

**ORSTOM
CENTRE DE POINTE NOIRE - CONGO**

Novembre 1993

**EROSION DANS LES SAVANES
INCLUSES
DU MAYOMBE CONGOLAIS**

Etude de géomorphologie

Rapport présenté par
P. RAT PATRON

Sous la direction de
D. SCHWARTZ (Chargé de Recherche, ORSTOM)

EROSION DANS LES SAVANES INCLUSES DU MAYOMBE

INTRODUCTION

I- PRESENTATION DES SAVANES INCLUSES DU MAYOMBE

- 1-1 Le Mayombe: présentation générale
 - 1-1-1 Géologie et géomorphologie
 - 1-1-2 Le climat
 - 1-1-3 La végétation
- 1-2 Description, localisation et origine des savanes intramayombiennes
 - 1-2-1 Localisation des savanes
 - 1-2-2 Origine des savanes
- 1-3 Le modelé des savanes incluses dans le secteur de Makaba
 - 1-3-1 Les collines
 - 1-3-2 Vallées et bas-fonds
 - 1-3-3 Caractérisation des versants
 - 1-3-4 Le cas particulier des marches d'escalier
 - 1-3-5 Conclusion

II- ESSAI DE DEFINITION DE LA MORPHOGENESE DES MARCHES D'ESCALIER

- 2-1 Formes des fronts
- 2-2 Formes secondaires associées aux fronts
- 2-3 Relations entre les fronts et les formes les affectant
 - 2-3-1 Le cas des marches concaves
 - 2-3-2 Les autres types de marches
- 2-4 Les étapes du processus morphogénétique

III- L'EROSION ET LES FORMES D'ORIGINE ANTHROPIQUE

- 3-1 Erosion et activités traditionnelles
- 3-2 Processus et formes dus aux pistes d'exploitation forestière
 - 3-2-1 Les routes en situation de vallée ou de bas-fond
 - 3-2-2 Les routes de versant

CONCLUSION

ÉROSION DANS LES SAVANES INCLUSES DU MAYOMBE

La chaîne côtière du Mayombe qui s'étire sur plus de mille kilomètres entre le Gabon au N.O et le Zaïre au S.E, est caractérisée par la vigueur de son relief en dépit de ses altitudes peu élevées. Ce massif forestier est entrecoupé notamment sur son versