans toute la zone, herbacées comme *Loudetia arundinacea*, *Andropogon schirensis*) ou arbustives (*Annona senegalensis*), la savane occupe la bande littorale à la sortie du cirque et la surface des lambeaux de plateau au coeur de l'amphithéâtre. La forêt est à tendance mésophile, assez anthropisée. Elle comprend entre autres : *Symphonia globulifera*, *Manilkara abovata*, *Piptademastrum africanum* (CUSSET-1989, DOWSETT-LEMAIRE-1991).

Le cirque de Diosso illustre de façon démonstrative le caractère transgressif de la forêt sur la savane. L'étude comparative des photographies aériennes de 1960 et de 1981 montre, en effet, une nette progression de la forêt. En 1960, celle-ci est partout bien circonscrite à l'intérieur du cirque. En 1981, elle recouvre à plusieurs endroits la paroi du cirque et va à la conquête du plateau (fig. 54). Les observations de terrain, faites en 1992, montrent une emprise forestière encore plus nette sur le plateau. C'est le même constat pour les lambeaux de plateau à l'intérieur du cirque. On trouve ainsi des *Annona arenaria* dans la forêt qui colonise un de ces bourrelets de l'intérieur du cirque. Or cette espèce ne peut germer et croître qu'en savane. Sa présence en savane témoigne ici de son caractère relictuel, et de la progression rapide de la forêt.

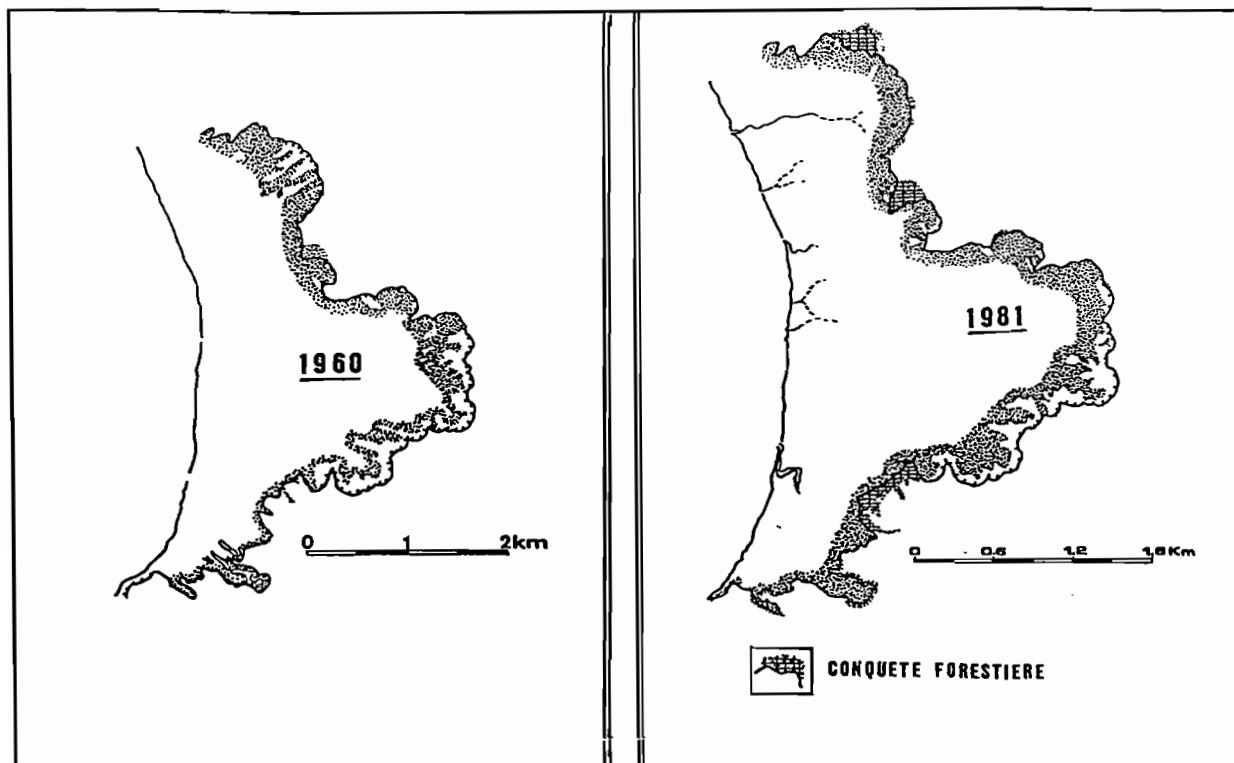


Fig. 54 - Evolution de la végétation sur la paroi du cirque entre 1960 et 1981

Cette dynamique forestière positive qui, pour des raisons d'humidité préférentielle des sols, s'effectue ici à partir des vallées et des cirques, est à rapporter, comme l'ont démontré plusieurs chercheurs déjà cités, au rétablissement des conditions climatiques qui, pendant longtemps ont fait défaut à la forêt, entraînant même son recul.

Mais dans le cirque de Diosso, cette reconquête forestière n'est pas uniforme dans tout l'amphithéâtre. Elle est plus rapide sur la paroi nord qui, aujourd'hui, est presque entièrement sous forêt et ralentie sur la paroi sud. A l'Est, par contre, la paroi est encore complètement nue.

Les raisons de ces oppositions ne sont pas encore déterminées et mériteraient une étude très approfondie, compte tenu du rôle que joue la forêt dans la dynamique de cet appareil. Les observations de terrain m'ont permis de noter plusieurs facteurs dont l'action combinée a, de toute évidence, une part de responsabilité dans cette inégale avancée de la forêt.

Les modalités de la reconquête forestière sont les suivantes : la repousse commence, en général sur les flancs des échines centrales (fig. 55). Les talwegs sont en effet le domaine des écoulements et des épandages répétés qui, ralentissent le développement des plantes. Les sommets des crêtes, instables parce qu'évoluant constamment sous l'effet des averses, ne sont également colonisés que progressivement et tardivement. La colonisation est tout de même relativement rapide sur les arêtes au sommet arrondi et large, à cause de leur relative stabilité.

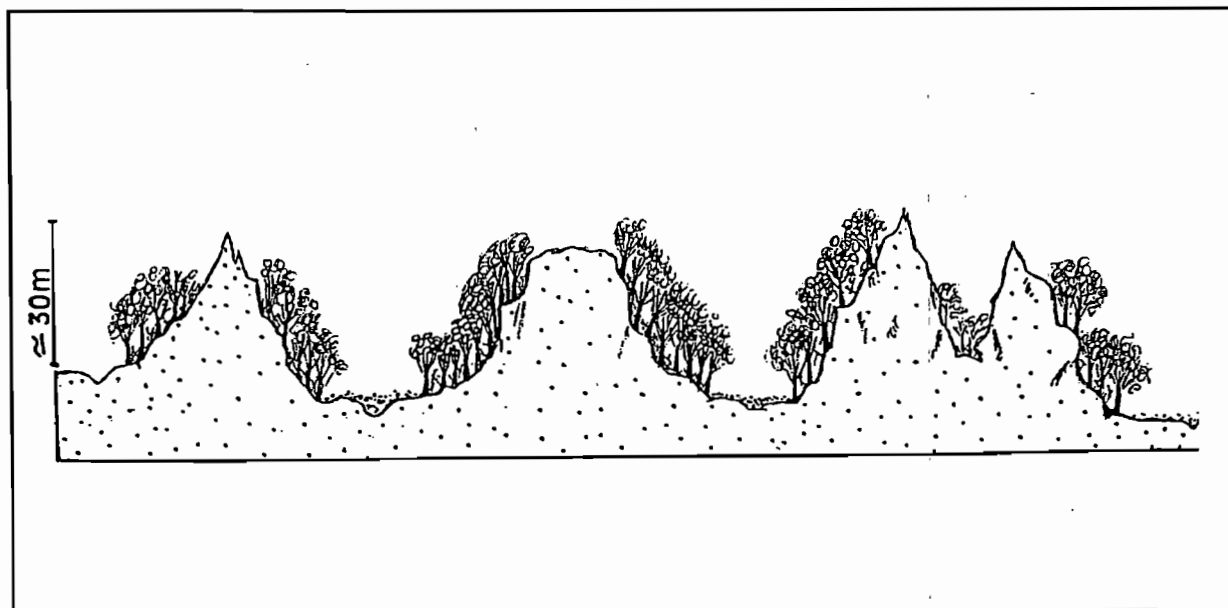


Fig. 55 - Répartition de la végétation au fond du cirque (schéma dressé à partir des observations de terrain)

Dans l'axe central du cirque, les arêtes sont plus étroites à cause sans doute du rapprochement des lobes qu'elles prolongent dans l'amphithéâtre. Elles sont très faiblement couvertes par la forêt. Dans la partie nord en revanche, les arêtes centrales, entièrement sous forêt, sont plus massives. Ici, celles-ci sont recouvertes par d'énormes blocs de cuirasse (photo 6 et 7, planche V) difficiles à mobiliser et qui constituent, par ce fait un obstacle majeur pour l'agriculture. La faiblesse de l'activité agricole a ainsi permis un épanouissement plus remarquable de la forêt dans ces zones. En effet, la forêt des secteurs nord et sud du cirque présente une plus grande densité et une certaine maturité qui s'apprécie sur le terrain à travers la hauteur de ses arbres qui atteignent et dépassent 30 mètres de haut et leur diamètre qui atteint le mètre pour un grand nombre d'individus.

Mais la soustraction de ces espaces, dimensionnellement importants, au domaine d'activité agricole crée en conséquence une pression sur les territoires restants. Cela d'autant plus que le cirque de Diosso constitue le seul terroir forestier où se déroulent, d'après des enquêtes de terrain, près de 90% des activités agricoles des habitants des villages proches du cirque. Avec le boisement artificiel de la savane (plantations d'Eucalyptus), qui a réduit davantage les zones d'agriculture traditionnelle, la pression exercée sur la forêt du fond du cirque a dû augmenter.

Cette pression est donc due non pas au nombre de cultivatrices¹, qui ne dépasse pas 100, mais à la réduction des aires cultivables. Car, sur environ 500 ha de forêt, seule la moitié, concentrée surtout dans le centre du cirque, est défrichable.

Ce secteur central, constamment défriché, se situe dans le prolongement de l'axe central dont la paroi n'est pas encore colonisée par la forêt (fig. 56). Les défrichements de cette zone ont, en effet, des répercussions sur l'érosion en amont, c'est-à-dire sur les secteurs proches de la paroi. La destruction permanente du couvert végétal à l'intérieur du cirque a pour conséquence le maintien des ruissellements le long des talwegs et sur les flancs des arêtes centrales. Sapant ainsi la base des arêtes, ces écoulements d'eau sont à l'origine des affaissements qui sont le processus essentiel d'évolution des cirques. Par ailleurs, ces ruissellements se chargent d'évacuer vers la mer les produits des affaissements de la paroi périphérique. Sans cette évacuation continue, le matériau s'accumulerait sur les parois et contribuerait au ralentissement de l'érosion.

¹ Les travaux agricoles sont assurés surtout par les femmes.

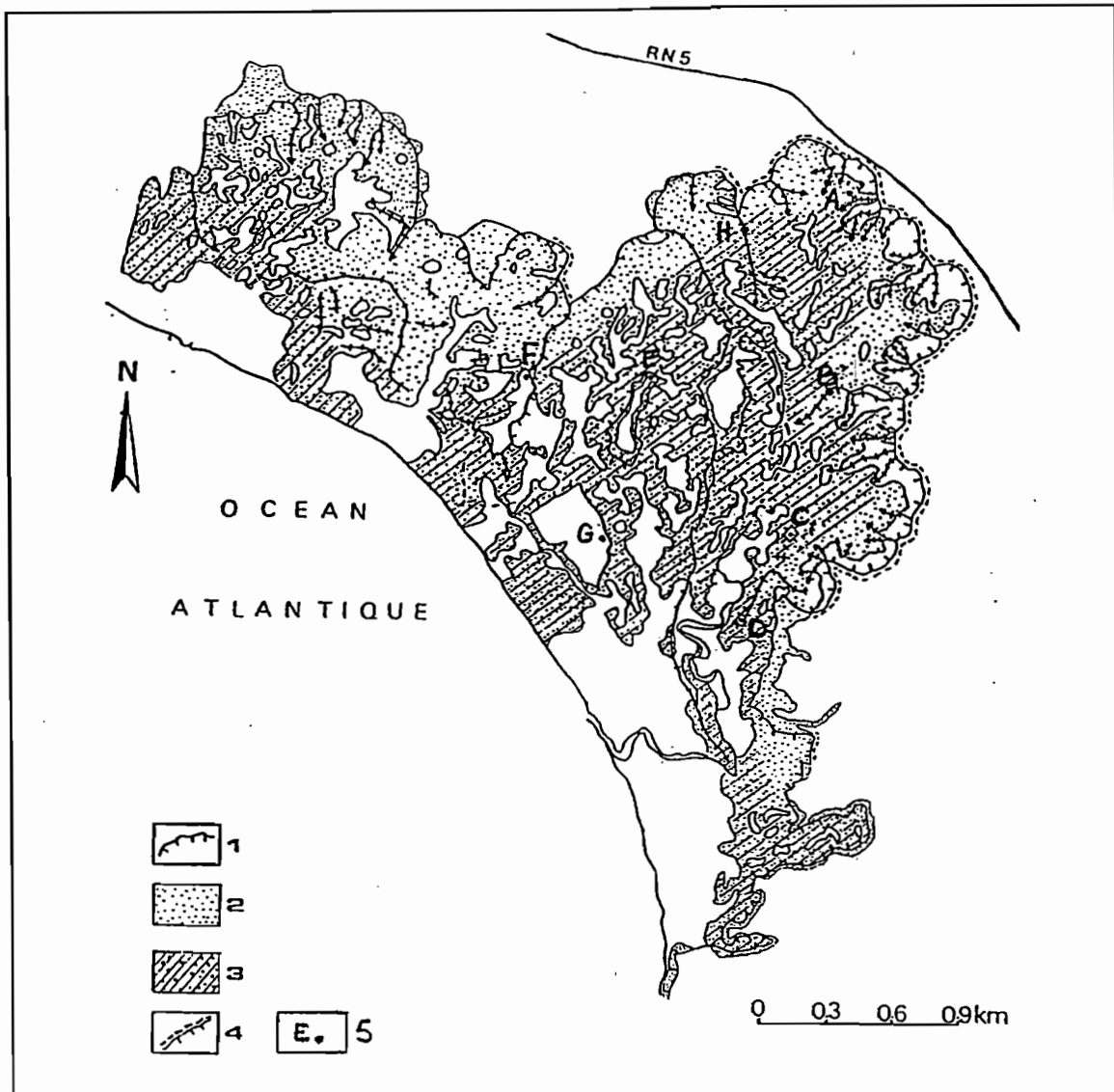


Fig. 56 - Couverture forestière du cirque de Diosso (Interprétation des photographies aériennes de 1981)
 1 - Rebord abrupt du cirque ; 2 - Forêt ; 3 - Forêt régulièrement défrichée
 4 - Secteur à énormes risques d'affaissements ; 5 - Localisation des pics dont l'aménagement a été étudié (fig. 69 ; tabl. 10 et 11)

Toutefois, si la dégradation de la forêt, voire son recul dans la partie centrale, par opposition à son exubérance dans les autres secteurs du cirque, s'expliquent par l'activité agricole, le rôle de l'agriculture dans le lent recouvrement de la paroi nord, qui se situe très loin de la zone des exploitations agricoles reste encore à prouver.

D'autres paramètres sont sans doute à entrevoir dans cette dynamique de la forêt. Il s'agit principalement de :

- la valeur des pentes qui n'a pas été calculée, mais dont les observations de terrain ont permis de noter qu'elle est moins importante dans les parties nord et sud. La pente modérée a sans doute permis le développement de la forêt, contrairement aux secteurs trop abrupts qui offrent moins de facilité à la reconquête forestière.

- l'exposition de cette paroi au rayonnement solaire, dont l'action peut influencer sur le bilan de l'eau qui est un paramètre très important pour le développement des plantes et même pour la dynamique des sols. La paroi de l'axe central, tournée directement à l'ouest et au nord-ouest est plus ensoleillée. Serait-ce là la cause de la lente progression de la forêt ? Il faut préciser que l'ensoleillement occasionne une plus forte évaporation et donc diminue la quantité d'eau disponible, ce qui peut ralentir l'épanouissement des plantes. Toutefois, faute de mesures fines d'humidité, il est difficile de répondre à cette question.

Quoi qu'il en soit, malgré ces paramètres limitants, le caractère transgressif de la forêt dans le cirque de Diosso est incontestable et la forêt joue un rôle de premier ordre dans l'évolution actuelle de ce cirque.

CHAPITRE VIII

AGE ET EVOLUTION CHRONOLOGIQUE DU CIRQUE.

INTRODUCTION

L'estimation de la vitesse de développement des cirques a déjà fait l'objet de recherches dans d'autres régions.

A Madagascar, BRENON(1952), se basant sur la vitesse moyenne de progression du fond d'un lavaka qui serait de 50 cm/an, affirme que le temps nécessaire pour créer un lavaka moyen de 500 m de diamètre serait de 1000 ans.

Pour SAUTTER (1970), les cirques de Boko au sud de Brazzaville (Congo), ont une vitesse de progression plus grande que les autres formes de l'érosion dans la région. SCHWARTZ et LANFRANCHI (1990), dans une étude des remaniements des sols sur les sables batékés dans la région de Brazzaville, estiment que le phénomène d'érosion dans ces régions de sables s'inscrivant dans des périodes climatiques humides marquées par la répétition des pluies importantes, les cirques de la région de Boko, se sont formés certainement, pour la génération la plus ancienne au Djilien, et pour la plus récente au Kibangien. Ce sont les deux périodes humides de la fin du Quaternaire.

Pour le cirque de Diosso, les études antérieures de SCHWARTZ et al (1990), les observations de terrain et le calcul de la vitesse de recul de la paroi, par photogrammétrie me permettent de proposer 2 phases successives d'évolution.: une phase ancienne dont l'interprétation peut se faire à travers l'étude des faits de terrain et des travaux antérieurs ; une phase récente qui s'étudie plus aisément à travers des mesures quantitatives de la progression actuelle ou subactuelle et, également, à travers les faits de terrain.

1 - L'EVOLUTION ANCIENNE VUE A TRAVERS LES FORMES

Les lambeaux de plateaux décrits précédemment, à surface pénestable et recouverte de végétation forment un replat en contrebas du plateau principal environnant. Certains d'entre eux sont recouverts de blocs provenant du démantèlement de l'horizon cuirassé décrit dans la première partie. Cette situation de pavage sommital, constitué d'horizons pédologiques du deuxième niveau de la série des cirques, prouve qu'il ne s'agit pas d'un replat tectonique mais d'un témoin d'un niveau d'érosion.

L'analyse de la carte topographique et des photographies aériennes montre que ces surfaces peuvent être assimilées à une première génération de reliefs en creux, dans lesquels le cirque actuel, plus profond, s'est ultérieurement emboîté.

Les surfaces plus ou moins inclinées de ces témoins centraux (fig. 57), représentent dans cette hypothèse les versants d'un paléomodèle, à lignes concaves, que l'érosion actuelle ou subactuelle a rajeuni par approfondissement et élargissement des anciennes vallées.

Ces caractéristiques géomorphologiques indiquent, en d'autres termes, que les dimensions actuelles du cirque sont le résultat de deux phases successives d'érosion séparées par un moment d'arrêt plus ou moins long. Ce schéma s'insère dans celui décrit dans la deuxième partie de ce travail et qui montre la coexistence de deux générations de cirques bien distinctes, sur le bassin côtier. Il confirme également les conclusions de AUGER (1967) et SAUTTER (1970) qui ont également opéré cette distinction dans le Pool, au sud de Brazzaville. De même, sur le flanc oriental du Mayombe on observe des excavations figées, à moitié colonisées par la forêt.

Les traces de ce premier épisode se retrouvent donc dans tout le sud du Congo. Il s'ensuit que le phénomène à l'origine du creusement de cette première génération de cirques est d'ampleur au moins régional. Les événements paléoclimatiques majeurs reconnus, capables de générer une telle morphodynamique de creusement ne peuvent être que les oscillations climatiques et (ou) les mouvements eustatiques du Quaternaire récent. La première entaille est, de ce fait, à rapporter soit à la dernière grande régression marine, celle du Léopoldvillien, soit à la grande humidification du Kibangien.

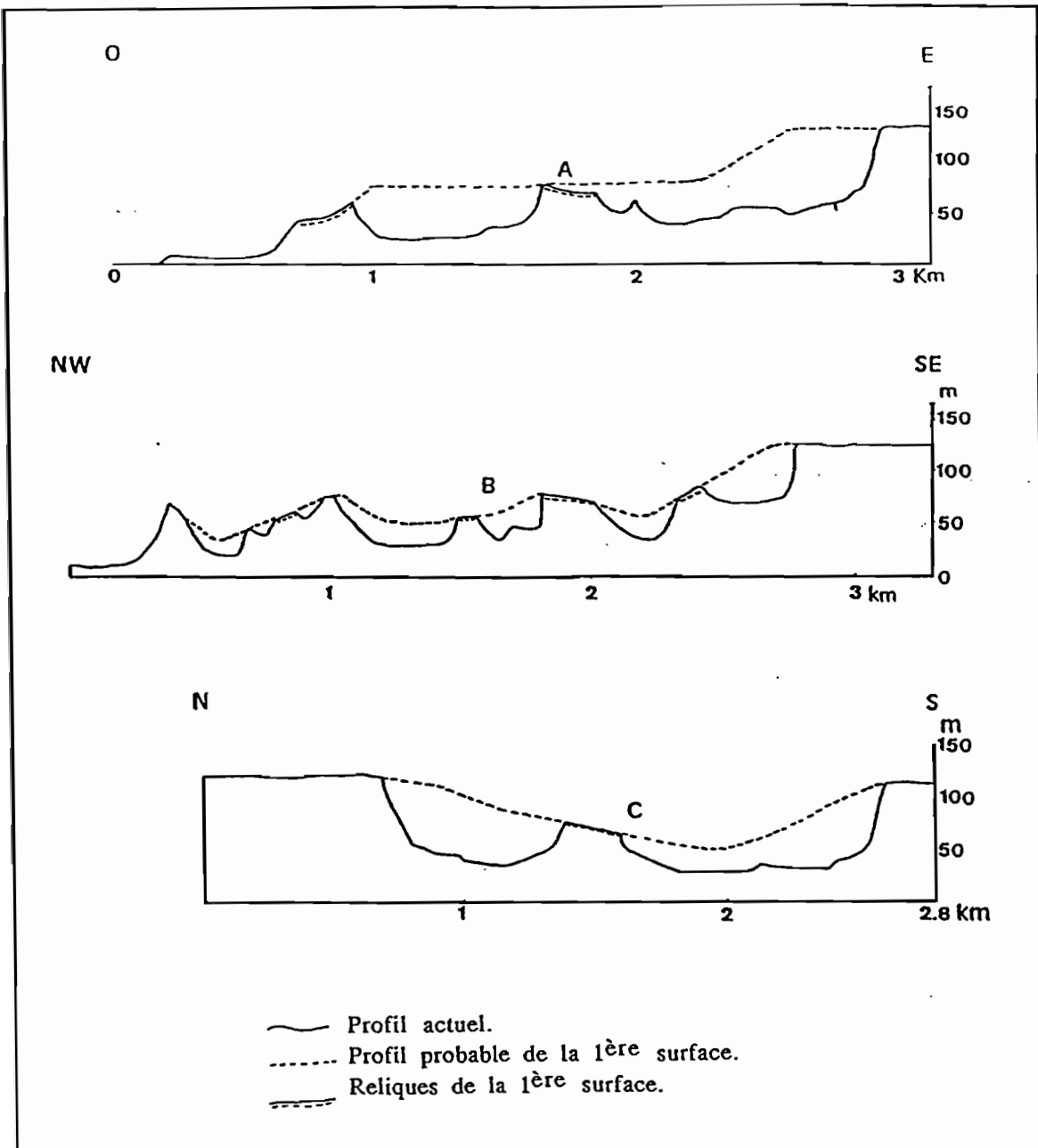


Fig. 57 Profils topographiques du fond du cirque (voir traits de coupe sur l'extrait de la carte - Fig. 58)



Fig. 58 Carte topographique du cirque (IGN, 1960) : localisation des traits de coupe

La régression léopoldvillienne (30.000 - 12.000 ans B.P), centrée vers 18.000 ans, a ramené le niveau de la mer à 120 m au dessous du niveau actuel (fig. 59) (DELIBRIAS 1986). Ce qui correspond à un abaissement considérable de l'exutoire des cours d'eau qui devait se situer à 60 km environ , cela a entraîné une augmentation de leur compétence. En effet, 120 m pour 60 km (en ligne droite) ou 80 km environ, en tenant compte d'un chemin serpentant, cela donne une pente de 1,5‰ à 2‰ contre 0,5‰ actuellement. Cela dû entraîner la hausse de la compétence des cours d'eau.

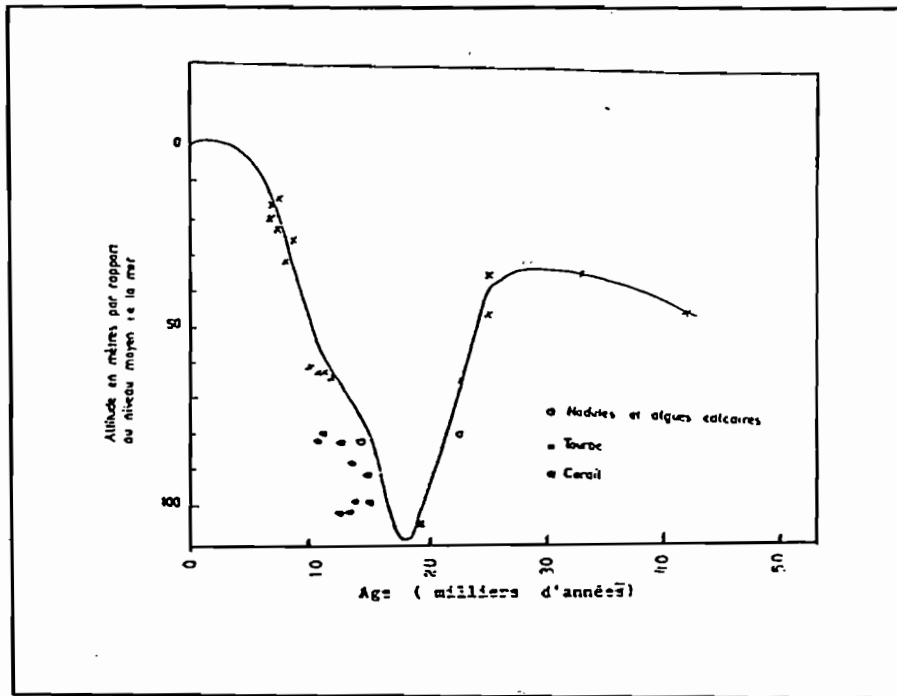


Fig. 59 Courbe de variation du niveau de la mer sur la côte ouest africaine (DELIBRIAS-1986)

Mais cette pulsation négative est contemporaine d'un assèchement du climat qui est plutôt favorable à une stabilisation des formes (LANFRANCHI et SCHWARTZ, 1990) qu'à une accélération de l'érosion. En dépit de la dégradation de la végétation qu'elle a entraînée, la régression würmienne ne s'est sans doute traduite que par un surcreusement des talwegs des cours d'eau.

Par contre, la phase qui fait suite à la régression marine et qui correspond au retour des pluies du Kibangien réunit des conditions propices à une érosion intense. En effet, les premières pluies kibangiennes tombent sur des versants très mal protégés par une végétation dégradée ou même très ouverte du fait de l'aridité léopoldvillienne. Le niveau de la mer et donc de celui de l'exutoire des cours d'eau se situe encore, pendant ce retour des pluies, à 60 - 50 m au dessous du niveau actuel (DELIBRIAS, 1986). Ceci correspond encore à une bonne compétence des cours d'eau coulant dans des vallées très encaissées.

Il semble donc que la première génération des cirques doive être rapportée à la phase de transition entre la fin du Léopoldvillien et le début du Kibangien, c'est-à-dire vers 10.000 - 12.000 ans B.P. Cette hypothèse est en accord avec les études de GIRESSÉ et al (1982) sur la lithostratigraphie des sédiments hémipélagiques du delta profond du fleuve Congo. Elles montrent, en effet, une accélération de la vitesse d'accumulation des sédiments, donc une reprise d'érosion entre 11.000 et 10.000 ans B.P. (fig. 60)

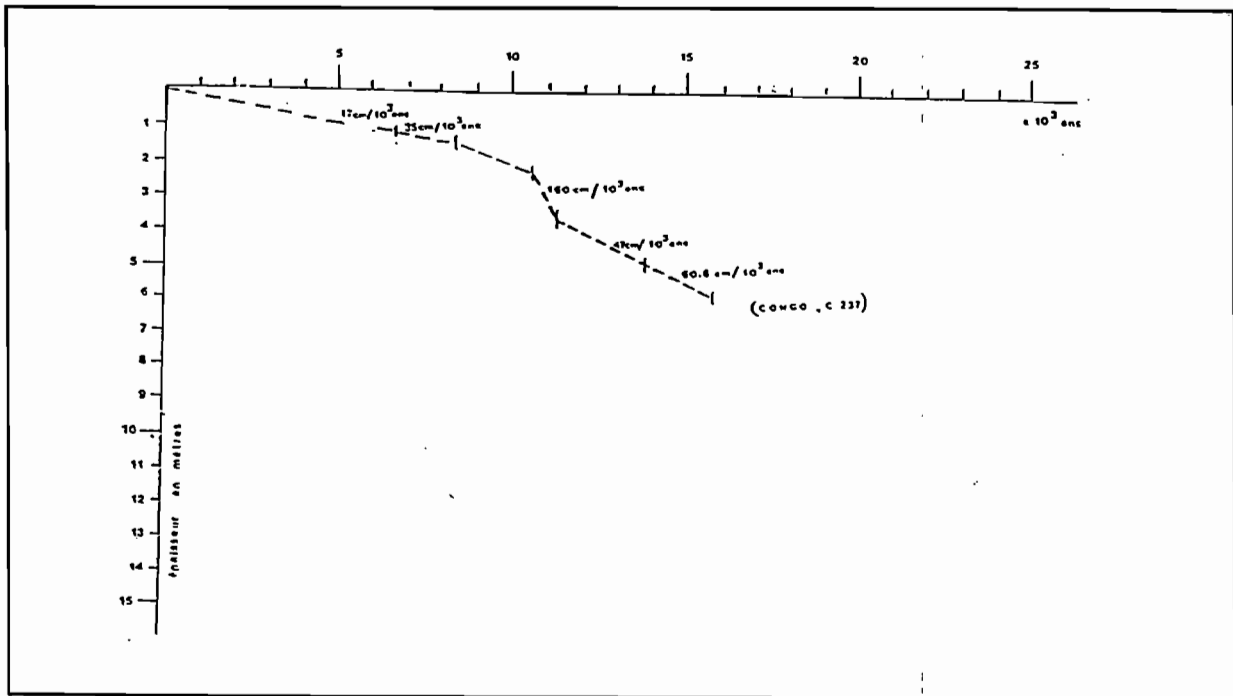


Fig. 60 Vitesse de sédimentation vers 1000 m de profondeur au large de l'embouchure du fleuve Congo (GIRESSÉ et al. , 1982)

2 - L'EVOLUTION ACTUELLE ET SUBACTUELLE DU CIRQUE

La deuxième phase d'érosion responsable de la génération actuelle est, quant à elle, à situer dans le Kibangien B, décrit dans la première partie. En effet, plusieurs indices de terrain en corrélation avec des mesures quantitatives de l'évolution du cirque durant ces cinquante dernières années, permettent aujourd'hui de placer la reprise de l'érosion, responsable des cirques encore actifs, dans cette phase globalement moins humide.

L'hypothèse d'un début de la phase d'érosion actuelle, dans le Kibangien B s'appuie d'abord sur des faits de terrain, ensuite sur des mesures quantifiées de l'érosion actuelle.

2 - 1 - DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES ET DATATIONS.

A l'exutoire du cirque se sont accumulés 2 à 6 m de sédiments, provenant de son érosion (photo 1 et 2 planche V). Ces matériaux reposent sur un niveau continu, formé tantôt d'argile rouge brique quasiment pure, contenant des restes de bois pour partie transportés (branches, feuilles, graines), pour partie en place (racines, pivots racinaires, et souches d'arbres) ; tantôt d'une formation où se mélangent des argiles, des sables, des débris végétaux assez grossiers (fig. 61).

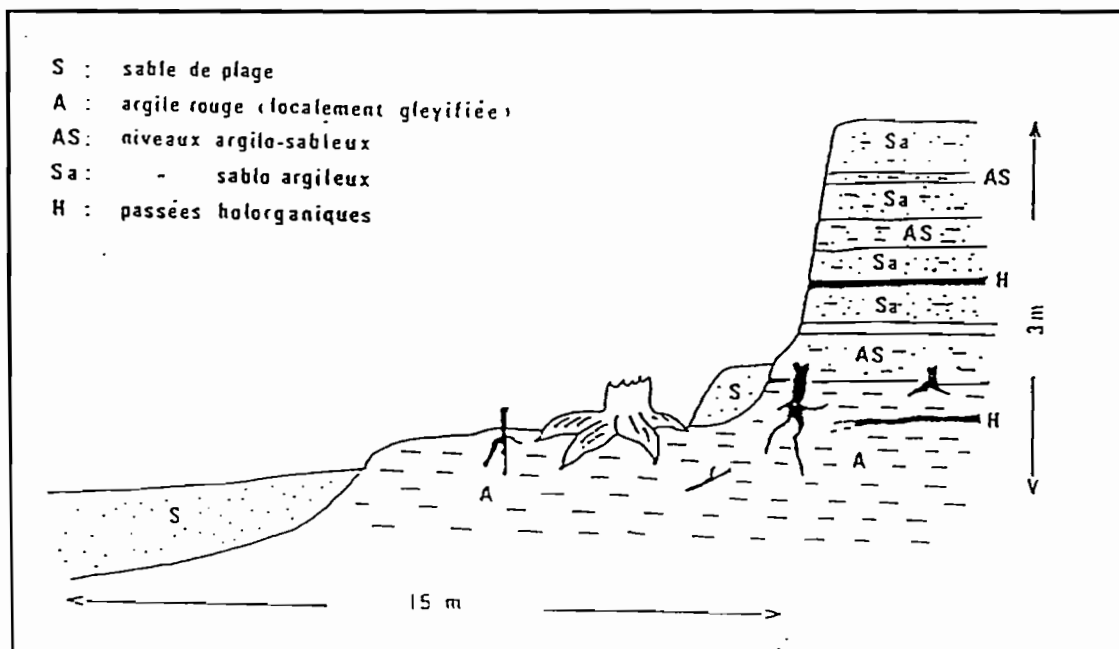


Fig. 61 Coupe synthétique des sédiments de l'exutoire du cirque de Diosso (SCHWARTZ et al, 1990).

Quatre échantillons ont été prélevés dans ce remblaiement. Trois l'ont été par SCHWARTZ et al (1990) et un par MIETTON et moi-même. Les trois premiers sont des fragments de racines prélevés in situ dans les restes de la forêt (fig.61), situés à 3 m environ de profondeur, dans l'argile rouge. Les datations de ces échantillons, effectuées à l'Ecole de Géologie de Nancy, ont donné un âge compris entre 480 et 600 ans +/- 60 B.P. (Annexe VI, tiré de SCHWARTZ et al - 1990). Le quatrième échantillon est également un morceau de racine d'arbre prélevé dans la coupe à environ 1 km au nord de l'embouchure de la rivière Matombi, à 2 m environ de profondeur, dans un mélange de débris végétaux, et minéraux grossiers. Il a été daté de 165 ans +/-50 B.P, au Centre de Datation par le Radiocarbonate de l'Université Claude BERNARD de Lyon-I (Annexe VI)

Ces datations appellent deux réflexions principales :

- la première est que le début du dépôt des formations sus-jacentes au niveau organique se situe vers 600 ou 500 BP, ce qui, à l'échelle géologique, constitue un dépôt actuel ou subactuel. Le caractère récent de cette accumulation est corroboré par la présence de certains objets sub-actuels (tesson de bouteille en verre; reste d'une pipe ...);

- la deuxième réflexion est que la présence à plusieurs endroits d'une argile pure à la base indique une sédimentation calme, par décantation. Elle suppose un affaiblissement de l'activité érosive, conséquence sans doute d'une péjoration climatique. Les dépôts stratifiés plus grossiers qui surmontent le niveau argileux indiquent, quant à eux, une reprise de l'érosion dont les causes seraient à rechercher dans les ultimes oscillations climatiques de l'Holocène.

Pour une meilleure extrapolation sur la question relative au début de la phase actuelle d'érosion, il importe de corréler ces datations avec la vitesse actuelle de l'agrandissement du cirque.

2 - 2 - EVOLUTION QUANTITATIVE DU CIRQUE DURANT LES QUARANTE DERNIERES ANNEES

2 - 2 - 1- Evolution de la forme générale

La superposition des schémas d'interprétation des cartes anciennes (1890 et 1931) a révélé des incohérences qui nous ont conduit à abandonner leur exploitation détaillée (fig. 61). La comparaison des deux cartes montre néanmoins des changements au niveau des contours du cirque de Diosso (fig. 62). En 1890, les contours du cirque ne présentent pas d'irrégularités notoires. En 1931, soit 41 ans après, plusieurs lobes apparaissent, donnant ainsi au contour général du cirque, une allure festonnée. Mais ces deux documents sont trop schématiques pour qu'une comparaison fiable soit faite entre celles-ci et les données photographiques.

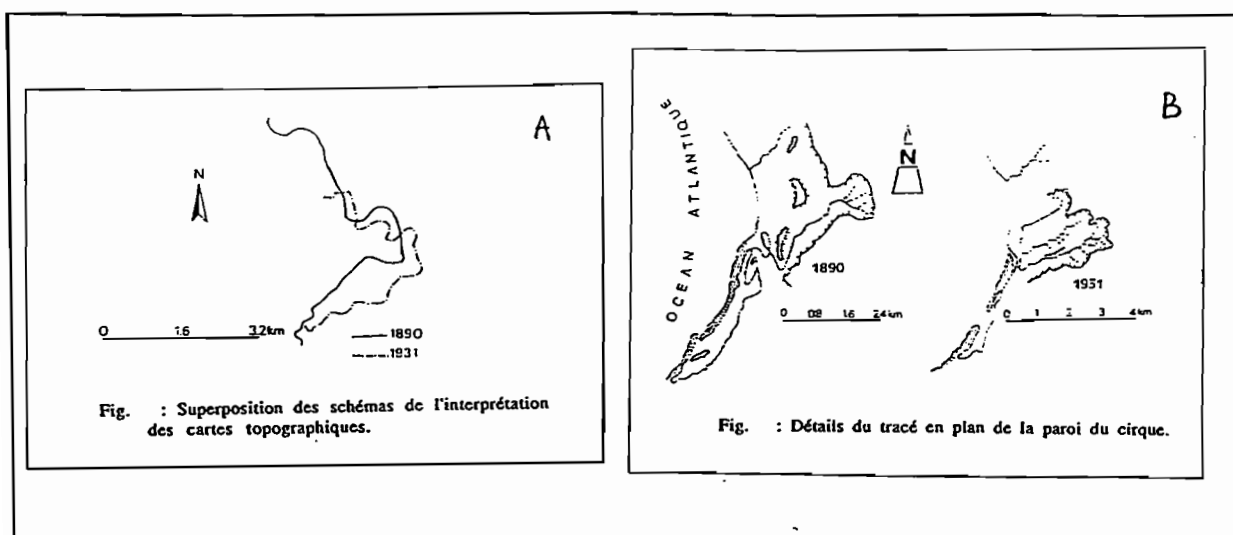


Fig. 62 (A)- superposition des schémas de l'interprétation des cartes topographiques ; Fig. 63 (B) - Evolution du tracé en plan de la paroi du cirque

La comparaison des cinq jeux de photographies aériennes, présentées en introduction, dans le paragraphe Matériel et Méthodes indique en revanche que le tracé en plan du cirque n'a pas subi de profonds changements entre 1951 et 1983. Les grands contours de la paroi, formés avant 1951, demeurent les mêmes en 1983. Pendant ce laps de temps, le cirque n'a subi que des retouches qui ont soit agrandi, soit allongé les lobes. (fig. 64).

Cependant, le recul discontinu, a concerné presque toute la paroi. Au bout de 33 ans, aucun lobe ou presque n'est resté stable, sur la partie mesurée (fig. 65). Qualitativement, les indentations sont un peu plus marquées en 1983 qu'en 1951. L'axe central n'a pas bougé entre 1960 et 1966. L'érosion n'a concerné que le sud et de façon très limitée le nord de la paroi. Mais entre 1966 et 1981, l'évolution de cet axe a été remarquable. Il reste jusqu'à maintenant le côté le plus actif du cirque et les nombreux affaissements qu'on y observe actuellement n'ont sans doute pas manqué de modifier dans le détail les contours de la paroi bordière depuis la date des dernières prises de vue

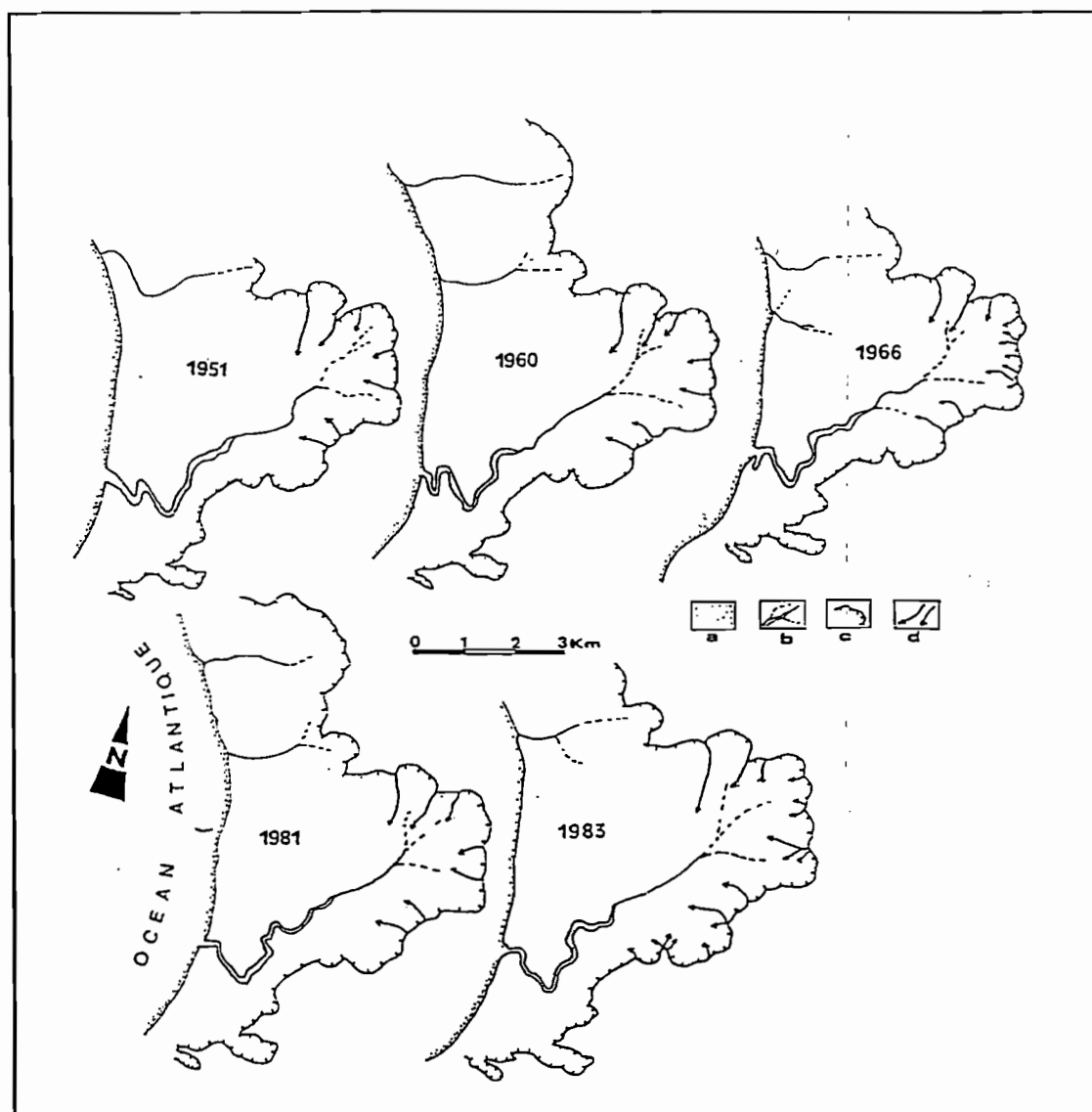


Fig. 64- Evolution du tracé en plan de la paroi du cirque
 (les changements sont à peine observables).
 a = plage ; b = Matombi (Rivière) et quelques affluents ; c = rebord
 abrupt du cirque ; d = arête plongeant dans l'enceinte du cirque

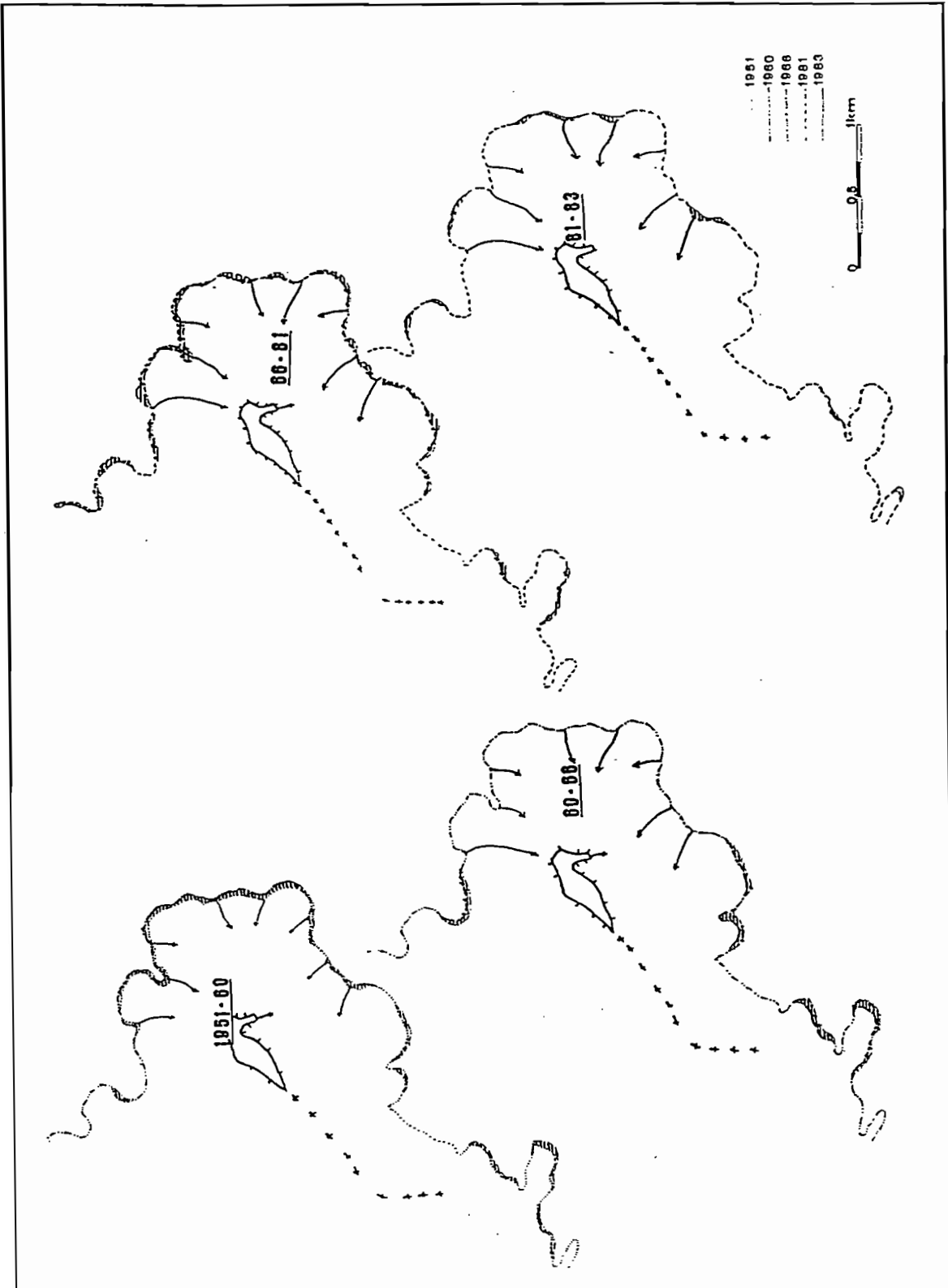


Fig. 65 - Recul discontinu de la paroi du cirque

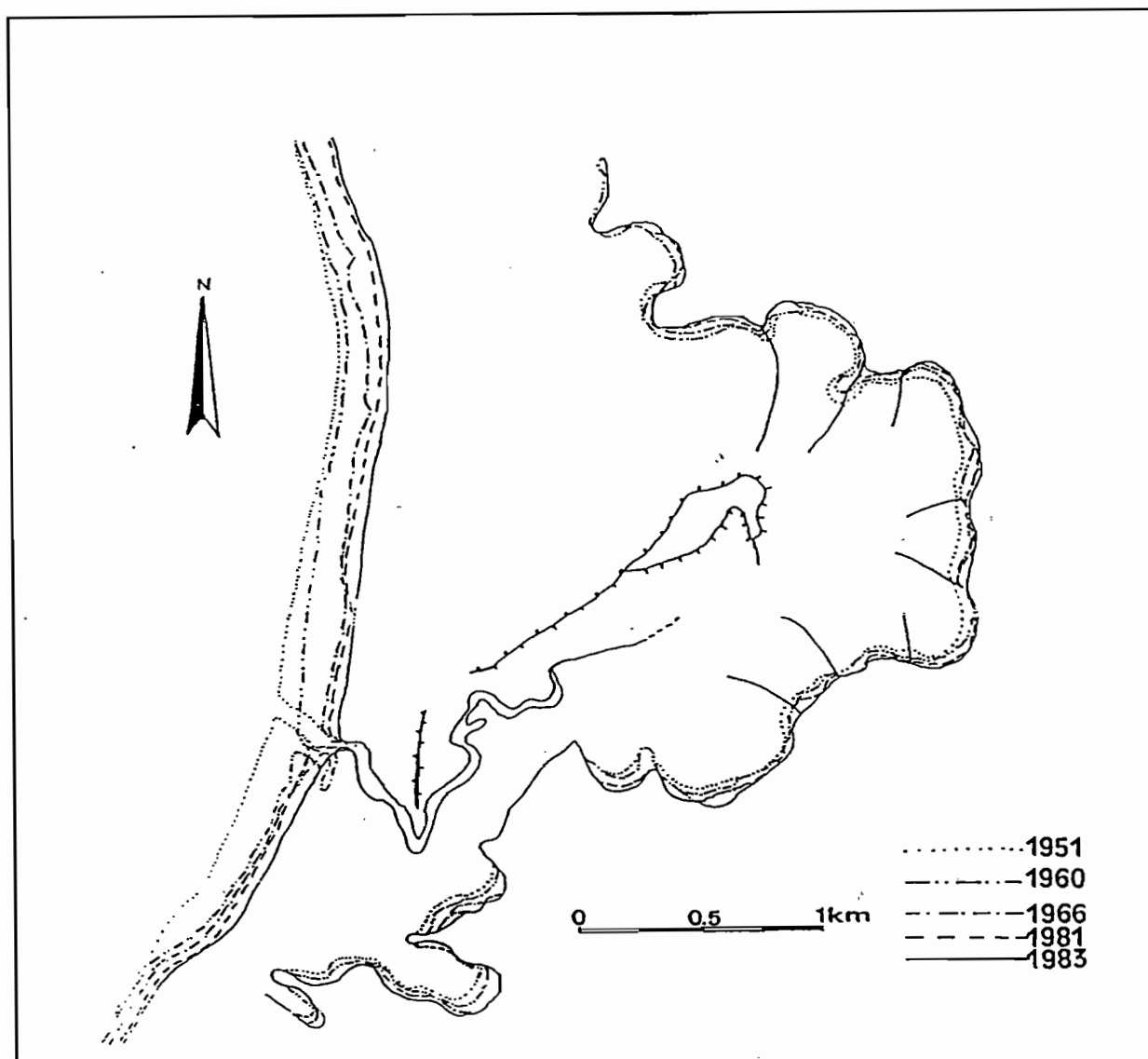


Fig. 66 - Recul de la paroi du cirque et du trait de côte

2 - 2 - 2 - Recul de la paroi bordière et abaissement des arêtes centrales

Entre 1951 et 1983, on note selon les endroits, un recul compris entre 12,5 et 100 m, soit une vitesse moyenne comprise entre 0,4 m/an pour les zones les plus stables et 3,3 m/an pour les zones les plus érodées. Finalement le recul, bien que discontinu a concerné toute la paroi.(fig. 67),

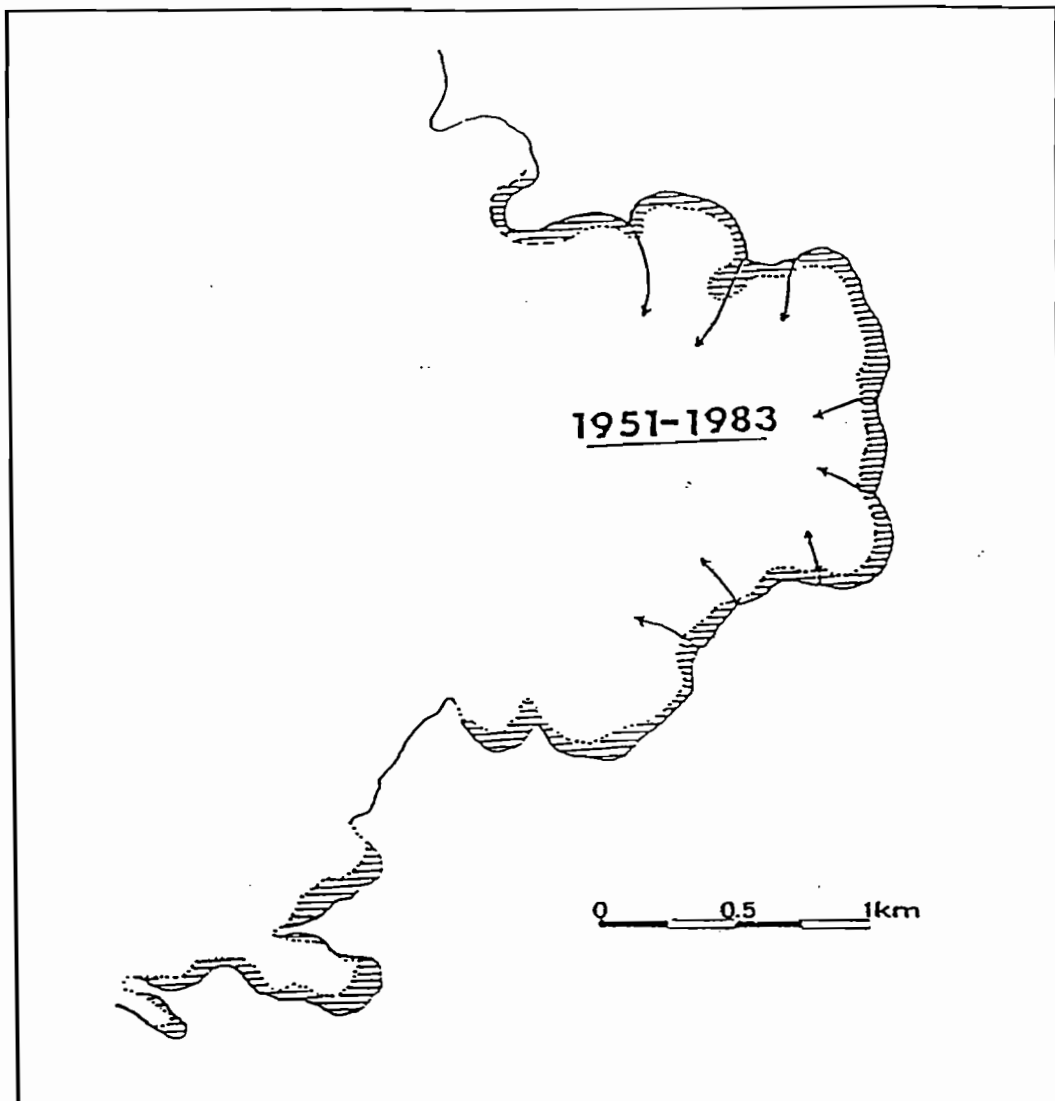


Fig. 67 - Surface du plateau disparue entre 1951 et 1983

On peut estimer la vitesse moyenne du recul de la paroi bordière pour chaque période, en calculant la surface enlevée dans l'intervalle de temps, et en rapportant cette surface à la longueur de paroi considérée et au nombre d'années séparant les deux prises de vue (tabl.8) On trouve ainsi un recul moyen de 1,4 m/an entre 1951 et 1983.

Intervalle	Nombre d'années	Surface du terrain disparue (m ²)	Longueur de la paroi	Progression annuelle(m/an)
	N	Y	L (m)	$X=Y/L.N$
1951-1960	9	110000	8400	1,45
1960-1966	6	90000	8800	1,7
1966-1981	15	185000	9100	1,35
1981-1983	2	140000	9000	7,7
1951-1983	32	410000	9000	1,45

Tabl. 8 - Recul de la paroi du cirque

Toutefois, ces vitesses moyennes ne sont pas régulières. Le recul est très discontinu : un affaissement est souvent suivi d'une période plus ou moins longue de pseudo-stabilité parce que, généralement, les produits de l'éboulement doivent d'abord être évacués avant qu'un autre affaissement n'ait lieu au même endroit. Il arrive cependant que deux effondrements se produisent en l'espace de quelques mois au même endroit. Ceci se réalise lorsque le premier écroulement va loin dans la dépression et ne gêne pas l'occurrence d'un second.

Par ailleurs, sur 27 affaissements qui se sont produits depuis 1987 le long de la paroi du cirque, identifiés en 1991, par les cicatrices d'arrachement, 8 étaient encore accrochés à la paroi, dont 5 avec une largeur supérieure ou égale à 3 m (tabl.9). Ce qui veut dire que les vitesses moyennes de progression peuvent être exceptionnellement supérieures à celles mesurées par photogrammétrie.

N°	Longueur (m)	Largeur moy (m)	Profond. moy(m)	Vol. appro timatif (m3)	OBSERVATIONS
1	25	1,5	4,51	169,1	affaissement très récent (saison de pluies 1991) paquet encore accroché à la paroi.
2	35	4	6	840	Paquet affaissé à moitié éboulé.
3	28		8,5		Ne subsistent que quelques mottes de terre accrochées à la paroi.
4	14		5		mêmes observations.
5	20		5		mêmes observations.
6	28				Il ne subsiste que la cicatrice d'arrachement dont la fraîcheur a permis la mesure de la longueur.
7	5		9		Quelques mottes de terre accrochées à la paroi.
8	15		6		mêmes observations.
9	14	1,55	8	173,6	Affaissement très récent ; le paquet glissé est en core entièrement accroché à 8m de prof à la paroi.
10	7				Affaissement très récent mais dont le matériau est complètement éboulé et entraîné au fond du cirque.
11	34	3	5	510	Paquet de 100m2 environ de surface, encore entier et accroché à la paroi, à 5m de la surface du plateau.
12	7				Cicatrice d'arrachement très fraîche, encore quelques mottes de terre accrochées à la paroi.
13	32,8				mêmes observations.
14	5,7				mêmes observations.
15	14				mêmes observations.
16	56	3	7	1176	C'est sans doute le plus long affaissement le plus ré- cent, Le paquet est encore accroché à la paroi avec de l'herbe dessus et à 7m de profondeur.
17	9,4	3,5			Affaissement annoncé par une fente de détente de 7cm de large.
18	13				Cicatrice de glissement très récent.
19	28				mêmes observations.
20	8				mêmes observations.
21	19				mêmes observations.
22	37	2	5,5	407	Affaissement très récent mais à moitié éboulé.
23	26,6		8		Cicatrice récente avec quelques mottes de terres encore accrochées à la paroi.
24	4,5				Cicatrice d'arrachement récente.
25	20				mêmes observations.
26	19,5				mêmes observations.

Tabl. 9 - Caractéristiques des affaissements sur la paroi du cirque de Diosso entre 1987 et 1991

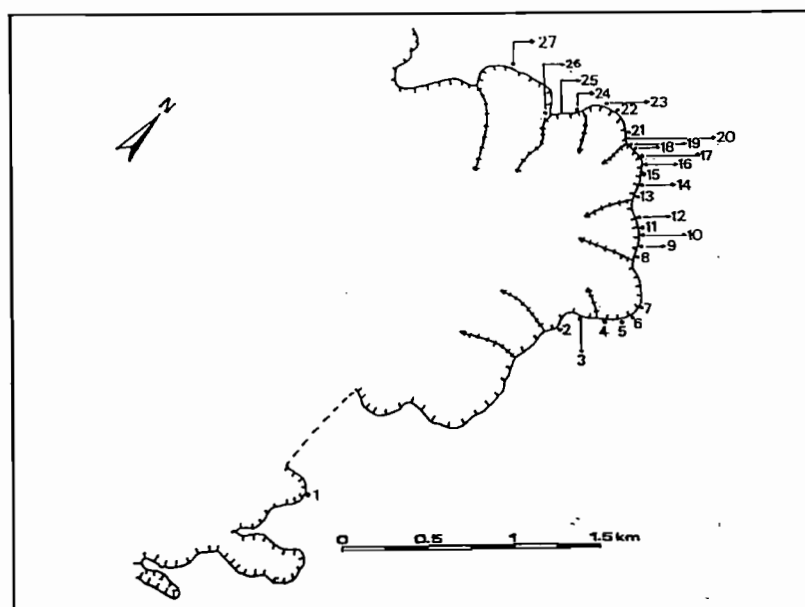


Fig. 68 - Localisation des affaissements des années 1987 - 1991 sur le rebord du cirque (observations faites sur le terrain en 1991), voir tabl. 9 pour les caractéristiques des affaissements

L'importance de l'érosion a également été appréciée par la mesure de l'abaissement des sommets des arêtes centrales. Huit pics ont été suivis entre 1951 et 1983. Là également, l'évolution a été importante durant cette période (fig. 69 tabl.10 et 11). Les sommets étudiés ont perdu entre 2,5 et 28,6 m de hauteur, soit en moyenne 15,6 m en 32 ans.avec une vitesse moyenne de 0,4 m/an.

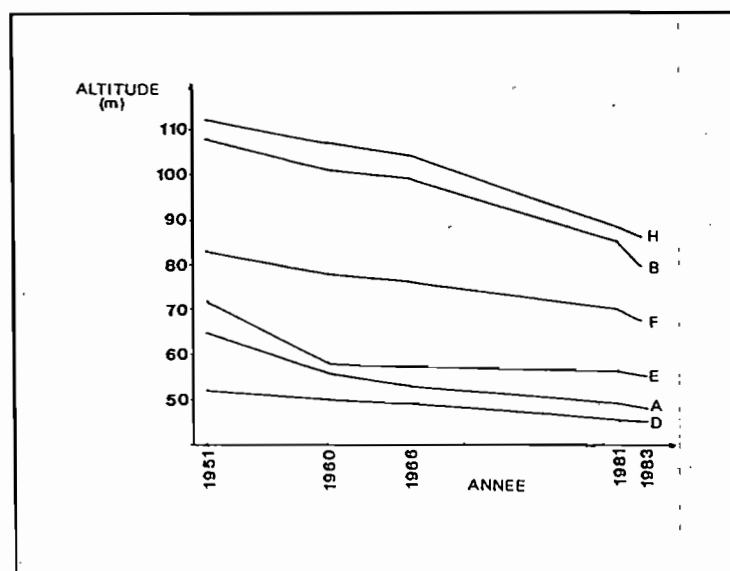


Fig. 69 - Evolution de quelques pics à l'intérieur du cirque

PICS	1951	1960	1966	1981	1983
A	65	56	53,5	49	47,62
B	108	101	98,88	85	79,38
C	50	49	48,5	48	47,48
D	52	50	49	45	44,68
E	72	58	57,5	56	55,35
F	83	78	75,64	70	67,35
G	61	58	57,5	57	56,85
H	112	107	103,75	88	86,21

Tabl. 10 - Hauteur des pics par années dans le cirque

PICS	1951-1960	1960-1966	1966-1981	1981-1983	1951-1983
A	-9	-2,5	-4,5	-1,38	-17,38
B	-7	-2,15	-13,88	-5,62	-28,62
C	-1	0	-1	-0,52	-2,52
D	-2	-1	-4	-0,32	-7,32
E	-14	-0,5	-1,5	-0,65	-16,65
F	-5	-4,36	-5,64	-2,65	-17,65
G	-2	-0,5	-0,5	-0,15	-3,15
H	-5	-3,25	-15,75	-1,79	-25,79

Tabl. 11- Evolution des pics à l'intérieur du cirque

Ces ordres de grandeur, corrélés avec les datations ci-dessus décrites et avec d'autres observations de terrain, permettent de faire une synthèse sur la phase d'érosion responsable du creusement de la génération des cirques encore actifs.

2 - 3 - SYNTHÈSE RELATIVE A L'ÉVOLUTION ACTUELLE OU SUBACTUELLE

Les sédiments accumulés à l'exutoire du cirque révèlent une reprise d'érosion à partir de 600 ou 500 BP. Si l'on admet à cette échelle de temps une vitesse moyenne de progression de l'ordre de 3 m/an, cette reprise peut être placée plus loin dans le temps. En effet, l'axe central du cirque, qui atteint ou approche aujourd'hui 3 km et qui fonctionne encore, se serait formé, selon cet ordre de grandeur, en un peu plus de 1000 ans. D'autres indices révèlent que cette vague d'érosion commence quelques siècles avant, ce qui à l'échelle géologique ne constitue pas une grande différence.

D'abord, l'étude des ultimes variations climatiques du Quaternaire met en évidence une réhumidification du climat vers 2000 BP suivie par un nouvel assèchement dont les dates restent encore à préciser. Vers 1200 B.P, sans doute, un peu plus avant, vers 1500 B.P on

enregistre une nouvelle réhumidification (ELENGA et al, 1992 et cf. l'étude de VINCENS et al, 1994, sous presse, dans la vallée du Niari). S'inscrivant dans la grande aridité commencée vers 3000 BP, qui est responsable des savanes actuelles (SCHWARTZ et al, 1990 ; SCHWARTZ, 1992), ces légères augmentations des pluies sont sans doute à l'origine du déclenchement de cette vague d'érosion. Plus précisément la phase dont le début se situe entre 1500 et 1200 B.P. La vague d'érosion qu'elle a suscité a dû être faible dans un premier temps, puis s'accélérer dans un second, vers 600-500 ans B.P. Mais, l'importance du remblaiement postérieur à ces années, dont les restes encore épargnés par l'érosion côtière, font plus de 3 millions de m³, révèle la part non négligeable de cette ultime recrudescence de l'érosion, dans les dimensions actuelles du cirque.

Plusieurs documents historiques du XV^{ème} siècle parlent, par ailleurs, de barrière rouge à l'emplacement actuel du cirque de Diosso. C'est le cas de la carte de CRISTOFORO, dressée vers 1486, après la reconnaissance des côtes africaines et la découverte du fleuve Congo par DIEGO CAO en 1482 (annexe VII). Ce document, que rapporte RAT PATRON (1993), parle de la pointe de la glaisière rouge et de la belle plage de Saint DOMINGOS. Ceci représente, sans doute, la première mention des gorges de Diosso et de la plage de la baie de Loango. Une autre carte dessinée vers 1489, parle elle de Punta do Barréiras Verméilhas, qui signifie point de la barrière rouge.

Ce talus apparent sur les cartes et dont les couleurs vives témoignent de la fraîcheur des formes, permettant l'observation depuis l'Océan, est un indice probant du caractère actif du cirque vers la fin du XV^{ème} siècle. Ce qui, en d'autres termes, prouve que la vague actuelle d'érosion était largement amorcée au XV^{ème} S.

L'analyse des sédiments de cette accumulation permet d'ailleurs de faire l'interprétation suivante sur les processus de cette vague d'érosion : L'argile rouge brique de base est un dépôt d'une phase "aride" du Kibangien B (postérieur à 3000 BP et jusqu'à 1200 BP). Cette phase se caractérise de ce fait par un transport de sédiments fins, le long des talwegs, et une sédimentation lacustre, alimentée par de petites rivières dont l'accès vers la mer devait de temps en temps être gênée par un cordon mobile.

L'érosion reprend vers 1200 ans BP et, peut-être un peu avant et s'accélère à partir des années 600-500 BP, à la suite d'une augmentation de la compétence des cours d'eau, ce que montre la nature des sédiments sus-jacents au niveau argileux (fig. 70). En effet, à certains endroits, les dépôts surmontant l'argile de base sont de type laves torrentielles, caractérisés d'une part par l'aspect chaotique des matériaux et d'autre part par des éléments grossiers et hétérométriques (sables, graviers et parfois des blocs de cuirasse observables très souvent à côté des débouchés des rivières actuelles). Ils témoignent, de ce fait, de la brutalité de l'érosion et surtout de la compétence de ses agents. Cette ultime augmentation de la compétence des

rivières est sans doute la conséquence d'une accélération de la pluviométrie.

Aux niveaux plus grossiers succèdent des sédiments plus fins qui indiquent, en revanche, une diminution de la compétence des agents de cette érosion. La structure entrecroisée, visible dans ces dépôts, témoignent d'une accumulation se produisant par excès de charge dans un écoulement en nappe. A l'embouchure de la rivière Matombi, sur la rive gauche, le niveau argileux, à forte concentration de débris organiques, est surmonté directement par des sédiments fins. La granulométrie de ces niveaux supérieurs traduit une accumulation sélective, par des courbes de type sigmoïde (fig. 71). Les petites différences de redressement des courbes et de l'indice de classement traduisent de légères variations de la force des agents d'érosion. Cette activité érosive a en outre été ponctuée de discontinuités représentées dans les sédiments par des niveaux holorganiques interstratifiés. Les horizons sombres séparant les niveaux sableux sont, en effet, le résultat de la décomposition intrasédimentaire des graminées qui poussent entre deux phases de sédimentation.

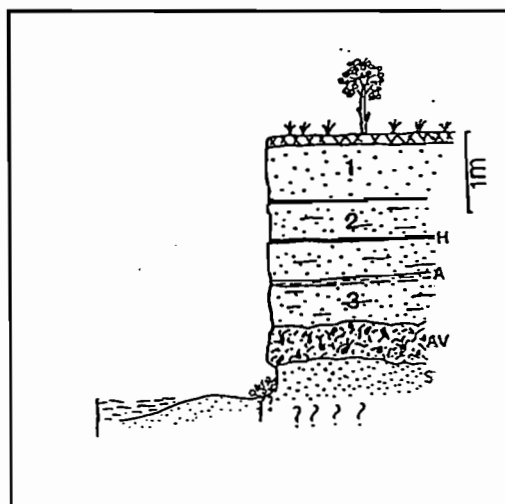


Fig. 70- Coupe schématique de la falaise de Matombi à l'exutoire de la Rivière sur la rive gauche

A = argile grise presque sèche

H = horizon sombre à passé holorganique

AV = argile noire avec concentration de débris végétaux

S = sable blanc

1, 2, 3 : voir courbes granulométriques (Fig. 71)

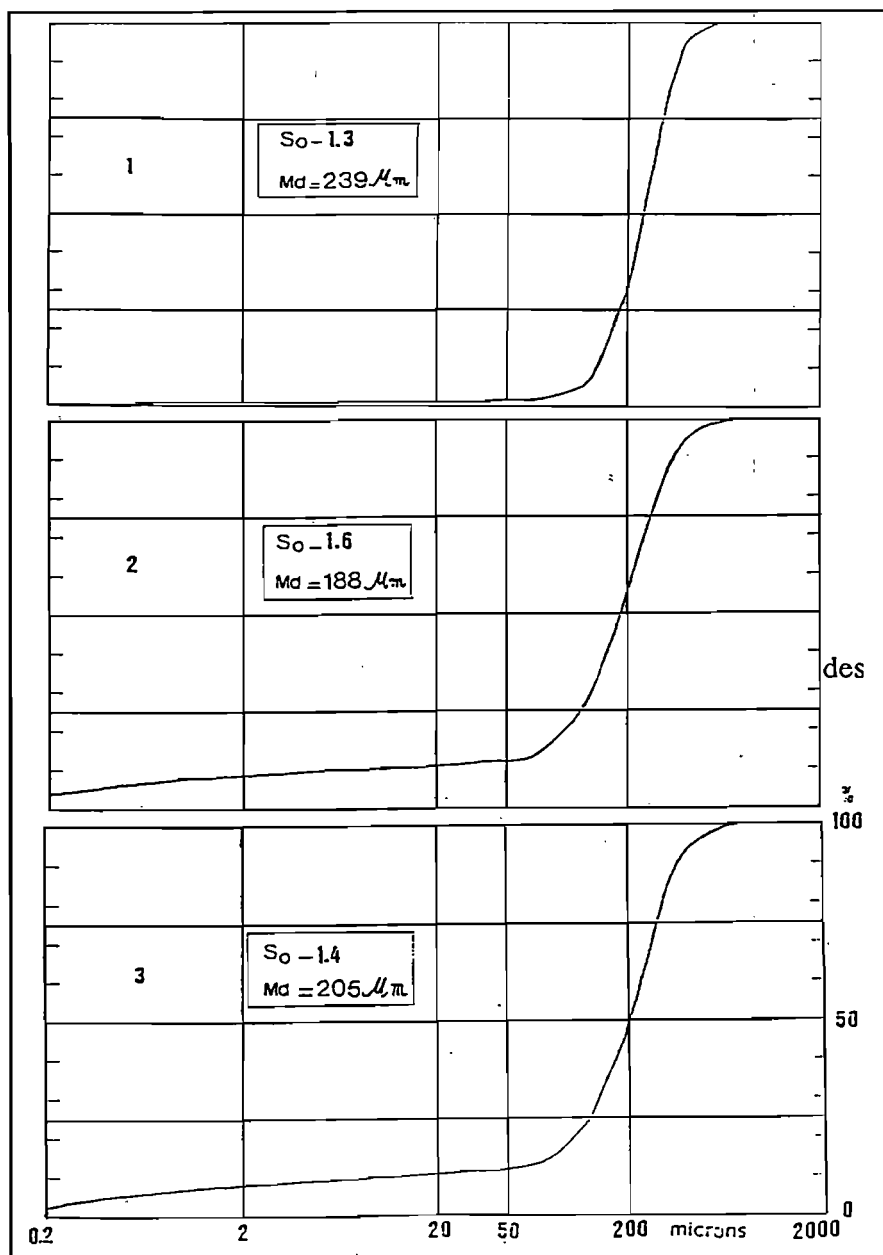


Fig. 71- Courbes granulométriques des sables de la coupe de Matombi (Fig. 70).

Conclusion

Le cirque de Diosso est un héritage des dernières oscillations climatiques du Quaternaire. Commencée vraisemblablement au retour des pluies au Kibangien A, son évolution, très discontinue, a connu un long arrêt durant la période aride de cette phase morphoclimatique (3000 - 1200 ans BP). Ce relief en creux, dont le façonnement reprend vers 1200 ans BP et s'accélère fortement à partir des années 600-500 BP a atteint son actuel tracé en plan au début de ce siècle. Sa dynamique a sans doute diminué d'intensité pendant un temps, ce qui a permis à la végétation forestière de se développer très vite au fond de l'appareil. L'évolution du cirque semble connaître une légère accélération aujourd'hui. La multiplication des affaissements, qui rafraîchissent la paroi est un indice probant de cette relance de l'érosion.

C'est, en somme, dans un contexte de variations permanentes des conditions climatiques que s'est inscrite la formation et le développement du cirque de Diosso. Elle s'est faite progressivement avec des périodes d'accélération et des moments d'indigence, voire d'arrêt. Elles correspondent également aux moments parfois très courts des retours des pluies après une sécheresse qui affaiblit le couvert végétal protecteur des sols. Ces moments de retours des pluies ont été sans doute les plus déterminants. Les périodes d'indigence se situent au milieu et à la fin des phases humides, lorsque la végétation a atteint une meilleure occupation des sols. Elles se placent également au milieu des périodes sèches qui provoquent la diminution du volume des cours d'eau et des nappes phréatiques. Mais il faut dire que pendant la phase humide, en dépit d'une bonne couverture végétale, les risques d'érosion restent présents

Le recul actuel de la paroi, bien que localisée sur son grand axe, constitue un danger imminent pour la route principale qui est menacée de coupure et également un handicap majeur pour l'agriculture paysanne dont les cultures sont régulièrement détruites par les ruissellements ou les épandages de sable.

C'est pourquoi, une réflexion sur les problèmes d'aménagement de ces cirques s'impose à la fin de cette étude.

CHAPITRE IX

REFLEXION GÉNÉRALE SUR LA LUTTE CONTRE L'ÉROSION DANS LE CIRQUE.

INTRODUCTION

L'évolution du cirque de Diosso préoccupe à la fois les paysans et les autorités administratives de la région.

Pour les paysans, dont le fond du cirque est le principal terroir agricole, son évolution constitue une préoccupation majeure, à cause des ravinelements, des glissements de terrain et des épandages de sable qui détruisent souvent les champs.

Les cirques d'érosion en général et celui de Diosso en particulier, menacent, par ailleurs, les routes. A Diosso, le lobe de ce cirque, le plus proche de la route nationale n°5 qui relie Pointe-Noire à la partie nord de la région, recule en moyenne de 2,5 m/ an. Vu le caractère actif de ce lobe, si aucune intervention n'est faite d'ici là, la route sera coupée dans environ 5 ans, puisqu'après avoir été à 100 m en 1931 et à 17 m en 1983, il se trouve actuellement à moins de 10 m. Cela est d'autant plus préoccupant qu'une modification du tracé actuel serait non seulement très onéreuse parce qu'elle nécessiterait un détour de plusieurs dizaines de kilomètres pour éviter la zone de concentration des cirques, mais aussi et surtout entraînerait l'enclavement de plusieurs villages qui devraient de ce fait se déplacer.

Une réflexion sur les moyens de lutte anti-érosive revêt ainsi un double intérêt : celui de réfléchir aux solutions à apporter à ce problème et celui de fournir aux aménageurs les données géomorphologiques pouvant aider toute intervention.

Ainsi, la réflexion sur les opérations à mener pour freiner le recul du cirque nécessite avant tout une interprétation de l'évolution actuelle du cirque et surtout un rappel des mécanismes de cette évolution.

1 - INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'EVOLUTION QUANTITATIVE DU CIRQUE.

Au vu des observations faites sur le terrain, les pluies demeurent le facteurs essentiel de l'évolution du cirque de Diosso. Elles sont au centre de la chaîne des mécanismes qui font reculer la paroi. Les précipitations imbibent les rebords supérieurs du cirque ; sature les sols et sont à l'origine des suitements d'eau sur la paroi du cirque. Les suitements créent des encoches qui rompent l'équilibre de l'enceinte, à travers l'appel au vide qu'ils provoquent par les porte-à-faux. Les pluies prennent également en charge les produits des effondrements par les ruissellements.

Ainsi, dans le cadre de l'aménagement des cirques, établir les relations existants entre l'évolution du cirque de Diosso et le rythme des pluies, apporterait des indications importantes dans le cadre des solutions à apporter au problème posé par ce phénomène.

Malheureusement les données pluviométriques de la station de Loango proche du cirque, ne couvrent pas toute la période étudiée. Plus complètes, les pluies de la station de Pointe-Noire, située à 25 km environ au sud du cirque, n'expliquent pas son évolution quantitative. Compte tenu de la grande variation spatiale des pluies dans la région côtière, illustrée par un coefficient de corrélation très faible (0,33) entre Pointe-Noire et Loango, on ne peut entreprendre l'analyse plus fine des données pluviométriques.

Toutefois, vu la place qu'occupent les pluies dans l'évolution du cirque, toute étude tournée vers l'aménagement de ces sites implique la prise en compte de ce paramètre et donc la mise en place d'un protocole de mesures.

2 - RAPPEL DES MECANISMES D'EVOLUTION DU CIRQUE ET DES CAUSES DE MAINTIEN DE L'EROSION.

L'évolution du cirque de Diosso, bien que présentant les mêmes caractéristiques que celle des autres cirques, est très complexe. Cette complexité réside dans le compartimentage de l'appareil en de petites cellules évoluant indépendamment. Ces cellules que sont les différentes reculées, déjà décrites, évoluent par érosions régressives verticale et latérale.

Les mécanismes d'érosion qui font évoluer l'excavation sont principalement des mouvements de masse. Sous forme d'affaissements brusques et rapides et de glissements lents et progressifs, ceux-ci s'observent aussi bien le long de la paroi bordière qu'au niveau des flancs des échines centrales du cirque. Mais l'évolution de la paroi diffère légèrement de celle des arêtes centrales.

La paroi bordière, souvent subverticale, est le lieu des affaissements en paquets, provoqués principalement par l'existence d'un horizon imperméable qui gêne le drainage vertical des eaux et favorise le développement des sourcins. Ceux-ci sont à l'origine des phénomènes de soutirages, responsables des petites encoches qui déséquilibrent la paroi. Mais certains affaissements n'affectent que la partie supérieure de la paroi (2 ou 3 mètres de profondeur) et leur effondrement s'explique principalement par l'action des pluies qui peuvent imbiber ces horizons supérieurs et provoquer le basculement des pans entiers sous l'effet de leur propre poids.

Les arêtes centrales évoluent plus lentement en raison, d'une part, de la teneur en argile, plus élevée des formations sous-jacentes à l'horizon cuirassé, dans lesquelles est taillée la plupart de ces échines et d'autre part, de la protection que leur assure le pavage de galets qui recouvre surtout les arêtes au sommet arrondi. Ce pavage permet juste le départ des matériaux fins à travers une érosion selective entretenue par des ruissellements discrets.

La forêt, plus développée sur ces reliefs, joue également un rôle protecteur. ainsi, les mouvements de masse sont lents, sauf lorsqu'ils sont dûs à un appel au vide provoqué par un sapement à la base, comme l'illustrent les photos 3 et 4 de la planche V, déjà décrite dans la deuxième partie.

Les produits des affaissements et des glissements sont pris en charge par les ruissellements qui les transportent vers les rivières qui, à leur tour, les évacuent vers l'Océan. Dominés par la rivière Matombi, les cours d'eau qui drainent le cirque de Diosso sont très dynamiques. Constamment chargés, même durant la saison sèche, ils sont capables de charrier, lors des averses, des masses considérables de matériaux, à l'image du paquet d'argile de 33 cm, observé à quelque dizaines de mètres de l'embouchure sur le lit de la rivière Matombi, le 2 avril 1990, après une pluie tombée sur la région dans la nuit du 1er au 2 avril (photo 5 planche V). Le dosage de la charge solide, effectué dans un échantillon d'eau prélevé à quelques centimètres du fond et à environ 100 m de l'embouchure était de 2 g./l. Les mesures de débit faites de façon rudimentaire, au même endroit, en septembre 1990 et 1991 (pendant la période d'étiage), par la formule $Q = V_s \cdot S \cdot K$ (Q = débit - l/s - ; V_s = vitesse moyenne de l'écoulement de l'eau en surface; S = surface de la section mouillée délimitée; $K = 0,9$), ont donné un débit moyen de 32 l/s. Ce débit était deux fois supérieur le 2 avril 1990 avec une charge solide qu'on peut ainsi estimer à 130 g/s environ.

Les écoulements d'eau sont, de ce fait, le principal agent de l'évolution du cirque. Leur action contribue directement, avec l'action de l'homme liée à la mise en culture du fond du cirque, au maintien de l'érosion. La maîtrise de cette érosion passe par conséquent par le contrôle de ces paramètres.

PLANCHE V

1	2
3	4
	5
6	7

1 et 2 : Argile rouge à la base du remblaiement de l'exutoire du cirque de Diosso. On observe également sur la plage (photo 1) la souche d'un arbre vestige d'une forêt fossilisée

3 : Evolution par érosion régressive d'une arête dans le cirque de Diosso. Les mouvements sont causés par l'enfouissement à la base de la rivière. On remarque la succession des strates argileuses et sableuses.

4 : Glissement de terrain sur le flanc d'une arête centrale dans le cirque de Diosso. Les causes sont: sapement à la base par la rivière; mise en culture du versant (les plants de tubercules de manioc y sont encore visibles) ; la pente assez forte (supérieure à 20°). On peut en outre noter, à travers la coloration de l'eau, le caractère très chargé des eaux

5 : Paquet d'argile sur le lit de la rivière Matombi.

6 et 7 : Blocs de cuirasse sur les arêtes stabilisées dans le fond du cirque de Diosso.



PLANCHE V



3 - SCHEMA THEORIQUE DE STABILISATION NATURELLE DU CIRQUE DE DIOSSO

La stabilisation du cirque de Diosso passe par celle progressive des différents petits sillons du centre et celle de la paroi bordière. Elle implique la non prise en charge des produits des affaissements et des glissements de terrain par les écoulements d'eau. L'entassement de ces matériaux au pied de la paroi adoucit la pente et fait disparaître progressivement la verticalité de la paroi.

Dans les sillons, l'amoncellement des éboulis latéraux encombre le fond et obstrue le canal de sortie. Les sédiments latéraux et ceux en provenance de la partie amont sont retenus et relèvent le niveau de base. Ils bouchent peu à peu le sillon.

Lorsque la pente est suffisamment adoucie; les angles très arrondis; les abrupts ont disparu et les risques d'affaissement réduits ; la végétation profitant de l'humidité relative des fonds de cirques, peut s'établir. Colonisant d'abord les arêtes centrales, elle gagne peu à peu le talus bordier. Le rôle de la végétation serait de fixer le sol par le réseau de ses racines, de réduire les ruissellements par l'humus provenant de la décomposition de la litière, qui améliore la structure du sol et augmente sa porosité et par conséquent sa perméabilité.

Ce schéma permet d'aboutir progressivement à une large dépression aux formes adoucies, au fond fortement vallonné et recouverte par la forêt, à l'image des cirques figés qu'on observe sur les versants du Mayombe et dont le figement s'est fait naturellement. Pour le cirque de Diosso, il est difficile d'envisager une stabilisation globale de l'appareil. Ce schéma ne peut aboutir que progressivement et il implique l'intervention de l'homme.

3 - 1 - QUELQUES PROPOSITIONS D'ORDRE GENERAL POUR LE CONTROLE DE CETTE EROSION

La stabilisation de ce cirque, à travers les étapes ci-dessus décrites nécessite une intervention massive de l'homme. Il faut mettre en action plusieurs moyens à la fois et les opérations doivent être menées de façon concomitante sur la paroi bordière et le long des arêtes centrales.

Sur la paroi - limite.

- Réduire ou annuler si possible les ruissellements sur les bords du talus et sur la paroi elle-même par un reboisement du plateau autour du cirque, avec des espèces étudiées pour la circonstance.

- Les arbres doivent être suffisamment éloignés du rebord abrupt, pour éviter que leurs racines ne provoquent des éboulements sur la paroi.

- Interdire le défrichement de la forêt qui remonte la surface du talus et exiger qu'à la base de celui-ci les défrichements laissent toujours une bande forestière d'une dizaine de mètres au moins, au contact de la paroi abrupte et du plancher plus ou moins plat.

- Boiser les espaces nus de la zone de contact plancher-paroi avec une végétation légère tel *Oxytheutera abyssinica* (bambou de Chine), pour réduire les risques de chablis qui sont un facteur accélérant.

- Supprimer les gros arbres de la forêt naturelle recouvrant les surfaces inclinées.

- Aménager les chenaux de ruissellement qu'on ne peut dériver.

- Entretenir les pistes qui descendent dans le cirque en les élargissant, en cimentant ou en renforçant le fond par des pierres. Leur profondeur doit être extrêmement faible et les rebords taillés de façon à les rendre moins abrupts. Le tracé de ces pistes doit être étudié à l'avance de façon à éviter les secteurs à risque. Il importe toutefois de réduire au maximum ces sentiers qui peuvent être utilisés comme gouttières par les ruissellements.

La paroi continuera à progresser tant qu'elle aura une pente proche de la verticale. Dans les endroits où la pente est encore abrupte, les risques d'effondrement restent intacts et la végétation s'installe difficilement. La stabilisation par la végétation ne peut s'envisager que lorsque la pente du talus est très éloignée de la verticale. C'est pourquoi il faut déclencher les affaissements au bulldozer afin de diminuer la valeur de la pente.

Les interventions à la machine, très coûteuses, ne peuvent être envisagées sur l'ensemble du cirque. Il faut agir sur les secteurs les plus menaçants tel que le lobe représentant un danger imminent pour la route. Il est très improbable que la nature seule réussisse à l'arrêter même si on protégeait la végétation à la base de ce lobe. Sa stabilisation nécessite, ainsi, une intervention directe de l'homme, en diminuant la pente au bulldozer et en boisant le versant obtenu. L'intervention doit s'effectuer pendant la saison sèche tout en accélérant l'enherbement et la croissance des arbres par un arrosage suffisant, un apport d'engrais et surtout par la sélection des espèces à croissance rapide.

Entre la route et le rebord du lobe, il importe de construire un fossé de protection pour diminuer les risques de ruissellements intempestifs.

Au fond du cirque

Pour stabiliser les arêtes centrales, il faut entreprendre les mêmes opérations que sur la paroi, à savoir maintenir les surfaces inclinées sous couverture forestière et boiser ou reboiser les espaces dénudés.

Cela nécessite une coopération très large avec les populations rurales qu'il importe d'initier aux méthodes de l'agriculture intensive pour réduire le défrichement des versants inclinés.

Pour les sillons, il faut inventorier les plus actifs et les entrecouper de barrages de pierres, des fascines ou des treilles métalliques

Toute intervention doit être étudiée à l'avance de façon à éviter qu'elle ne déclenche d'autres phénomènes incontrôlables. Il faut par exemple que les barrages érigés n'empêchent pas la circulation de l'eau mais celle des éléments grossiers qui vont permettre le relèvement du niveau de base de chaque sillon.

Le long des lignes d'écoulements permanents, il faut dériver les écoulements des bords des arêtes centrales afin d'empêcher leur sapement à la base.

En somme, la stabilisation du cirque de Diosso notamment, celle des lobes qui menacent actuellement la route, nécessite la mise en place d'un plan d'action destiné à élaborer les méthodes et les moyens de lutte "anti-érosive". L'intervention nécessite, certes, des moyens financiers, mais il est évident qu'elle serait moins coûteuse que la construction d'une nouvelle route dont les études de faisabilité, très onéreuses, risquent de prendre du temps.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude aborde l'un des aspects importants, mais encore très peu étudié de la dynamique actuelle du bassin côtier congolais : les cirques d'érosion, formes spectaculaires, véritables curiosités touristiques, car ils sont incontestablement le trait majeur de la morphologie côtière.

Basée sur l'analyse des paysages aussi bien sur le terrain qu'à l'aide des documents iconographiques ; sur des mesures quantitatives par photogrammétrie et sur des analyses de laboratoire (granulométrie et morphoscopie des sédiments), cette étude s'était fixé trois objectifs principaux. D'abord, elle visait l'approche de la dynamique actuelle dont la maîtrise des facteurs et des processus est la condition sine qua non pour toute action tournée vers l'aménagement de ces sites. L'étude visait en outre à cerner les facteurs et les processus, qui ont présidé au creusement de ces formes dans un milieu relativement stable.

Que peut-on retenir de cette étude?

L'analyse des grandes lignes du relief, en relation avec la littérature existant sur la question, permet de conclure à la suite de GIRESSÉ et autres que l'organisation des paysages topographiques du bassin sédimentaire côtier a été pendant longtemps sous le contrôle de la tectonique.

L'étagement des formes depuis le littoral jusqu' à la montagne (Mayombe) ; les escarpements majeurs tel que le talus interne ; les vastes zones déprimées telle la grande dépression de la vallée du Kouilou, sont des accidents tectoniques dont l'érosion n'a fait que façonner ou modeler dans le détail.

Il faut cependant noter que les rapports existant entre les plateaux et le littoral ne sont pas encore élucidés avec précision. La nature géomorphologique de l'escarpement qui les sépare dans la région de Pointe-Noire, n'est pas encore précisée. En effet, l'interprétation géomorphologique de cet accident topographique, qui marque le relief côtier, est rendue difficile par plusieurs faits de terrain

Il faut retenir par exemple que sur le littoral de Pointe-Noire, le soubassement Secondaire et Tertiaire n'est recouvert que de 7 m environ de sédiments remaniés du Quaternaire récent. Dans ces conditions, il est difficile, en l'absence de la série des cirques sous ces sédiments littoraux, de déterminer la nature géomorphologique de cet escarpement. A plusieurs endroits les formations supérieures du plateau sont identiques à celles du littoral. La granulométrie et même les minéraux argileux (annexes-3) ne permettent pas de distinguer les formations de ces deux grandes unités géomorphologiques.

Ainsi, la géologie du bassin sédimentaire côtier renferme encore plusieurs points d'ombre. Si le Plio-pléistocène retenu comme âge de la série des cirques est plus probable, en raison d'un certain nombre d'indices tel que l'existence, sous cette série, d'une formation argilo-sableuse datée du Miocène, cet âge reste à préciser pour chacun des niveaux qui compose ladite série. Le niveau ou l'horizon cuirassé qui sépare les deux "étages" de la série des cirques demeure encore une véritable interrogation dont l'élucidation permettrait de faire un grand pas dans la connaissance de la géomorphologie côtière.

Mais les plateaux côtiers sont des surfaces d'érosion modelées par plusieurs phases qu'on peut situer aisément au Quaternaire. Ces phases d'érosion ont largement été influencées par les mouvements eustatiques et par les variations climatiques du Quaternaire. Les marques les plus représentatives de ces oscillations climatiques sont les cirques d'érosion. Ceux-ci constituent, il importe de le mentionner, la manifestation la plus spectaculaire de l'érosion dans la région.

L'étude approfondie des grandes lignes de ces excavations ; les observations de leurs caractéristiques, permettent de mettre en évidence trois types de cirques dont la morphologie de chacun est tributaire de son mode de formation et d'évolution. La naissance d'un cirque, au vu des données du terrain, est facile à imaginer. Ils naissent soit des ravines linéaires, soit du modelé en marches d'escaliers que le ruissellement diffus met en place sur les versants et qui, pluies après pluies, finit par se développer et donner naissance à une excavation.

L'agrandissement d'un cirque 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. Ainsi, un développement longitudinal plus important donne naissance à un cirque allongé encore appelé *reculée* à cause de ses caractéristiques morphologiques qui les rapprochent des *reculées jurassiennes*. Lorsque le développement se fait en front continu, il se dégage une excavation aux formes élémentaires encore appelée *Amphithéâtre élémentaire*. Le troisième type de cirque est le résultat soit de l'excroissance d'un cirque simple, c'est-à-dire de la naissance de plusieurs lobes le long de la paroi d'un cirque simple, soit de la coaléscence de plusieurs petites formes.

Mais la complexité morphologique des cirques composés ne réside pas uniquement dans la manière dont ils naissent ou se développent, elle est aussi le fait de sa morphologie d'ensemble, très accidenté qui peut résulter d'autres paramètres tel l'emboîtement des nouvelles formes dans une ancienne excavation. Autrement dit, la typologie faite ici sur les cirques est à la fois génétique et morphologique.

La dynamique des cirques permet de distinguer ceux qui sont figés, ne fonctionnant plus, et ceux qui sont encore actifs. La différence de vigueur entre les deux types et leur disposition qui emboîte parfois le plus récent dans le plus ancien, permettent d'en distinguer deux générations..

La génération la plus récente, est très dynamique. Les mesures effectuées par photogrammétrie sur le recul du cirque de Diosso et les observations de terrain donnent des vitesses moyenne de 2,5 à 3 m/an. Ceci montre l'urgence des mesures à prendre pour lutter contre ce fléau devenu depuis quelques années une menace sérieuse pour les routes.et une préoccupation majeure pour les aménageurs.

Mais ces ordres de grandeur, corrélés aux observations de terrain et à d'autres travaux scientifiques sur la région permettent de situer la genèse du cirque de Diosso au Quaternaire récent et plus particulièrement au Kibangien (12000 - actuel). En effet, la faiblesse actuelle du ravinement des versants prouve que ces cirques ne sont pas le résultat de la dynamique actuelle, mais plutôt d'une dynamique antérieure considérablement puissante.

Le Kibangien, considéré comme une phase globalement humide se scinde en deux partie : une phase humide, le Kibangien A (12.000 -3.000 ans BP) et le Kibangien B (3.000 - actuel), globalement sec, mais entrecoupé de petites périodes de réhumidification dont l'étude reste encore embryonnaire mais qui se précise progressivement (Fig. 72).

Ainsi, les vitesses actuelles de recul du cirque, la topographie du fond de l'appareil ainsi que les résultats des datations effectuées par SCHWARTZ et al (1990) et moi-même, permettent de proposer deux phases d'évolution. La plus ancienne remonte au Kibangien A (12.000 - 3.000 ans BP) et plus précisément à la phase de transition entre la fin du Léopoldvillien et le début du Kibangien, c'est-à-dire au retour des pluies au Kibangien, alors que le sol est encore mal protégé par une végétation dégradée par la sècheresse léopoldvillienne. Ce résultat peut être considéré comme acquis. La seconde phase d'érosion qui se poursuit jusqu'alors est à situer, peut être, pour ce qui est de son début, entre 1200 et 1000 ans BP. Cette période correspond à une réhumidification du climat qui elle même est séparée d'une précédente phase humide située vers 2000 ans, par un bref épisode aride (ELENGA et al, 1992 ; SCHWARTZ, 1992 ; VINCENS et al, 1994, sous presse). Cette réhumidification du climat, proche d'une autre, que mes observations en corrélation avec les datations précitées mettent en évidence vers 600 - 500 ans BP est vraisemblablement le responsable du déclenchement de la vague actuelle de l'érosion des cirques. Les faits qu'on enregistre vers 600 - 500 BP ne représentent qu' une importante accélération de l'érosion de la même phase de creusement

Les deux phases d'érosion du cirque de Diosso sont séparées par la grandes sècheresse de la deuxième moitié du Kibangien, responsable des savanes actuelles. Elles sont ainsi à l'origine des deux générations de cirques citées supra.

AGES B.P.	EPISODE	TENDANCE		VEGETATION
		humide	sec	
0	actuel			reprise forest. partielle
500 ? 1000 ?	KIBANGIEN B			mosaïque forêt-savane
3000				savanisation
	KIBANGIEN A			forêts denses
12000				
15-18000				forêts claires?
22-24000	LEOPOLDVILLIEN			légère reprise forest.
30000				forêts sèches ?
	NJILIEN			mosaïque forêt dense/ forêt sèche ?
40000				
	MALUEKIEN			forêt claire?
70000 ?				
	PRE-MALUEKIEN	??????????		??????????

Fig. 72- Courbe de variations des phases morphoclimatiques au Quaternaire récent.

L'étude de la génération actuelle, permet de cerner les mécanismes de cette érosion et les paramètres qui la maintiennent

Les causes de la dynamique sont à la fois naturelles et anthropiques. Les pluies sont le facteur naturel le plus déterminant. Elles alimentent les eaux d'écoulement, imbibent les bordures des parois des cirques qui finissent par céder sous le poids de l'eau. Le recul des parois se fait, ainsi, par des affaissements brusques, provoqués par les émergences temporaire d'eau qui se font entre les formations plus sableuses et celles plus argileuses. La prise en charge du matériel écroulé, assurée par les écoulements d'eau au fond du cirque, contribue au maintien de l'érosion.

L'action anthropique dont l'étude a révélé l'importance dans le fond de ces appareils, est liée aux défrichements de la forêt au fond des cirques, l'empêchant ainsi de jouer son rôle protecteur,

La réduction des ruissellements aurait pour effet principal, la diminution du transfert des sédiments vers les zones d'écoulement permanent. En effet, si les matériaux affaissés ne sont pas pris en charge par les écoulements d'eau, ils s'accumulent au pied du talus et sur le plancher du cirque. Il se crée alors un encombrement de ces secteurs qui peut adoucir la pente des parois et ralentir l'activité érosive dans le cirque.

Ainsi, toute étude relative à la la stabilisation de l'érosion des cirques doit principalement viser le maintien en permanence des fonds de cirques sous couverture végétale et l'arrêt du transfert des sédiments loin des rebords du cirque. L'action anthropique sur la végétation doit donc être canalisée.

Ainsi, cette étude apporte une contribution à la connaissance de la géomorphologie dynamique de la région côtière, par la description détaillée des formes et l'analyse approfondie des faits de terrain, en relation avec la littérature existante dans ce domaine pour la région étudiée.

Mais par delà l'importance des données acquises ici, ce travail qu'on peut qualifier de pionnier dans ce domaine comporte des limites. Celles-ci sont à relever surtout dans le plan de la dynamique actuelle. Les pluies, qui sont les facteurs essentiels de l'évolution des cirques, ne sont presque pas étudiées sur l'ensemble du secteur. Vu les grandes variations spatiales des pluies dans la région, cet aspect mérite d'être approfondi, tout comme les autres facteurs de l'érosion actuelle. Il faut pour cela une étude expérimentale qui permettrait de saisir les seuils de précipitations, responsables des phénomènes d'imbibition des lèvres de la paroi.

Dans le domaine du Quaternaire récent, l'étude approfondie d'autres cirques peut apporter des éclairages déterminants. Il faut noter que les fonds des cirques renferment de nombreux vestiges qu'on n'a pas encore explorés. Des sondages plus profonds permettraient sans doute de mettre à jour des indices importants pouvant aider à comprendre les dernières dernières oscillations climatiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE LA R.P.C. 1971-72, O.R.S.T.O.M., Brazzaville, n° de septembre 1973.
- ATLAS Jeune Afrique de la République Populaire du Congo, 1977, éd. Jeune Afrique, Paris, 64 p.
- AUGER (A.), 1967: Le "trou de Dieu". Exemple d'érosion en cirque en terrain sableux. Revue Photo interprétation. n°6, fascicule5, pp 28-33.
- AVENARD (J. M.), 1969: Réflexion sur l'état de la recherche concernant les problèmes posés par les contacts forêts-savanes ; essai de mise au point et de bibliographie, Mémoire ORSTOM, N° 14 Coll. I.D.T. 154 p.
- AVENARD (J. M.) et ROOSE,(E. J.), 1972: Quelques aspects de la dynamique actuelle sur versants en Côte d'Ivoire. ORSTOM, centre d'Adiopodoume, 25 p multigr, (communication présentée au 22ème congrès international de géographie, Canada, août 1972)
- BABET (V.), 1928 : Sur les roches cristallophyliennes du Mayombe (Afrique-Equatoriale française). C. R. Acad. Sci. Paris, 187,pp.348-350.
- BALDY (C.), 1986, Agro-météorologie et développement des régions arides et semi-arides. Université des réseaux d'expression française. INRA (publication) 116 p.
- BIGOTTE (G.), 1959: Contribution à la géologie du bassin du NIARI. Thèse pour le grade de Docteur es Sciences ; bull de la Direction des mines et de la géologie. n°9.
- BERRY (L) et RUXTON (B), 1960, The evolution of Hong-Kong harbour basin, Z. für Geom. N.S., IV, pp.97-115
- BOCQUIER (G.) et BOISSEZON (P.), 1959 : Note relative à quelques observations pédologiques effectuées sur le plateau batéké (Région du pool, République du Congo, ORSTOM, B/ville, 19 p. Ronéo.
- BOINEAU (R.), 1957: Etude géologique des gorges de Sounda ; Eléments nouveaux apportés par les sondages. Bull de la Direction des mines et de la géologie.Gouvernement général de l'Afrique Equatoriale Française. n°8, pp 11-16.
- BONGO-PASSI (G.), 1984: Contribution à l'étude lithostratigraphique, minéralogique et géochimique du delta sous-marin profond du fleuve Congo. Thèse 3^{ème} cycle universitaire de Toulouse (option géologie). 215 p, 89 fig, 15 tab annexes.
- BOUBOUTOU (H.), 1976: La république populaire du Congo. Col A. Journaux, Hatier, Paris, 80 p, 25 photos, 30 fig.
- BOULVERT (Y.), 1990 : Avancée et recul de la forêt centrafricaine : Changements climatiques, influence de l'homme et notamment des feux. In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp.353-366.
- BRENON (P), 1958, Géomorphologie de l'Antsihanaka et de l'Antanosimboangy : érosion des sols à Madagascar, Tananarive, pp. 6-22.

BULLETIN CLIMATIQUE MENSUEL de l'ANAC .Ministère des transports et de l'aviation civile. Direction de la météorologie.

CAHEN (L) et LEPERSONNE (J), 1948: Notes sur la géomorphologie du Congo occidental, Ann.Musée du Congo Belge, sér. Sci. géol., vol.1, Tervuren Belgique. 95 p.

CAHEN (D) et MORTELMANS (G), 1973, Un site tshitoliën sur le plateau des Bateke (Rép. du Zaïre), Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique, Ann., Sér. in 8°, Sci. Hum., n° 81, 48 p.

CAILLEUX (A.) et TRICART (J.), 1963: Initiation à l'étude des sables et des galets. T.I ; C.D.U, 369 p, 72 fig

CAILLEUX (A.) et TRICART (J.), 1965: Traité de géomorphologie. T.5 : le modelé des régions chaudes, forêts et savanes. S.E.D.E.S, Paris, 322 p, 64 fig.

CARATINI (C.) et GIRESSE (P.), 1979 : Contribution palynologique à la connaissance des environnements continentaux et marins du Congo à la fin du quaternaire. Cr, Acad, Sci, Paris, 288 D, pp 379-382.

CARATINI (C.) et GIRESSE (P.), 1990 : Approche polynologique des environnements continentaux et marins du Congo à la fin du Quaternaire. In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp.221-223.

CARDET et ARCHIMBAUD (1931) : Carte de la région de Pointe-Noire, au 1/100.000.

CEGET, N°33, 1978: Géomorphologie des reliefs cuirassés dans les pays tropicaux chauds et humides ; Discussion générale et conclusions générales sous la direction du Professeur Jean DRESCH. pp 383-414.

CHAMLEY (H), 1987: Sédimentologie. Coll.géosciences, ed. Dunod, Bordas, Paris, 180 p.

CORNEN (G.), GIRESSE (P.),1977: La fin de la transgression holocène sur les littoraux atlantiques d'Afrique équatoriale et australe (Gabon, Congo, Angola, Sao-Thomé, Annobon), rôles eustatique et néotectonique. ASEQUA, bull. liaison, 50, pp 59-80

CORNET (J.), 1897 : Etude sur la géologie du Congo occidental entre la côte et le confluent du Luki. Bull. Soc. Belg. Géol. Paléon. Hydrol., 11, pp.311-377.

COSSON (J.), 1955: Carte géologique de reconnaissance de l'AEF. Feuille N°SB-32. NE.E. 1 Pointe-Noire au 1/500000 ; Direction des mines et de la géologie de l'AEF.Notice explicative ; Bull de la Direction des mines et de la géologie. n°7, pp 7-12.

CUSSET (G.), 1989 : La flore et végétation du Mayombe congolais : Etat des connaissances. In Révue des connaissances sur le Mayombe, PNUD-UNESCO, Paris, pp.103-135.

DADET (1966), Carte géologique de la république du Congo. Zone comprise entre les parallèles 2° et 5° sud, au 1/500.000, B.R.G.M.

DADET (P.), 1969: Notice explicative de la carte géologique de la rép du Congo B/ville au 1/500 000.(zone comprise entre les parallèles 2 et 5 Sud). Mémoire du BRGM, n°70.

DARTEVELLE (E) et SCHNEEGANS, 1935: Gisement fossilifère de Futa (A.E.F.) et Quaternaire de la zone littorale du Congo. Ann. comb. liquide, Paris, n°2, pp.274-275.

DECHAMPS (R.), SCHWARTZ (D) et GUILLET (B), 1988 : Découverte d'une flore forestière mi-holocène (5800-3100 B.P.) conservée in situ sur le littoral ponténégrin (R. P. du Congo). In C. R. Acad. Sci. Paris, t. 306, Série II, pp.615-618.

- DECHAMPS (R.), LANFRANCHI (R), LE COCQ (A) et SCHWARTZ (D), 1990 : Les macrofossiles végétaux du pays batéké et de la bordure de la cuvette congolaise (R. P. du Congo). In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp.224-227.
- DELIBRIAS (G), 1986, Le niveau de la mer au Congo pendant le dernier initenstade. In INQUA, 1986, Dakar symposium: Changements globaux en Afrique, passé, présent, futur ; 21-28 avril 1986. Ed ORSTOM, p 101-103.
- DENIS (B), 1974, Notice explicative n°52. Cartes pédologiques, Brazzaville, Kinkala (R.P.C.) à 1/200.000e, ORSTOM. 101 p.
- DE PLOEY, (J.), 1963, Quelques indices sur l'évolution morphologiques et paléoclimatiques des environs du Stanley-Paol (Congo). Studia Universitates Lavanium, 17,16 p.
- DE PLOEY (J) et VAN MOORSEL., 1963: Contribution a la connaissance chronologique et paléogéographique du gisement préhistorique des environs de Léopoldville (Congo) Studia Universites Lavanium, 19, 19 p.
- DE PLOEY (J), 1965: Position géomorphologique, genèse et climatologie de certains dépôts superficiels au Congo occidental, Quaternaria, VII, pp.131-154.
- DE PLOEY (J) 1991, Bassins versants ravinés : analyse et prévision selon le modèle ES. In bull de la soc géogr de Liège. Vol 27, pp 69-76.
- DEVIGNE (J. P.), 1959: Le précambrien du Gabon occidental en Afrique Equatorial Française et régions limitrophes. Bull de la Direction des mines et de la géologie. Fasc n°11.
- DOWSETT-LE MAIRE (F) et DOWSETT (R. J.), 1991 : Flore et faune du bassin du Kouibou (Congo) et leur exploitation. Tauraco research. Report n°4, In association ave CONOCO, 430 p.
- DUBOIS (D.), ICOLE, (M.) et TRICHET (J.), 1978: Les formations ferrugineuses du Continental-Terminal du Bassin des Millemeden (Niger occidental). Sédiments, transformations post-sédimentaires et cuirassement. In TDGT, CEGT. n°33, pp 259-378.
- DUCHAUFOUR.(Ph) et SOUCHIER (B.), 1979, Pédologie : vol.2 : Constituants et propriétés du sol, Edit. Masson, Paris, 459 p.
- ELENGA (H.) et VINCENS (A.), 1990 : Paléoenvironnements quaternaires récents des plateaux Batéké (Congo) : étude palynologique des dépôts de la dépression du bois de Bilanko. In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp.271-282.
- ELENGA (H.), SCHWARTZ (D), et VINCENS (A), 1992 : L'environnement botanique du littoral congolais pendant les six derniers millénaires : étude de macrorestes végétaux et analyses palynologiques. Bull. Soc. géol. Fr. 163. 1, pp 83-90.
- ELOUARD (P.), FAURE (H) et HEBRARD (L), 1969: Quaternaire du littoral mauritanien entre Nouakchott et Port-Etienne (18°-21° latitude Nord) Bull. ASEQUA, n° 23/24 pp 15-24.
- FAURE (H) et al., 1967: Schéma des variations du niveau de l'océan Atlantique de la côte de l'ouest de l'Afrique depuis 40.000 ans C.R.Acad.sci.Paris, pp 784-787.

FLAGEOLLET (J.C), 1977: Origine des reliefs, altérations et formations superficielles: contribution à l'étude géomorphologique des massifs anciens cristallins l'exemple du Limousin et de la Vendée du nord-ouest. Annales de l'école nationale supérieure de géologie appliquée et de prospection minière du centre de recherches pétrographiques et géochimiques (C.N.R.S.). Mémoire n°35, coll. Sciences de la terre. Ed. fondation scientifique de la géol. et des ses applications, Nancy, 461 p.

FORESTA (H. de), 1990 : Origine et évolution des savanes intramayombiennes (R. P. du Congo). II. Apports de la botanique forestière. In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp. 326-335.

FREDOUX (A.), 1977 : Etude palynologique de quelques sédiments du Quaternaire ivoirien. In Rech. Franç. sur le Quaternaire. Inqua, suppl. Bull. Af. Eq, 1. n° 50, pp. 181-186.

GIRESE (P.) et TCHIKAYA (J. B.), 1975: Contribution à la carte géologique de la plate-forme sous-marine congolaise. Mission N.O NIZERY de janvier 1974). In annales de l'université de B/ville, Tome XI, série C, Sciences, pp 23-34.

GIRESE (P.), 1978: Le contrôle climatique de la sédimentation marine et continentale en Afrique centrale atlantique à la fin du quaternaire ; problème de corrélation. In Paléogéographie, paléoclimatology, Amsterdam. Printed in the Nertherlands.

GIRESE (P.), 1980: Carte sédimentologique du plateau continental du Congo. (notice explicative n°85). ORSTOM-Paris.

GIRESE (P.) et MOGUEDET (G.), 1980: Chrono-séquence fluvio-marines de l'Holocène de l'estuaire du kouilou et des colmatages côtiers voisins du Congo. Recueil des travaux du centre de recherches de sédimentologie marine de Perpignan , pp 61-85 ; 1982-83.

GIRESE (P.), 1981: Les sédimentogénèses et les morphogénèses quaternaires du plateau et de la côte du Congo en fonction du cadre structurale. Recueil des travaux du laboratoire de recherches de sédimentologie marine de Perpignan (France). 1983-84. pp 1 à 23, 11 fig. In bull de l'IFAN tome 43, série A N°1-2, pp 44-63.

GIRESE (P.), 1981: L'environnement structural et sédimentaire du plateau et de la côte du Congo à la fin du quaternaire : une synthèse. In Océanis, Vol 7, fasc 4, pp 373-380.

GIRESE(P) et LANFRANCHI (R), 1984, Les climats et les océans de la région congolaise pendant l'holocène - Bilan selon les échelles et les méthodes de l'observation. Palaeocol. Africa, 16, 77-88

GIRESE (P) et BARUSSEAU (J.P.), 1986, La succession des lignes de rivage quaternaires du continent africain, in : H. FAURE, L. FAURE et E.S. DIOP (éds.), Changements globaux en Afrique, Passé - Présent - Futur, Symp. Int. INQUA / ASEQUA, Dakar, Travaux et Documents n° 197, ORSTOM, Paris, p. 165-168.

GIRESE (P.), 1990 : Esquisse géologique de l'Afrique centrale occidentale. In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique : Editions de l'ORSTOM, pp. 15-19.

GIRESE (P.) et LE RIBAUT,(L.), 1981: Contribution de l'étude exoscopique des quartz à la reconstitution paléogéographique des derniers épisodes du quaternaire littoral du Congo. In quaternary research, Waschingon, n°15, pp 86-100.

GIRESE (P.), 1982 : Les terrasses alluviales en République Populaire du Congo : Bilan de paléoenvironnements clilatiques, morphologiques et préhistoriques. In Ass. Sénégal. Quatern. Afr., Bull. Liaison, Sénégal, n° 62-63, pp.113-136.

GIRESSE (P.), BONGO-PASSI (G), DELIBRIAS (G) et DUPLESSY (J.- C.), 1982 : La lithostratigraphie des sédiments hémipélagique du delta du fleuve congo et ses indications sur les paléoclimats de la fin du Quaternaire. Bull. Soc. Géol. France, 7, XXIV, 4, pp.803-815.

GIRESSE (P.) et KOUYOUMONTZAKIS (G.), 1990, Témoins quaternaires du littoral du Congo et du Sud du Gabon. In Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp 106-109.

GIRESSE (P.) et LE RIBAUT (L.), 1990 : Reconstitution paléogéographique des derniers épisodes quaternaire littoral du Congo par l'étude exoscopique des quartz. In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp.98-105.

GIRESSE (P.), MALOUNGUILA-NGANGA (D) et MOGUEDET (G), 1990 : La succession des paléoenvironnements quaternaires des plateformes continentales du Sud du Gabon, du Congo, du Cabinda et du Zaïre (Pléistocène supérieur et Holocène). In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp.71-77.

GRAS (F.), 1965: Les sols tourbeux de la ceinture maraichère de Pointe-noire. (Avec carte au 1/10 000). ORSTOM, B/ville, 26 p.

GUILLOT (B.) et PEYROT (B.), 1979 : Etude du fonctionnement des vallées sèches du plateau de Mbé (Congo) : Problèmes hydrologiques et morphologiques. In Cah. ORSTOM, Sér. Sci. Hum., Vol. XVI, n° 3, pp. 205-231.

HAAS (J. O.), 1937 : Les recherches pétrolières en Afrique-Equatoriale française. C. R. II^e Congrès Mondial pétrole, Fr., 1, Section I, pp. 183-189.

HAGENBUCHER-SACRIPANTI (F), 1973 : Les fondements spirituels du pouvoir au Royaume de Loango (R.P.C.),Mémoire ORSTOM, n°67, Paris, 241 p.

HANSEN (J.), 1893 : Carte des côtes du Congo français. Feuille N° 21, au 1/80.000.

HENIN (S.), 1977 : Cours de physique du sol, t. I et II : l'eau et le sol. Les propriétés mécaniques. La chaleur et le sol. ORSTOM, Paris.

HERVE (D.), 1989: Systèmes de culture et érosion : l'état de surface du sol, indicateurs de risques d'érosion liés aux systèmes de cultures. In Le risque en agriculture. Edition de l'ORSTOM, Elbin Michel et P. Milleville (ed) collection à travers champs ; pp 65-80. Paris.

HOSSIE (G.), 1980 : Contribution à l'étude structurale de la chaîne ouest-congolienne (panafricain) dans le Mayombe congolais. Thèse 3e cycle, Montpellier, 124 p.

HOURCQ (V.), 1943 : Les terrains sédimentaires de la région côtière de l'Afrique équatoriale française. Bull. serv. des mines.

I.G.N , 1951, Mission de Photographies aériennes, SB.32(bis)-VI au 1/50.000

I.G.N, 1960, -//- -//- -//- SB.31 (1bis)-VI au 1/50.000

I.G.N, 1960, Carte topographique de Pointe-Noire et ses environs, au 1/20.000, en 4 feuilles, Service géographique de Brazzaville.

I.G.N, 1966, Carte de l'Afrique centrale au 1/200.000, feuille de Pointe-Noire (S.B. 32-VI)

I.G.N, 1966, -//- -//- -//- 66 A.E.331/125, au 1/12.500.

I.G.N, 1981, -//- -//- -//- CONG.24/300 au 1/30.000

I.G.N, 1983, -//- -//- -//- 83/CONG. au 1/8.500

JAMET (R), 1967: Etude pédologique d'une zone témoin dans la région de Loango. ORSTOM, B/ville.

JAMET (R), 1969: Carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000 ; Feuille de Pointe-Noire ; Notice explicative ; ORSTOM, centre de Brazzaville.

JAMET (R), 1975: Evolution des principales caractéristiques des sols des reboisements de Pointe-Noire, ORSTOM, Brazzaville service pédol., 36 p.

JAMET (R) et RIEFFEL., 1976: Notice explicative n°65. Carte pédologique du Congo à 1/200.000e, feuille de Pointe-Noire, feuille de Loubomo. ORSTOM, Paris, 167 p.

JANSEN (F), GIRESSE (P) et MOGUEDET (G), 1982, Etude sismique de la plateforme congolaise (air-gun et mud- penetrator) ; mise en évidence de déformations intraplaques. Netherlands Journ. of Sea Res., 17, 2-4, 364-384.

JANSEN (J.H.F.), 1990, Glacial-interglacial océanography of the southeastern atlantic océan and the Paléoclimat of west central Africa, In "paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique" Ed. ORSTOM.

KITSOUKOU (A.), 1992 : Etude Géomorphologique du littoral ponténégrin (CONGO) : Contribution à l'étude des érosions actuelles du rivage. Thèse de Doctorat de l'université Louis PASTEUR de Strabourg I, 297 p.

KOECHLIN (J.), 1961: La végétation des savanes du Sud de la rép du Congo B/ville. Thèse pour le grade de Docteur es sciences naturelles. Montpellier, 311p.

KUETE (M.), 1988 : Géomorphologie du plateau Sud-camerounais à l'Ouest du 13° E. Thèse de Doctorat d'état, Université de Yaoundé, 859 p.

LANFRANCHI (R.) et SCHWARTZ, (D.), 1986: Paléogéographie du site de B/ville. In journées d'étude sur le B/ville, actes du colloque ORSTOM, AGECO, publiés avec le concours de la mission française de coopération et d'action culturelle. pp 23-36.

LANFRANCHI (R.) et SCHWARTZ (D.), 1990 : Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, 535 p.

LANFRANCHI (R.) et SCHWARTZ (D.), 1990 : Evolution des paysages de la Sangha (R. P. du Congo) au pléistocène supérieur. Bilan des observations archéologiques, géomorphologiques, pédologiques et paléobiologiques. In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp. 248-259.

LEBIGRE (J. M.), 1986: Problématiques des recherches sur les marais maritimes de Madagascar en vue de leur protection et de leur aménagement. Rev. de géogr. de Madagascar.

LEBOURDIER (P.), 1958: Aspect de la morphogénèse plio-quaternaire en basse Côte d'Ivoire (A.O.F). Revue de géomorphologie dynamique (RGD) IX^{ème} année, N°3-4 ; 5 figures.

LE RIBAUT (L.), 1977 : L'exoscopie des quartz. Masson, Paris, 150 p.

LOEMBE (D) et TCHICAYA (A), 1993, Les problèmes de dégradation des sites urbains par l'érosion hydrique au sud - Congo, Rapport dressé pour le compte de la Banque mondiale, 114 p. Annexes et Planches photos couleurs.

LOGAR (J. F.) et al., 1983 : La tectonique globale et les bassins ouest-africains. In well evaluation conference : Afrique de l'Ouest, Schlumberger, P.1-69.

LOMBARD (J.), 1928 : Notes préliminaires sur la géologie de l'Afrique-Equatoriale française. 2. Observations nouvelles sur les formations entre brazzaville et la côte atlantique. C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., 14, P. 251-252.

MALOUNGUILA-NGANGA (D.), 1983: Les environnements sédimentaires des plates-formes du Nord-Congo et du Sud-Gabon au quaternaire supérieur d'après les données de vibro-carottages. Thèse 3^{ème} cycle. Université de Toulouse-Perpignan, 160 p.

MALOUNGUILA-NGANGA (D.); NGUIE (J.) ; GIRESE (P.), 1990 : Les paléoenvironnements quaternaires du colmatage de l'estuaire du Kouilou (Congo). In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, pp 89-97.

MASSENGO (A.), 1970: Contribution à l'étude stratigraphique, sédimentologique et minéralogique de la série plio-pléistocène du bassin côtier du Congo B/ville. Thèse de doctorat en sciences. Université de Nancy, 159 p.

MERIAUX (S.), 1979, Le sol et l'eau, in Pédologie de DUCHAUFOR et al 1979, Masson, Paris.

MICHEL (P.), 1973: Les bassins des fleuves sénégal et gambie. Etude géomorphologique. Thèse d'Etat Strasbourg (1970),- Mémoire ORSTOM 63, Paris, 3 tomes, 752p., cartes h.t..

MIETTON (M.), 1988: Dynamique de l'interface lithosphère-atmosphère au Burkina Faso ; L'érosion en zone de savane. Ed EDITEC, 2 tomes CAEN.

MISSIE (J.P), 1984: Kinkala: Etude des formes de relief en cirque du secteur de N'Guéla? Mémoire de DES, Faculté des lettres et des sciences humines, département de géogr. Brazzaville, 170 p.

MOGUEDET (G.), 1975: La mangrove au Congo ; Travaux du laboratoire de géologie de l'université de Brazzaville. N°7 11p.

MOGUEDET (G.) ; BONGO-PASSI, (G.) ; GIRESE, (P.) et SCHWARTZ, (D), 1986: Corrélations entre sédiments quaternaires continentaux et marins au Congo. Revue de géologie dynamique et de géographie physique. Vol 27, fasc 2, p 131-140. PARIS.

MOLINIER (M), 1979: La sèheresse de 1978 dans le sud-ouest Congolais. In cah.ORSTOM, ser.hydrol., vol.xvi, n°2, p.77-88.

MORIN (S.), 1989, Hautes terres et Bassins de l'ouest CAMEROUN, études géomorphologiques, tome II, Université de Bordeaux III, Institut de Géographie et études régionales.

MOUKOLO (N.), 1992 : Hydrogéologie du CONGO : Le bassin sédimentaire côtier. Document du B.R.G.M. N° 210, Orléan, P. 59-75.

NAHAL (I.), 1975: Principes de conservation du sol. Masson et Cie, Paris, p 144.

NGOUMBI-NZOUZI (J. S.), 1982: Caractéristiques hydroclimatiques et leurs variations saisonnières sur le littoral congolais pendant l'année 1981 Mise en évidence d'upwelling. ORSTOM, Pointe-Noire, document N°58, nouvelle série.

NICOLINI (P.), 1955: Minéralisation du synclinal de la Nyanga. Bull de la Direction des mines et de la géologie. N° 7, p 21-28.

OYOMBA (E.), 1991: Autosuffisance alimentaire : Les neuf régions sur la sellette-4-le Kouilou. In le journal "Aujourd'hui" N°004, 6p, B/ville.

PANZER (W), 1954, Verwitterungs- und Abtragungsformen im Granit von Hong-Kong. Abh. Ak. Raumforschung und Landesplanung, XXVIII, pp. 41-60.

PETIT (M.), 1975: Le massif granitique de Kanda et la retombée occidentale du mayombé. in CEGET (étude de géomorphologie tropicale) N°22, p 147-159.

PETIT (M.), 1990 : Les grands traits morphologiques de l'Afrique centrale atlantique. In Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique : Editions de l'ORSTOM, P. 21-30.

PETIT (M.) et BOURGEAT (F.), 1965 : Les Lavaka malgaches. In agent naturel d'évolution des versants. Bull. Ass. de géogr. Fr. 332-333, P. 29-33.

PEYROT (B.), 1983: Interprétation : géomorphologie du littoral et de la façade maritime atlantique de la rép pop du Congo. In Travaux et documents de géographie tropicale ; CECET N°49, p 75-98.

RAT PATRON (P.), 1993: L'Histoire du Congo lue dans les cartes géographiques. ORSTOM, Pointe-Noire (inédit).

RAUCQ (P.), 1958: A propos des cirques d'érosion du Kasai (Congo belge). Ann. de la société géologique de Belgique. Tome LXXXI, p 283-293. (1957-1958)

REP. POP. CONGO., 1989: Précipitations journalières de l'origine des stations à 1965. Comité inter-africain d'études hydrauliques. ORSTOM, service d'hydrologie. Idem de 1966 à 1980, ASECNA, ORSTOM, 1989, DAKAR.

RIOU (G.), 1990 : L'eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux. Masson, Paris, 222 P.

RIQUIER (J.), 1954 : Etude sur les Lavaka. Mémoire de l'Institut Scientifique de Madagascar, série D, t. VI, P. 170-189.

RIQUIER (J.), 1958, Les "Lavaka" de Madagascar, Bull. Soc. Géogr., Marseille, LXIX, p.181-194.

RIQUIER (J.), 1966: Notes sur l'érosion en cirque au Congo. ORSTOM WC, 137 service pédologique. B/ville, 6 pages.

RIVIERE (A.), 1977, Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations. Masson, Paris, 171 p.

ROOSE (E.), 1973 : Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de basse côte-d'Ivoire. Contribution à l'étude de l'érosion hydrique en milieu intertropical. Thèse de Docteur-ingénieur, Fac. Scs, Abidjan, N° 2°. ORSTOM, Abidjan, 125 P.

ROOSE (E.), 1977 : Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Trav. Doc. N° 78, ORSTOM, Paris, 108 P.

ROUGERIE (G), 1965, Les lavakas dans l'évolution des versants à Madagascar. Bull. Ass. Géogr. Fr., n° 332/3, pp. 15-33.

SAMBA-KIMBATA (M.J), 1988: Influence du climat sur le milieu écologique: le Mayombe congolais. In Facteur et conditions de maintien de la fertilité du milieu tropical humide. Rapport du séminaire international de Pointe-Noire, UNESCO/PNUD/AUPELF, Paris, p.43-47.

- SAUTTER (G), 1951: Note sur l'érosion en cirque des sables au nord de Brazzaville. In bulletin de l'institut d'études centrafricaines (Nlle sér.) n°2, p. 49-61.
- SAUTTER (G.), 1970: Essai sur les formes d'érosion en "cirque" dans la région de B/ville. Mém Doc CNRS Paris, Vol N°9, 170p
- SCHWARTZ (D.), 1988 : Histoire d'un paysage. Le lousséké, paléo-environnement quaternaire et podzolisation sur sables batéké. Edition de l'ORSTOM, Paris, 285p.
- SCHWARTZ (D.), 1990 : La couverture pédologique de l'Afrique centrale atlantique. In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, P. 52-59.
- SCHWARTZ (D.) et LANFRANCHI (R.), 1990: Les remaniements de sols sur sables Batéké dans la région de B/ville (Congo), une mise au point. In Paysages quaternaires de l'Afrique centrale. Editions de l'ORSTOM, p 167-182.
- SCHWARTZ (D.), LANFRANCHI (R) et MARIOTTI (A), 1990 : Origine et évolution des savanes intramayombienne (R. P. du Congo). I. Apports de la pédologie et de la biogéochimie isotopique (^{14}C et ^{13}C). In paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique. Editions de l'ORSTOM, P. 314-325.
- SCHWARTZ (D), GUILLET (B) et DECHAMPS (R), 1990, Etude de deux flores forestières mi-holocène (6000-3000 BP) et subactuelle (500BP) conservées in situ sur le littoral pontenegrin (Congo). In Paysages quaternaires de l'Afrique centrale. Ed. de l'ORSTOM, pp. 283-297.
- SCHWARTZ (D.) et al., 1992 : Etude des profils isotopiques ^{13}C et ^{14}C d'un sol ferrallitique sableux du littoral congolais. Implications sur la dynamique de la matière organique et l'histoire de la végétation. In C. R. Acad. Sci. Paris, t. 315, série II, P. 1411-1417.
- SCHWARTZ (D.), 1992 : Assèchement climatique vers 3000 B.P. et expansion Bantu en Afrique Centrale Atlantique : quelques réflexions: Bull. soc. géol. France, t. 163, n° 3, pp 353-361
- SITA.(P), 1989: Rapport sur les espèces herbacées et ligneuses évoluant dans les savanes côtières et sous les eucalyptus à Pointe-Noire du 18 au 23 juin 1989. ORSTOM B/ville.
- SITOU (L), 1987, Recherches de géomorphologie littorale en milieu tropical humide : approche méthodologique, mémoire de DEA, ULP, UFR de géographie, STRASBOURG, 75 p., Annexes.
- SOFRATOP, 1981, Carte topographique de la région de Pointe-Noire, au 1/50.000, (en 4 feuilles), Ed. ELF-Congo, Paris
- SOFREMER, BCEOM, PAM, 1979: Etude es extensions du port de Pointe-Noire par le Ministère des transports et de l'aviation civile. Agence transcongolaise des communications.
- TRICART (J), 1965: Traité de géomorphologie: le modelé des régions chaudes, forêt et savanes. t IX, Paris, 322p.
- TRICART (J.), 1974 : Traité de géomorphologie. Le modelé des régions chaudes : Forêts et savanes. 2ème éd. SEDES, Paris, 345 P.
- UPOLI (W.), 1987: Mapping coastal changes from historical documents and aerial photographs. Journal ITC 1987-2. p 139-144.

VALENTIN (C.) et JANEAU (J. L.) , 1989-90 : Les risques de dégradation structurale de la surface des sols en savane humide (Côte d'Ivoire) cah. ORSTOM, sér. pédol. vol. XXV, n° 1-2, pp 41-52.

VAN CAILLIE (X. D.), 1983 : Hydrologie et érosion dans la région de Kinshasa. Thèse de Doctorat, OHAIN, 55 P.

VAN CAILLIE (X. D.), 1990: Erodabilité des terrains sableux du Zaïre et contrôle de l'érosion. In cah. ORSTOM, ser. pédol., vol.xxv, n°1-2, p.197-208.

VELLUTINI (P.), ROCCI (G), VICAT (J.P. et GIOAN (P), 1983 : Mise en évidence de complexes ophiolitiques dans la chaîne du mayombe (Gabon-Angola) et nouvelle interprétation géotectonique. Précamb. Res. 22, P. 1-21.

VENNETIER (P.), 1968: Pointe-Noire et la façade maritime du Congo B/ville. Mémoire. ORSTOM N°26 ; 458 p

VENNETIER (P), 1977, La géomorphologie du bassin côtier congolais, in Atlas du Congo, Editions Jeune Afrique, Paris, 64 p.

VICAT (J.-P.) et GIOAN (P.), 1989 : La chaîne précambrienne du mayombe en république populaire du Congo : Géologie, Métallogénie, Perspectives de développement. In Révue des connaissances sur le Mayombe, PNUD-UNESCO, Paris, P. 17-26

WALKER (J.), 1982 : Expérience d'Amateur, Comment des forces électriques expliquent la solidité des châteaux de sables, le déclenchement des avalanches et la formation des grumeaux, in rev. "pour la Science" N°56, de juin 1982.

ZINGA (J.J), Etude de la forêt au Aucouméa Klainéa et de son contact avec les savanes incluses en République du CONGO, thèse Université Rennes I, en préparation.

ZINGG (A), 1940, Degree and length of slope as it affect soil loss in runoff. Agr. Engng. , 21 : 3-8.

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Localisation de la région et des unités topographiques étudiées.....	8
Figure 2 : Quelques données climatiques de Pointe-Noire	11
Figure 3 : Repartition en directions des vents à la côte de Pointe-Noire.....	12
Figure 4 : Les bassins fluviaux de la façade maritime.....	14
Figure 5 : Les trois principaux faciès des dépôts fins.....	22
Figure 6 : Localisation des zones d'échantillonnage	23
Figure 7 : Distribution en plan des grandes unités topographiques de la région côtière du Congo	29
Figure 8 : Réseau hydrographique et principales lignes de crêtes sur la façade orientale du Moyombe.....	30
Figure 9 : Etagement des unités topographiques de la région côtière du Congo	31
Figure 10: Carte en courbes de niveaux du relief de collines pré- moyombiennes	33
Figure 11: Topographie et couverture végétale des lagunes côtière congolaises	35
Figure 12: Profil topographique du site de Pointe-Noire	36
Figure 13: Les unités topographiques du site de Pointe-Noire	36
Figure 14: Esquisse géologique de la région côtière.....	40
Figure 15: Bloc diagramme schématique des relations tectoniques entre le pré-mayombien et le Mayombe.....	42
Figure 16: Granulométrie des sables du niveau supérieur de la série des cirques. Echantillons prélevés à 2m environ de profondeur	48
Figure 17: Histogramme d'analyses morphoscopiques de G.D.1, coupe du cirque de Diosso	49
Figure 18: Courbes granulométriques globales du niveau supérieur de la série des cirques.....	50
Figure 19: Courbes granulométriques des sables (A) et globales (B) de quelques couches sous-jacentes à l'horizon cuirassé	53
Figure 20: Histogramme d'analyse morphoscopique de quelques couches sous-jacentes à l'horizon cuirassé	54
Figure 21: Courbes granulométriques des sables du cordon de la coraf au nord de Pointe-Noire	56
Figure 22: Courbes granulométriques comparables des sables.....	57
Figure 23: Courbes granulométriques comparées du niveau 2 de la coupe de Côte-Matève (a) et de la plaine littorale de Loango (b)	58
Figure 24: Coupe de synthèse des formations de la région de Côte-Matève.....	59
Figure 25: Courbe granulométrique des argiles de l'alvéole de Makola	60
Figure 26: Schémas structuraux montrant l'importance de la fracturation dans les séries antésalifères et le phénomène de diapirisme au large des côtes	64
Figure 27: Directions supposées de fractures continentales et sous-marines	66
Figure 28: Morphologie générale de la région de Diosso-Ntoupou	92
Figure 29: Blocs diagrammes schématisant les différents types de cirques.....	93
Figure 30: Tracé en plan des cirques autour de Diosso	94

figure 31: Profil longitudinal du plancher de la reculée de Tchibanda	95
figure 32: Deux reculées figées au sud de Pointe-Noire.....	96
Figure 33: Vallée de la rivière rouge au nord de Pointe-Noire	97
Figure 34: Vallée de la Loanda aux versants découpés par les amphithéâtres et les ravines	99
Figure 35: Croquis schématisé d'une ravine récente sur le versant gauche de la vallée de la Loanda	102
Figure 36: Croquis schématisés de deux petites excavations nées du modelé en marche d'escaliers produit par le ruissèlement diffus et concentrés (a) et un glissement de terrain (b)	104
Figure 37: Schéma théorique d'évolution d'une ravine	107
Figure 38: Croquis schématisé des mouvement des masses sur la parois des cirques	109
Figure 39: Caractéristiques de deux affaissements observés sur la paroi du cirque de Diosso	109
Figure 40: Schéma détaillé de l'amphithéâtre de la Loanda	112
Figure 41: Croquis en plan et en coupe de deux amphithéâtres.....	120
Figure 42: Courbe de corrélation des pluies annuelles à Loango et Pointe-Noire	126
Figure 43: Pluies mensuelles de quelques stations dans le bassin côtier	127
Figure 44: Hauteur annuelle des pluies à Pointe-Noire.....	128
Figure 45: Etude statistique des pluies de 1978 dans le Sud du Congo.....	129
Figure 46: Courbes de hauteurs de pluie, durée-fréquences à Pointe-Noire	130
Figure 47: Carte des pentes d'un aspect du plateau de Diosso-Hinda	137
Figure 48: Profil des versants des vallées de la Loanda et de Tchibanda	139
Figure 49: Localisation de quelques forêts-galeries au nord-est de Pointe-Noire	144
Figure 50: Disposition schématique des billons dans un champ de savane et des buttes dans un champs de forêt	146
Figure 51: Formes et dimensions du cirque de Diosso	157
Figure 52: Profil de la paroi bordière au niveau d'un lobe et d'une arrête centrale	158
Figure 53: Le modelé central du cirque	159
Figure 54: Evolution de la forêt le long de la paroi bordière	161
Figure 55: Répartition de la forêt au fond du cirque.....	162
Figure 56: Couverture forestière dans le cirque de Diosso	164
Figure 57: Profils topographiques au fond du cirque.....	169
Figure 58: Carte topographique du cirque.....	170
Figure 59: Courbe de variation du niveau de la mer sur la côte ouest africaine	171
Figure 60: Vitesse de sédimentation vers 1000m de profondeur au large de l'embouchure du fleuve Congo.....	172
Figure 61: Coupe synthétique des sédiments de l'exutoire du cirque de Diosso	173
Figure 62: Superposition des schémas de l'interprétation des cartes topographiques.....	175
Figure 63: Détails du tracé en plan de la paroi du cirque.....	175
Figure 64: Evolution du tracé en plan de la paroi du cirque.....	176
Figure 65: Recul discontinu de la paroi	177
Figure 66: Recul de la paroi du cirque et du trait de côte.....	178
Figure 67: Surface du plateau disparue entre 1951 te 1983.....	179

Figure 68: Localisation des affaissements des années 1987-1991 sur le rebord du cirque	182
Figure 69: Evolution de quelques pics à l'intérieur du cirque.....	182
Figure 70: Coupe schématique de la falaise de Matombi à l'exutoire de la rivière, sur la rive gauche	185
Figure 71: Courbes granulométriques des sables de la coupe de Matombi	186
Figure 72 : Courbe des variations paléoclimatiques sur le littoral congolais	202

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Coupe du cirque de Tchissanga.....	45
Tableau 2: Pourcentages des fractions granulométriques en surface (15 cm) sur la rivière Kouloumbo.....	47
Tableau 3: Pourcentages des fraction granulométriques et quelques paramètres statistiques de la granulométrie du niveau supérieur de la série des cirque.....	47
Tableau 4: Données granulométriques des couches sous-jacentes à la cuirasse.....	52
Tableau 5: Quelques intensités de pluies enregistrées à Pointe-Noire.....	130
Tableau 6: Coefficient de perméabilité (K) de quelques échantillons : Evolution durant 3 heures.....	134
Tableau 7: Evolution de la population de certains villages autour du cirque de Diosso.....	145
Tableau 8 : Recul de la paroi du cirque de Diosso.....	180
Tableau 9: Caractéristiques des affaissements de ces cinq dernières années sur la paroi du cirque de Diosso.....	181
Tableau 10 : Hauteur des pics par année dans le cirque.....	183
Tableau 11: Evolution des pics à l'intérieur du cirque.....	183

TABLE DES MATIERES

RESUME.....	3
ABSTRACT.....	4
AVANT-PROPOS.....	5
INTRODUCTION GENERALE.....	9
Les Motivations et les méthodes utilisées.....	9
1 - Le choix du sujet et les buts de l'étude.....	11
2 - La présentation du cadre physique et humain.....	13
A - Les éléments du milieu naturel	13
B - Le contexte humain	18
3 - Le matériel et les Méthodes d'étude	19
4 - Le plan de l'étude.....	24
Première partie:	
CADRE GÉOMORPHOLOGIQUE	27
Chapitre I	
UNITÉS TOPOGRAPHIQUES	29
1- LE MAYOMBE.....	30
2 - LES PLATEAUX COTIERS.	31
3 - LE TALUS INTERNE.....	34
4 - LES PAYSAGES LITTORAUX.....	35
Chapitre II	
LES FORMATIONS GEOLOGIQUES.....	39
Introduction	39
1 - LE SOCLE PRÉCAMBRIEN ET SA COUVERTURE SEDIMENTAIRE D'AGE CRETACE A MIOCENE	41
2 - LA SERIE DES CIRQUES	44
3 - LES FORMATIONS REMANIEES DU LITTORAL.....	55
4 - LES ALLUVIONS RECENTES	60
Chapitre III	
ÉVOLUTION PALEOGEOMORPHOLOGIQUE.....	63
1 - L'IMPACT DE LA TECTONIQUE SUR LE RELIEF.....	63
2 - L'INFLUENCE DES VARIATIONS DU CLIMAT ET DU NIVEAU MARIN AU QUATERNAIRE	67
2 - 1- Les principales oscillations climatiques	67
2 - 2- Les variations du niveau marin.....	71
Conclusion partielle.....	75

Deuxième partie:	
LA DYNAMIQUE ACTUELLE : L'ETUDE DES CIRQUES D'EROSION	79
Introduction.....	81
Chapitre IV	
CIRQUES D'ÉROSION ET LAVAKA :	
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	83
1 - DEFINITION ET LOCALISATION.....	83
2 - MORPHOLOGIE GENERALE	84
3 - HYPOTHESES DE FORMATION	86
Chapitre V	
ETUDE TYPOLOGIQUE DES CIRQUES DE L'ARRIERE-	
PAYS DE POINTE-NOIRE.....	91
1 - ELEMENTS DE DIFFERENCIATION.....	91
2 - ASPECTS GENETIQUES: RECULEES ET AMPHITHEATRES.....	92
2 - 1 - Les Réculées.....	93
2 - 2 - Les amphithéâtres élémentaires.....	96
2 - 3 - Les cirques composés.....	99
3 - MECANISMES DE FORMATION ET D'EVOLUTION.....	101
3 - 1- Processus d'élaboration et de formation des cirques	101
3 - 1- 1- Les ruissellements	101
3 - 1- 2- Les mouvements de masse.....	104
3 - 2- Mécanismes d'évolution des cirques	106
3 - 2- 1- Les modalités du recul de la paroi	106
3 - 2- 2- La formation et l'évolution d'un cirque complexe :	
l'étude de l'amphithéâtre de la Loanda	111
4 - FORMES ET GENERATIONS DE CIRQUES	119
CONCLUSION PARTIELLE ET DISCUSSION	122
Chapitre VI	
CAUSES ET FACTEURS DE LA DYNAMIQUE	
ACTUELLE DANS L'ARRIERE-PAYS DE POINTE-NOIRE.....	125
1- FACTEURS NATURELS.....	125
1 - 1- Etude des pluies.....	125
1 - 2- Influence du réseau hydrographique	132
1 - 3- Caractéristiques du complexe sol- sous-sol.....	134
1 - 4- Impact de la pente.....	136
1 - 5- Rôle du couvert végétal.....	140
2 - FACTEURS ANTHROPIQUES.....	142
2 - 1- Quelques indications bibliographiques sommaires.....	142
2 - 2- L'action anthropique et son impact dans la région étudiée	142

2 - 2-1- La pression démographique.....	143
2 - 2-2- Les techniques agricoles.....	146
CONCLUSION	149
Troisième partie:	
L'ETUDE D'UN CAS: LE CIRQUE DE DIOSSO.....	153
INTRODUCTION.....	155
Chapitre VII	
LE CADRE GEOMORPHOLOGIQUE GENERAL.....	157
1 - DESCRIPTION TOPOGRAPHIQUE	160
2 - EVOLUTION DE LA VEGETATION DANS LE CIRQUE	161
Chapitre VIII	
AGÉ ET EVOLUTION CHRONOLOGIQUE DU CIRQUE	167
Introduction	167
1 - L'EVOLUTION ANCIENNE VUE A TRAVERS LES FORMES	168
2 - L'EVOLUTION ACTUELLE ET SUBACTUELLE DU CIRQUE.....	173
2 - 1 - Données sédimentologiques et datations.....	173
2 - 2 - Evolution quantitative du cirque durant les quarante dernières années.....	174
2 - 2 - 1 - Evolution de la forme générale.....	174
2 - 2 - 2 - Recul de la paroi bordière et abaissement des arêtes centrales	178
2 - 3 - Synthèse sur l'évolution actuelle ou subactuelle.....	183
Conclusion.....	187
CHAPITRE IX	
REFLEXION GENERALE SUR LA LUTTE CONTRE L'EROSION DANS LE CIRQUE DE DIOSSO.....	189
Introduction.....	189
1 - INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'EVOLUTION QUANTITATIVE DU CIRQUE.....	190
2 - RAPPEL DES MÉCANISMES D'EVOLUTION DU CIRQUE ET DES CAUSES DE MAINTIEN DE L'EROSION.....	190
3 - SCHEMA THEORIQUE DE STABILISATION NATURELLE DU CIRQUE DE DIOSSO.....	195
3 - 1 Quelques propositions d'ordre général pour le contrôle de l'érosion	195
CONCLUSION GENERALE.....	199
BIBLIOGRAPHIE.....	205
LISTE DES FIGURES.....	215
LISTE DES TABLEAUX.....	219
TABLE DES MATIERES.....	221

ANNEXES

ANNEXE N° I

**QUELQUES DONNEES PLUVIOMETRIQUES A POINTE-NOIRE
(STATION AEROPORT)**

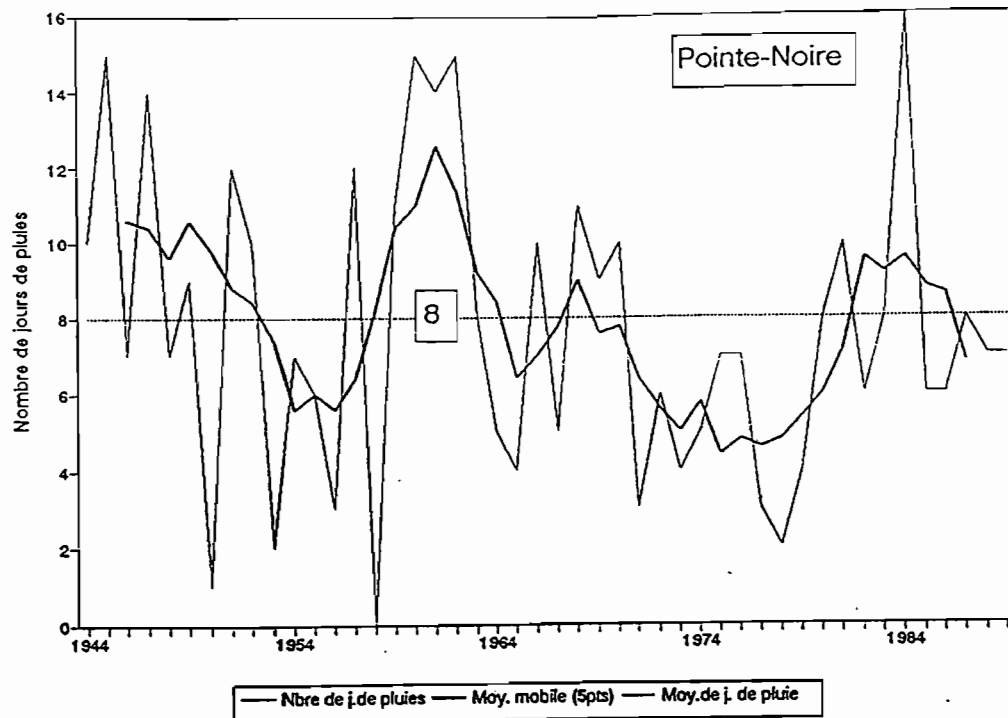
Totaux mensuels et annuels. (1950-1988)

Année	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1950	175.3	193.1	175.2	211.3	164.4	2.5	0	4.1	3.9	52.3	110.4	70.2	1.583.2
51	16.2	137.9	222.9	201.3	132.3	0	0	2.0	4.1	71.5	193.0	256.2	1.240.5
52	68.7	115.7	155.3	42.3	381.5	1.4	0	1.4	22.5	75.7	166.0	77.5	1.329.2
53	99.2	212.3	221.5	54.1	48.9	0	0	1.1	2.5	20.1	30.3	6.1	717.1
54	45.8	223.7	258.7	57.3	2.5	0	0	1.0	10.0	126.0	228.0	69.9	1.021.6
55	189.8	41.5	159.9	251.2	36.3	0	2.4	1.5	21.5	149.4	226.7	87.4	1.179.3
56	85.7	97.1	130.1	117.3	6.5	0	0	1.3	11.0	58.7	68.6	109.5	696.5
57	216.4	206.3	558.2	216.5	63.3	0	1.4	4.4	9.1	33.9	171.1	262.7	1.744.4
58	20.1	3.5	56.4	71.3	1.0	0	0	4.5	6.3	40.2	64.3	28.4	296.1
59	278.6	176.3	575.5	144.5	15.3	0	1.5	0	1.5	58.0	177.7	120.6	1.752.2
1960	40.7	175.0	181.2	216.3	52.2	0	0	0	20.9	160.2	420.0	185.3	1.352.4
61	304.5	236.0	114.2	270.9	9.3	0	0	2.0	27.0	404.2	296.5	180.6	2.045.3
62	484.7	142.3	134.1	188.3	94.5	0	2.3	0	7.7	134.6	395.7	212.5	1.897.0
63	115.3	114.3	240.0	234.1	205.5	0	0	0	3.9	4.5	154.3	62.7	1.155.7
64	125.9	111.5	51.5	295.7	58.1	2.3	0	1.5	4.3	51.5	25.1	271.2	1.020.3
65	117.1	232.5	220.3	115.1	57.7	0	0	0	11.2	29.0	8.2	23.7	1.015.4
66	166.6	239.5	245.3	292.9	44.1	2.0	0	1.0	2.2	44.0	272.4	190.0	1.412.1
67	98.3	123.4	187.1	206.5	17.7	1.1	1.1	1.4	9.7	43.3	109.3	47.5	1.057.7
68	194.1	131.5	30.4	177.7	129.3	0	0	1.1	3.3	17.4	147.5	3.9	1.497.3
69	222.3	174.5	171.2	151.0	8.9	0	0	3.0	20.3	48.5	406.7	147.1	1.154.3
1970	14.3	154.3	147.2	203.3	59.9	0	1.0	3.5	17.0	82.4	439.2	284.7	1.508.0
71	204.1	136.5	129.2	72.3	34.3	0	0	0	3.9	98.2	108.9	40.6	823.3
72	80.0	71.5	37.5	41.3	22.3	1.4	0	0	11.0	29.7	162.3	139.3	797.0
73	257.9	113.5	113.3	52.1	37.5	0	0	0	13.1	30.3	272.1	29.7	940.7
74	101.0	89.0	226.2	153.0	2.1	0	0	1.3	1.4	12.2	290.4	47.0	856.6
75	103.5	254.2	112.7	75.0	99.0	0	0	0	5.3	120.3	587.4	140.1	1.498.7
76	98.9	452.3	302.3	125.5	48.3	0	0	1.0	15.2	38.7	279.2	1.022.1	1.022.1
77	124.9	69.3	214.0	142.4	15.5	0	0	1.0	25.2	57.3	203.5	7.7	981.4
78	30.3	8.7	21.5	10.7	2.2	1.0	0	2.2	14.3	21.5	190.7	137.0	451.2
79	171.5	166.3	229.5	124.4	48.1	0	1.0	2.7	9.7	16.9	8.3	88.7	387.3
1980	194.6	134.5	143.3	225.3	28.5	0	0	0	7.7	27.0	186.1	25.1	1.114.3
81	409.3	302.3	138.0	50.1	1.0	0	0	0	3.0	58.7	103.5	206.3	1.238.7
82	79.2	231.7	138.1	69.3	4.1	0	0	0	10.0	37.0	49.9	97.0	315.3
83	242.5	279.0	194.7	130.5	5.3	0.5	0.1	0	12.0	19.0	153.2	87.1	1.104.1
84	195.9	119.6	287.7	39.1	53.4	0	0.4	12.5	51.5	108.1	434.1	95.1	1.555.7
85	124.1	79.3	292.4	226.7	74.0	0.3	0.7	1.5	8.3	73.3	276.3	30.5	1.239.7
86	162.5	263.0	195.1	37.9	128.5	4.2	0	17.0	0.3	59.9	17.2	126.6	1.082.2
87	47.5	135.2	177.0	191.1	44.3	0	0.1	1.2	11.4	10.2	137.3	269.3	1.430.6
88	155.0	175.3	108.9	73.5	58.0	20.0	0	3.3	7.9	23.1	100.1	186.7	1.112.5
Total	6.286.0	7.999.1	8.592.4	5.334.7	2.557.3	17.3	12.0	81.7	453.4	2.559.5	7.364.1	4.383.4	47.273.5

Nombre de jours de pluies.

Année	Janv.	Fév.	Mars	Av.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	TOTAL
1950	14	20	14	18	9	4	2	5	13	17	23	15	154
51	6	16	20	15	6	0	0	1	3	21	25	14	147
52	10	14	15	12	12	2	1	2	7	21	17	9	135
53	7	16	23	11	9	0	0	3	3	12	15	8	106
54	7	16	21	15	4	2	0	1	12	15	21	14	128
55	12	6	18	18	6	0	2	2	15	24	25	11	139
56	12	7	15	13	6	1	2	2	15	18	16	11	112
57	17	15	20	15	11	0	2	11	13	16	19	17	156
58	11	3	7	6	4	1	0	6	16	17	14	10	95
59	16	16	18	17	5	1	4	0	3	20	20	10	130
1960	8	15	14	19	5	1	0	0	13	16	24	19	134
61	15	11	15	10	3	0	0	2	8	20	19	14	117
62	19	16	18	17	7	0	2	1	10	23	19	17	144
63	16	17	16	16	14	0	1	3	8	8	17	6	123
64	9	8	6	19	6	2	0	3	7	23	19	19	120
65	12	13	15	13	8	0	0	3	16	18	7	7	112
66	17	19	13	17	4	1	1	9	3	13	23	12	132
67	9	17	19	9	7	2	2	6	10	20	18	9	128
68	25	21	10	16	13	0	2	1	3	15	15	5	126
69	17	17	15	13	5	0	1	4	15	20	22	14	144
1970	8	15	18	12	10	0	3	3	15	24	18	16	142
71	8	13	18	11	7	0	0	1	7	19	15	6	105
72	5	6	8	10	2	2	0	0	11	14	23	15	97
73	15	11	12	12	7	1	1	0	8	20	24	7	118
74	15	14	11	11	10	0	0	2	9	19	13	13	117
75	12	14	11	6	5	0	1	0	6	26	22	13	116
76	10	21	14	14	6	0	1	2	16	21	21	23	148
77	18	7	18	9	3	1	0	3	15	21	19	7	121
78	6	4	4	5	4	1	0	7	13	18	2	13	77
79	17	15	15	10	9	0	3	5	11	5	5	13	108
1980	12	15	15	12	6	0	1	0	6	16	10	11	104
81	20	17	11	10	2	0	0	1	11	15	10	5	113
82	8	16	18	7	3	2	1	2	15	15	11	11	109
83	11	16	13	11	2	1	1	0	15	14	12	9	105
84	13	17	16	11	11	0	2	3	18	17	18	12	138
85	17	9	18	15	7	1	2	3	11	19	20	16	138
86	15	17	17	12	11	3	0	1	8	20	8	11	123
87	9	17	16	12	1	0	1	1	14	14	17	10	111
88	17	17	14	11	3	2	0	5	12	18	14	13	126

Fig. 20

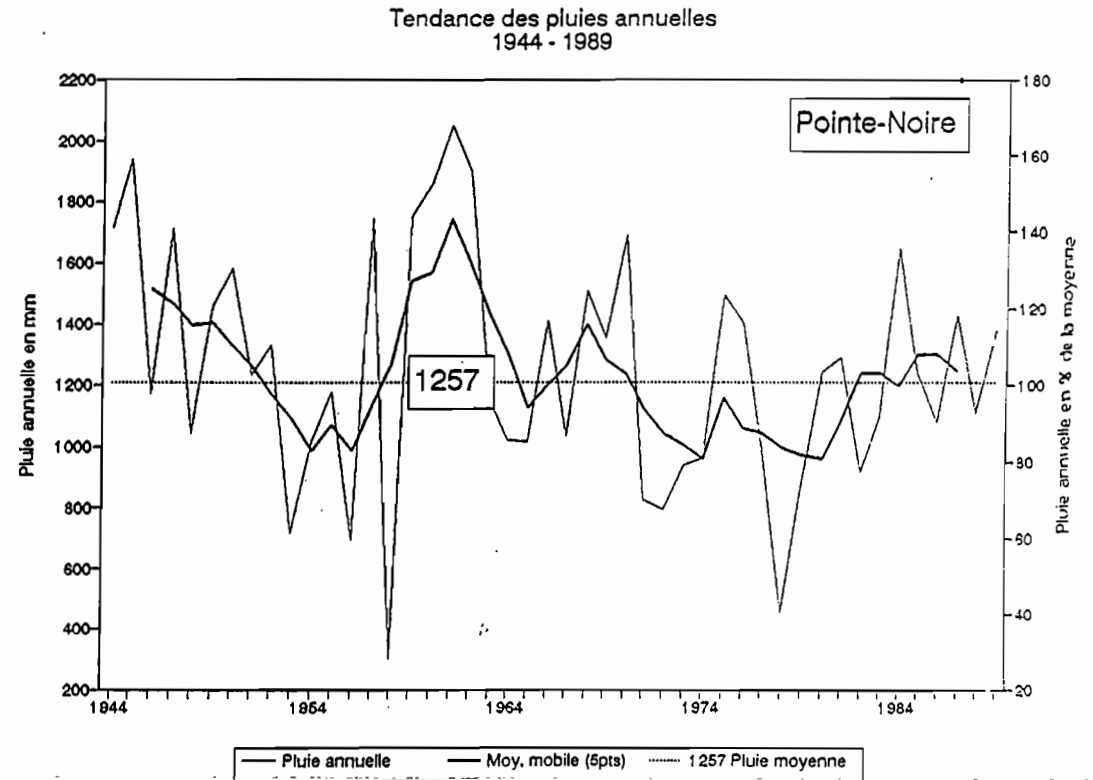
Tendance des pluies > 40 mm
1944 - 1989

Année	total annuel des pluies > 40mm par jour(24h) (en mm)	% des pluies > 40mm par jour(24h)	Total annuel de toutes les pluies (en mm)
1944	764,6	44,60%	1714,9
1945	1075,5	55,40%	1940,3
1946	447,9	38,20%	1173,1
1947	888,9	51,90%	1713,2
1948	516,6	49,40%	1045,8
1949	627,4	42,90%	1463,1
1950	725,7	45,80%	1582,9
1951	701,3	56,90%	1230,9
1952	622,2	46,80%	1339,3
1953	272,1	37,90%	717,1
1954	438,7	43,00%	1020,2
1955	384,2	32,60%	1177,4
1956	244,2	35,00%	697
1957	899,8	51,60%	1744,7
1958	0	0,00%	299,2
1959	999,1	57,00%	1752,5
1960	957,2	51,50%	1856,6
1961	1130,8	55,20%	2047,6
1962	1023	54,00%	1896,4
1963	469,9	40,60%	1155,9
1964	387,2	38,00%	1020,8
1965	496	45,70%	1018,7
1966	604,1	42,80%	1412,3
1967	383,6	37,00%	1034,1
1968	754,1	50,00%	1507
1969	578	42,60%	1354,8
1970	813,5	48,00%	1689
1971	244,3	29,30%	828,4
1972	223,9	28,00%	797,5
1973	302,2	32,00%	942,4
1974	547,7	57,00%	963,8
1975	632,5	42,20%	1498,4
1976	620	44,00%	1403
1977	212,7	21,40%	993,2
1978	101	22,00%	457,5
1979	360,3	40,60%	887,8
1980	645,9	52,00%	1243,5
1981	290,7	22,60%	1287,9
1982	338,9	37,00%	917,4
1983	268,1	24,30%	1104,1
1984	386,9	23,30%	1655,7

Volume des pluies supérieures ou égales à 40mm/24h.

- ANOMALIES PLUVIOMETRIQUES A POINTE-NOIRE (1)
(1951-1990)

A*	M*	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1		-1.32	-0.55	0.02	0.67	0.87	-0.31	-0.64	0.07	-0.74	0.08	-0.05	0.67
2		-0.85	1.06	-0.54	-1.09	3.94	0.14	-0.47	-0.16	0.86	0.11	-0.17	-0.56
3		-0.57	0.31	0.01	-1.20	-0.17	-0.31	-0.64	-0.27	-0.93	-0.71	-1.14	-1.32
4		-1.05	0.26	0.32	-1.15	-0.75	-0.05	-0.64	-0.38	-0.26	0.79	0.27	-0.64
5		0.22	-1.42	-0.50	1.32	-0.42	-0.31	3.05	-0.08	0.77	1.20	0.19	-0.46
6		-0.69	-0.95	-0.83	-0.15	-0.66	-0.24	-0.31	0.04	-0.17	-0.14	-0.87	-0.22
7		0.49	-0.30	2.70	0.85	0.01	-0.31	1.71	0.99	-0.49	-0.50	-0.14	1.40
8		-1.29	-1.77	-1.36	-0.98	-0.77	-0.12	-0.47	1.07	-0.59	-0.38	-0.89	-1.08
9		1.05	1.61	2.71	-0.06	-0.58	-0.24	1.87	-0.69	-0.84	-0.14	-0.09	-0.11
10		-1.10	1.60	-0.33	0.86	-0.13	-0.21	-0.14	-0.69	0.71	1.35	1.67	2.70
11		1.28	0.33	0.78	1.54	-0.66	-0.31	-0.64	0.07	1.25	4.93	0.16	0.56
12		2.91	-0.51	0.94	0.50	0.39	-0.31	3.22	-0.65	-0.47	0.98	0.75	0.87
13		-0.24	-0.76	0.16	1.08	1.76	-0.31	0.03	-0.58	-0.80	-0.93	-0.26	-0.72
14		-0.33	-0.61	-1.40	1.86	-0.06	0.62	-0.64	-0.08	-0.77	-0.24	-1.17	1.49
15		-0.41	0.31	0.00	2.11	-0.06	-0.31	-0.64	-0.50	-0.15	-0.56	-1.30	-1.13
16		0.04	0.37	0.21	0.68	-0.23	0.33	-0.64	0.49	-0.95	-0.35	0.59	0.63
17		-0.57	-0.39	1.46	0.73	-0.58	0.04	1.20	-0.16	-0.27	-0.35	-0.95	-1.13
18		2.10	1.21	-1.01	0.36	3.30	-0.31	0.38	-0.19	-0.81	-0.74	-0.31	-1.34
19		0.33	-0.22	-0.41	0.03	-0.67	-0.31	-0.31	0.45	0.65	-0.29	1.55	0.17
20		-0.80	-0.40	1.12	0.87	-0.04	-0.31	1.04	3.47	0.38	0.21	1.80	1.63
21		0.38	-0.56	-0.76	-0.97	-0.35	-0.31	-0.64	-0.58	-0.80	0.43	-0.58	-0.95
22		-0.74	-1.15	-1.52	-1.36	-0.50	0.14	-0.64	-0.69	-0.17	-0.56	1.23	0.10
23		0.86	-0.59	-0.88	-1.22	-0.31	-0.08	0.03	-0.69	0.07	-0.55	-0.53	-1.07
24		-0.50	-0.98	0.05	0.11	-0.68	-0.31	-0.64	-0.19	-0.85	-0.53	0.72	-0.89
25		-0.53	0.50	-0.90	-0.93	0.45	-0.31	0.53	-0.69	-0.63	0.78	2.84	0.10
26		-0.57	2.31	0.68	-0.28	-0.17	-0.31	-0.31	-0.35	0.20	-0.43	-1.08	1.58
27		1.49	-1.17	0.11	-0.08	-0.57	-0.21	-0.64	1.18	-0.16	-0.62	-1.23	0.07
28		-1.19	-1.72	-1.63	-1.75	-0.75	-0.05	-0.64	0.15	1.14	-0.64	0.01	0.07
29		0.08	-0.29	0.16	-0.18	-0.18	-0.31	1.04	0.34	-0.29	-0.75	-1.30	-0.44
30		0.29	1.24	-0.64	0.99	0.39	-0.31	-0.64	-0.69	-0.44	-0.59	-0.03	-1.11
31		2.45	0.95	-0.68	-1.22	-0.77	-0.31	-0.64	-0.54	-0.44	-0.14	-0.77	0.81
32		-0.75	0.30	0.97	-1.00	-0.72	-0.24	-0.14	-0.54	-0.26	-0.45	-1.00	-0.36
33		0.72	0.73	-0.21	-0.49	-0.71	-0.15	-0.47	-0.69	-0.22	-0.72	-0.26	-0.46
34		0.29	1.10	0.56	-0.71	-0.12	-0.31	0.03	4.08	3.43	0.56	1.74	-0.38
35		-0.35	-1.08	0.59	0.98	0.15	-0.02	0.53	-0.08	-0.37	0.09	0.62	-0.53
36		-0.03	0.60	-0.21	-0.77	0.81	1.03	-0.64	-0.58	0.36	-0.12	-1.10	-0.04
37		-1.04	-0.56	1.29	0.56	-0.22	-0.31	-0.64	0.53	-0.14	-0.85	1.06	1.47
38		-0.07	1.58	-0.93	-0.95	-0.06	5.92	-0.64	0.57	-0.45	-0.66	-0.64	0.59
39		0.13	0.63	0.31	1.08	0.40	-0.15	-0.64	-0.61	3.30	-0.17	-0.55	-0.04
40		-0.13	-0.81	-0.40	-0.74	-0.59	-0.31	-0.47	-0.69	-0.98	1.11	0.62	1.38



(1): Anomalie pluviométrique centrée réduite = (valeur réelle moyenne - moyenne) / (écart-type)

M* : mois; A* : année

NB: Anomalies pluviométriques, positives au-delà de +0.99 et négatives en-deçà de -0.99.

Excès, modéré entre +0.99 et +1, très accusé entre +1 et +2 et exceptionnellement accusé au-delà de +2.

ANNEXE N° II

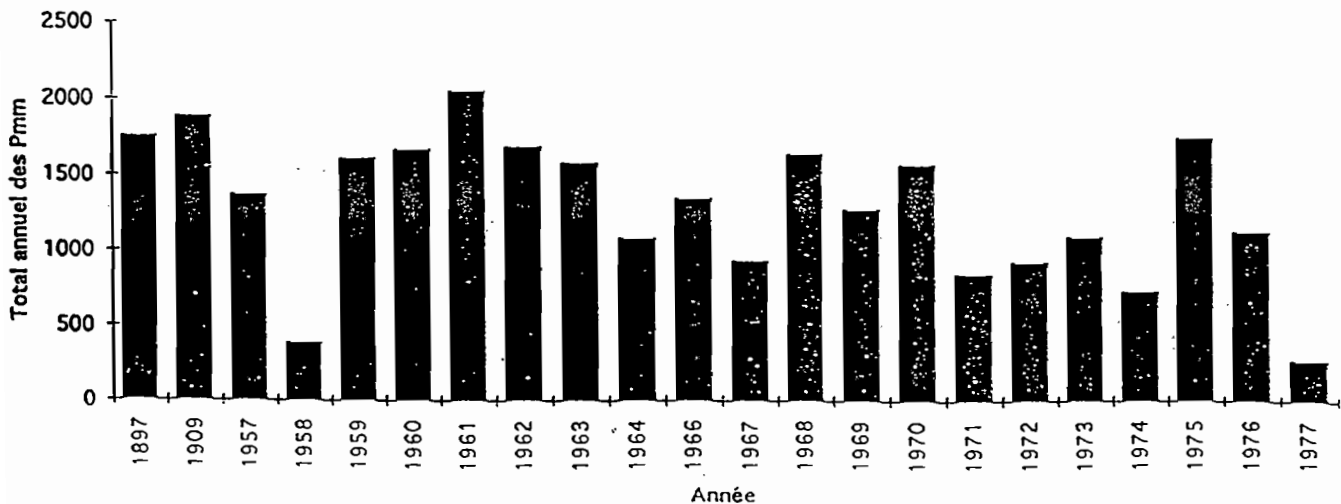
QUELQUES DONNEES PLUVIOMETRIQUES A LOANGO

	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Tot Ann
1897	278,7	446,4	155,5	110,7	13,9	0	0,5	0,4	33,5	239,8	369,8	118	1760,2
1909	142,7	387,9	71,1	337,9	135,2	0	1,6	1,3	27,3	293,1	326	170,9	1895
1957	165,7	251,5	280,3	215,7	38,4	0,2	8,4	2,7	11,6	41,4	169,3	191,6	1376,8
1958	24	15,8	46,8	50,5	0	0	0	0	3,9	21,9	79,7	141,3	390,6
1959	352,6	291,6	361,7	137,9	53,3	0,3	1	1,8	0,8	78,7	229,9	105,3	1614,3
1960	403	245,4	142,3	174	29,7	-	-	-	31,7	127,2	496,6	381	1668,2
1961	374	331,1	269,6	214,8	7,7	0	0	0	16,6	320,3	261,2	257,4	2052,7
1962	252,8	274,8	211,7	229	35,8	0	0	0	3,4	142,9	381,6	154	1686
1963	143,3	193,7	411,7	180,6	283,8	0,2	0,1	0,2	4,1	4,1	236	119,6	1577,7
1964	87,9	86,8	121,2	292,9	54,4	1,7	2,5	1	5,7	44,3	142,1	240	1080,5
1966	179	243,5	172	97,7	17,7	0	0	2	4,9	108,4	348,7	170,5	1344,4
1967	136,1	85,5	284,3	128,8	60,8	0,5	0	0	4,8	60,5	141,4	22,2	924,9
1968	568,5	477	152,3	109,4	233	0	0,3	0,1	1	26,1	69,8	3,8	1641,3
1969	225,8	183,3	197,1	154,6	25,3	0	1	1,7	25,4	71,2	315,3	72,5	1273,2
1970	105,8	197,5	298,3	203,6	102,4	0	0,7	1,7	6,3	88,3	249,7	312,4	1566,7
1971	169,7	204,4	148,8	64,7	56,1	0	0	0	2,4	58,9	88,1	44,5	837,6
1972	49,5	36,5	101,4	59,7	27,2	0,8	0	0,6	9,3	11,2	305,1	318,7	920
1973	287,2	294,2	130,5	103	51,6	0	0	0	13,8	47,4	159,8	4,2	1091,7
1974	225	97,9	52,1	161,7	96,9	0	-	-	0,7	27,6	24,3	46,8	733*
1975	133,7	144,5	102	152,2	67,5	0	0	0,6	1,2	302	659	189,8	1752,5
1976	193	341,6	317,2	121,1	41,5	0	0	0	3,8	43,8	67,6	-	1129,6*
1977	-	-	-	234,1	44,2	-	-	-	-	-	-	-	278,3*

* = Total annuel incomplet

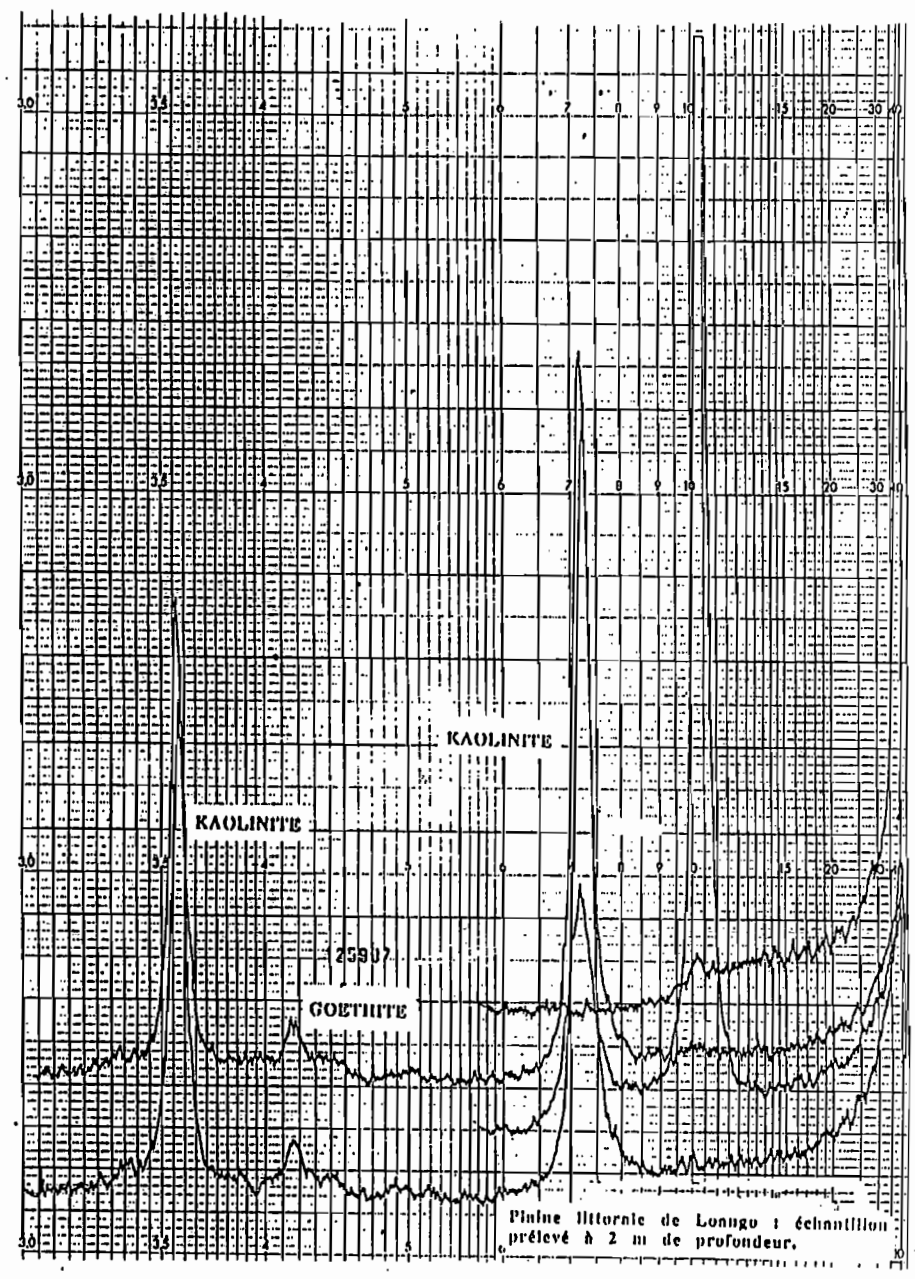
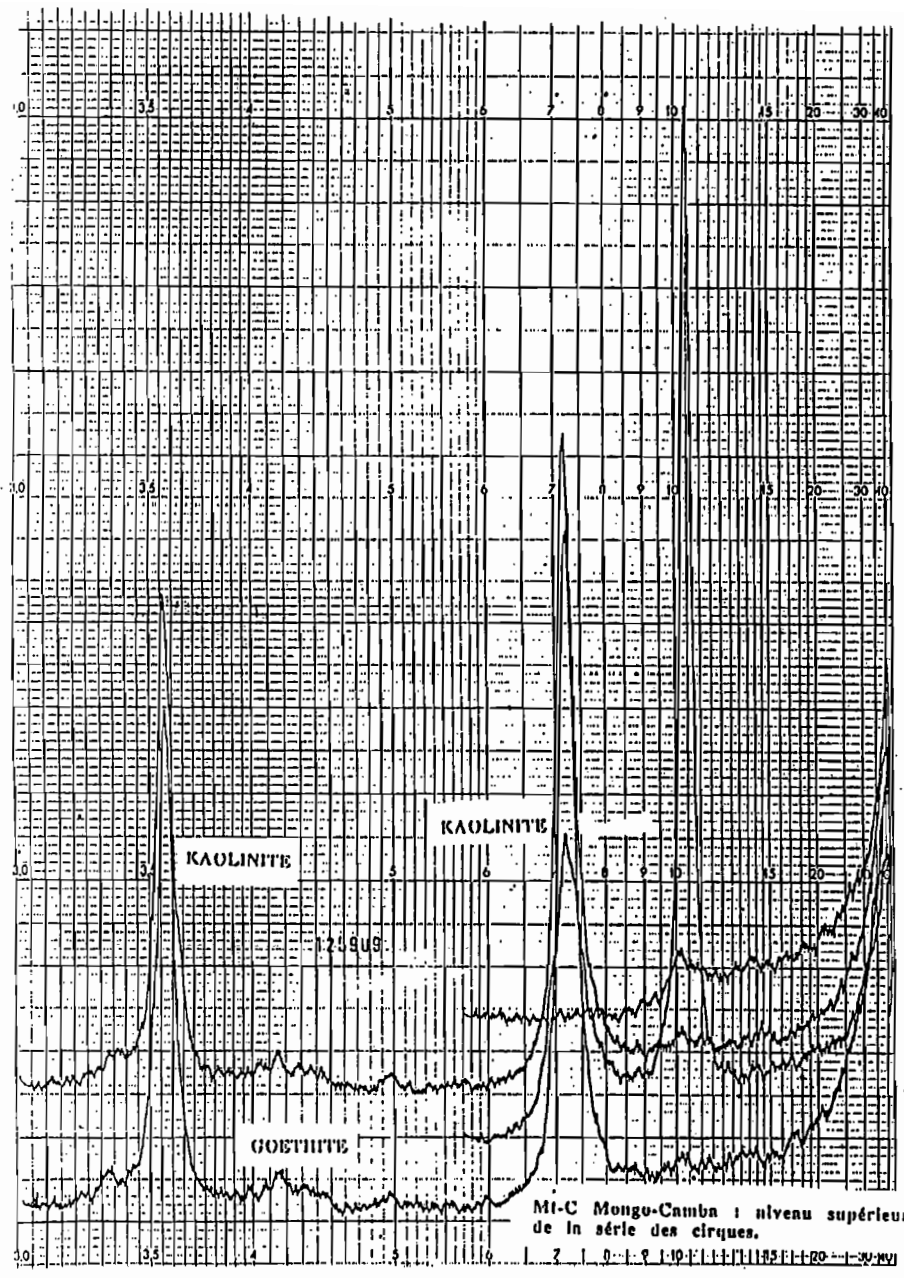
Totaux mensuels et annuels.(1897, 1909, 1957, 1977).

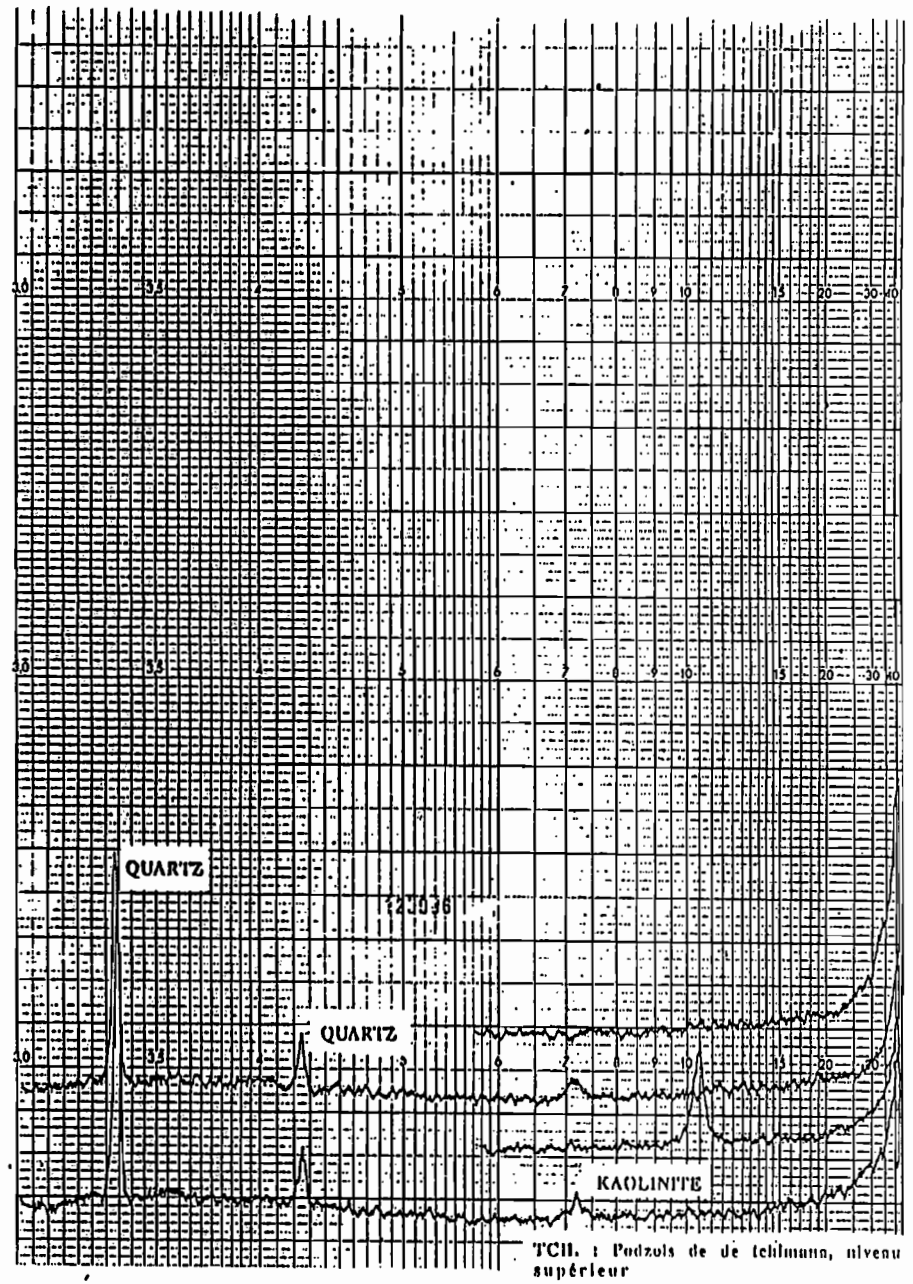
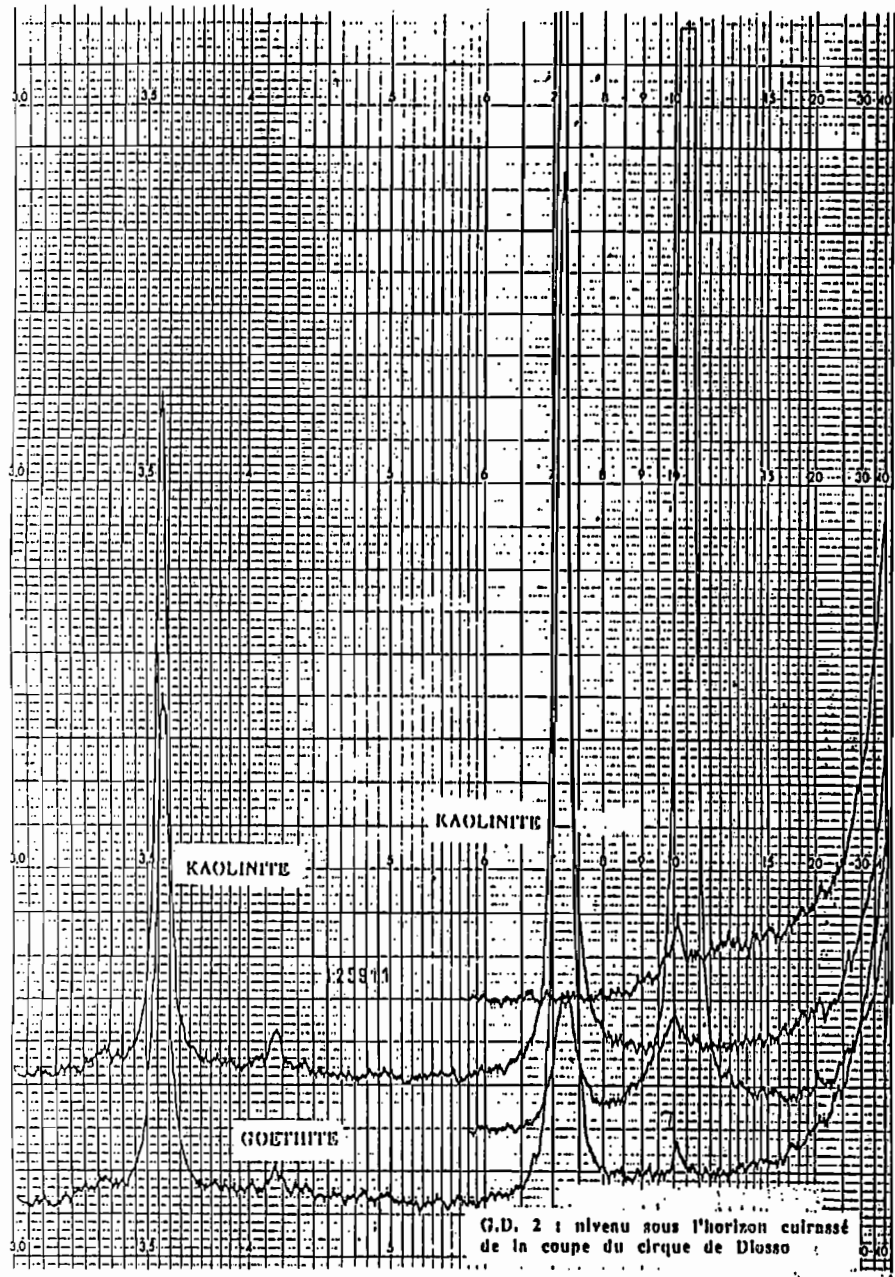
Totaux annuels des pluies à Loango (Années : 1897, 1909, 1957-1977).



ANNEXE N° III

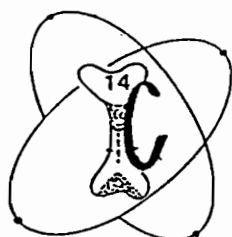
**DIFFRACTOMETRIE AUX RAYONS X DE QUELQUES
ECHANTILLONS DU NIVEAU SUPÉRIEUR DE LA SERIE DES
CIRQUES ET DES FORMATIONS REMANIEES DU LITTORAL**





ANNEXE V

FICHE DU RESULTAT DE LA DATATION AU ^{14}C DE
L'ECHANTILLON PRELEVE PAR MIETTON ET L. SITOU



**CENTRE DE DATATION
PAR LE RADIOCARBONE**
Université Claude BERNARD Lyon 1
43, Boulevard du 11 Novembre 1918 - Batiment 217
F-69622-VILLEURBANNE Cedex
☎ (33) 72 44 82 57

RESULTAT
D'ANALYSE PAR LE
RADIOCARBONE

MONSIEUR M MIETTON
CEREG UNIVERSITE LOUIS PASTEUR
3 RUE DE L'AGONNE
67083 STRASBOURG

REFERENCES DE L'ECHANTILLON ANALYSE :

Nom du Site : FALAISE DE MATOMBI
Niv/Couche : A - 2METRES
Commune/Pays : CONGO - Département : 0
Nature : BOIS

AUCUNE

Observations sur le
traitement effectué
au laboratoire

Age attendu par
l'expéditeur

DE + 500 A L'ACTUEL

RESULTAT DE L'ANALYSE :

Activité ^{14}C par rapport au
standard international

97.96 % +/- 0.57

Code Laboratoire

Ly-5695

Age ^{14}C BP
et sa marge statistique

165 +/- 50 BP

Intervalle en années
réelles après correction
dendrochronologique

de 0 à 0 J.C.

Dates autour desquelles se
situent les maximum de
probabilités

J.C.

Observations sur ce résultat

***** Lisez les instructions au verso de cette feuille ->

AVERTISSEMENTS

- La date donnée au verso est, suivant les conventions internationales, exprimée en années radiocarbone B.P. (Before Present \Rightarrow avant 1950). Elle peut éventuellement être convertie en années radiocarbone B.C. (Before Christ) par soustraction de 1950.

- La marge statistique indiquée, toujours par conventions internationales, est la déviation standard (1 sigma), c'est à dire qu'elle définit un intervalle dans lequel l'âge radiocarbone exact a deux chances sur trois de se trouver ; pour avoir une certitude à environ 95% de chances, il faut doubler cette marge statistique.

- Le résultat tient compte des éventuels fractionnements isotopiques des matières organiques et entre autre suppose pour les ossements un fractionnement de -20 pour mille P.D.B.

- Pour les dates plus récentes que 7000 B.P., l'intervalle exprimé en années réelles et les pics de probabilités maximales ont été obtenus par l'utilisation des courbes de calibration dendrochronologiques publiées dans la revue RADIOCARBON en 1986 (Calibration Issue, Vol. 28 N° 2B). Le traitement informatique de ces données a été effectué par le logiciel proposé par Mr PAZDUR du Laboratoire de Radiocarbone de l'Université de Głiwice (Pologne).

- Pour les dates plus anciennes que 7000 B.P., les données de bases reposent sur la dendrochronologie et les dates U-Th sur les coraux. Elles ont été publiées dans la revue RADIOCARBON en 1993 (Vol 35, N°1). Le traitement informatique de ces données a été effectué par le logiciel (CALIB 3.0) proposé par Minze STUIVER et Paula J. REIMER du Laboratoire de Radiocarbone de l'Université de Washington Seattle (Etats Unis).

RECOMMANDATIONS

- La date doit toujours être publiée avec son numéro de comptage, soit le CODE LABORATOIRE, exemple : Ly-1993

- La terminologie B.P. ou B.C. doit être exclusivement réservée à la date non corrigée, tandis que les expressions " AV J.C." ou " AP J.C." ne doivent s'appliquer qu'aux âges en années réelles, c'est à dire après correction.

- Le Centre de Datation par le RadioCarbone souhaiterait avoir de la part de l'expéditeur, un commentaire de quelques lignes sur ce résultat en vue de la publication dans la revue RADIOCARBON.

- S'il s'agit d'une datation concernant l'archéologie française, dès son obtention, ce résultat sera incorporé dans la banque nationale de données radiocarbone (BANADORA) qui peut être consultée par Minitel sans code d'accès au 72 43 13 14 ou à défaut de fonctionnement, en s'adressant au Centre au 72 43 13 16.

- Si l'expéditeur de l'échantillon ne désire pas que son résultat apparaisse immédiatement dans la banque de données, il peut demander sa suppression provisoire pour un délai de deux années en téléphonant au 72 43 13 16.

ANNEXE N° VI

RESULTATS DES DATATIONS DES ECHANTILLONS PRELEVES
PAR SCHWARTZ ET AL (1990)

N° éch.	Réf. 14C	Nature	Age B.P.
SCH 298	Ny 1193	<i>Alstonia congensis</i>	480 ± 60
SCH 355	Ny 1194	indéterminé	600 ± 60
SCH 337	Ny 1195	<i>Alstonia congensis</i>	560 ± 60

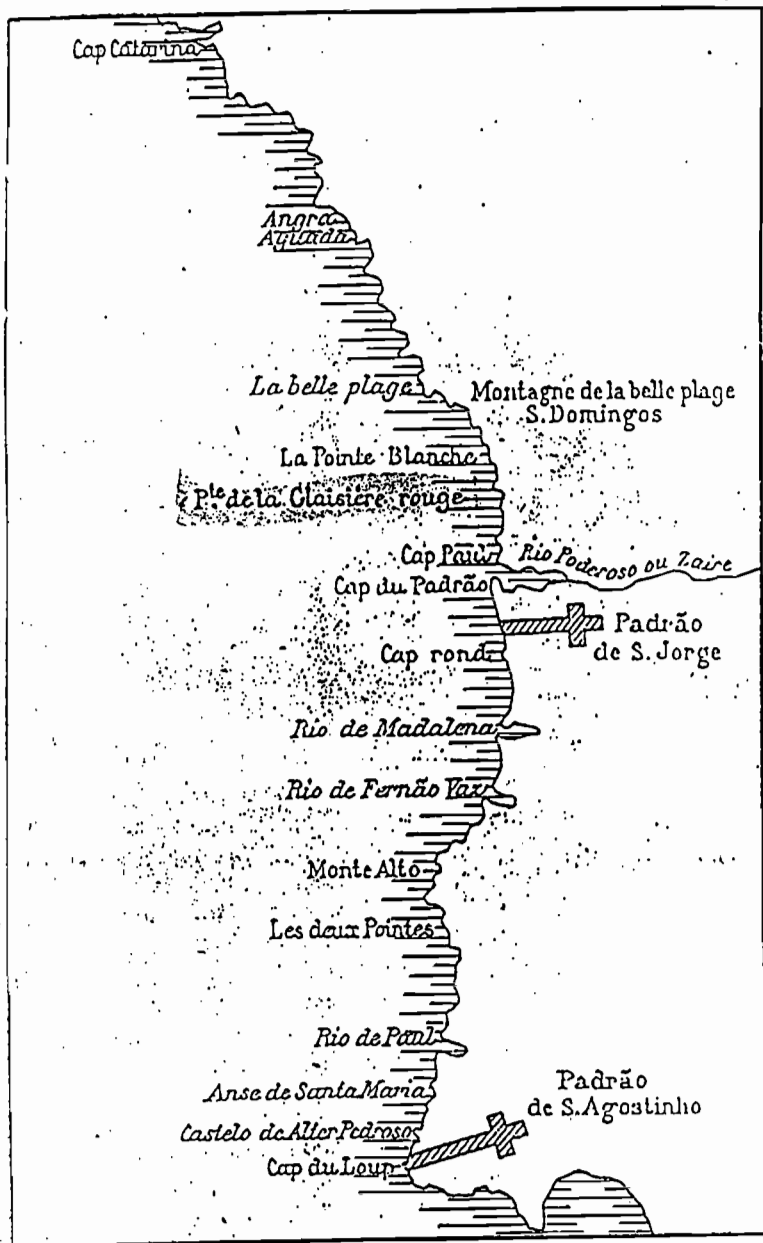
Ages des échantillons.

Espèce	Famille	Nb.
<i>Alstonia congensis</i> Engl.	Apocynaceae	19
<i>Annona glabra</i> L.	Annonaceae	11
<i>Agelaea</i> Soland sp.	Connaraceae	17
<i>Alchornea hirtella</i> Benth.	Euphorbiaceae	1
<i>Baphia</i> Afzel sp.	Papilionaceae	1
<i>Bridelia ripicola</i> J. Leonard	Euphorbiaceae	2
<i>Dalbergia</i> sp.	Papilionaceae	3
<i>Ficus</i> L. sp.	Moraceae	1
<i>Lepidobotrys staudtii</i> Engler	Lepidobotryaceae	1
<i>Trilepisium madagascariens</i> De Cand. (* <i>Bosqueia angolensis</i> Welw.)	Moraceae	1
<i>Randia</i> ? <i>Rothmannia</i> ? sp.	Rubiaceae	1
indéterminée 1	Euphorbiaceae	2
indéterminable (pas de bois, mais écorces)	-	12
TOTAL		72

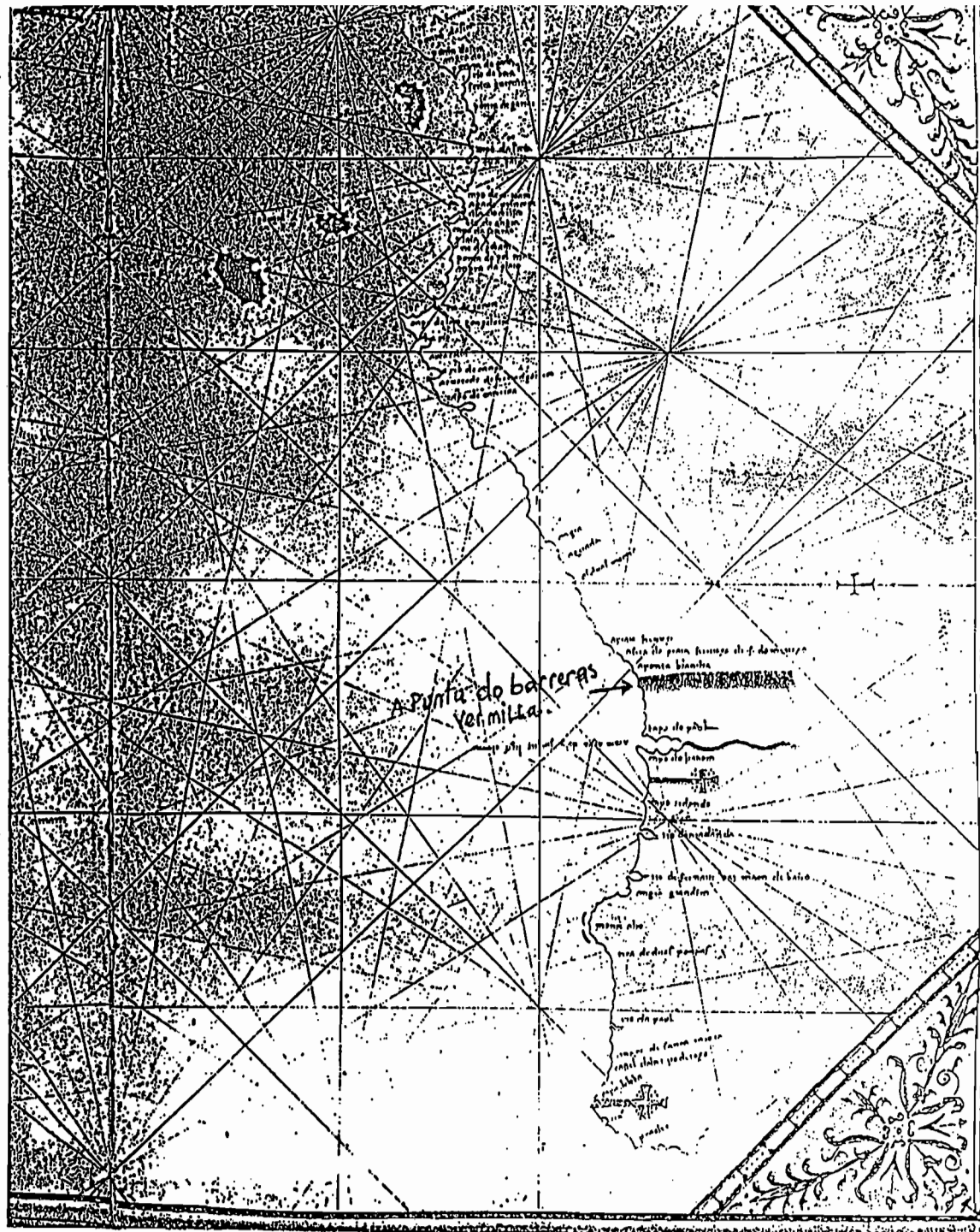
Tableaux des différentes espèces déterminées.

ANNEXE N° VII

**QUELQUES CARTES ANCIENNES DE LA COTE CONGOLAISE
(In RAT PATRON, 1993)**



— Reconnaissance de la côte africaine lors du premier voyage de Diogo Cão (d'après la carte de Cristoforo Soligo, vers 1486).



Pl. XXX. Découverte du Congo.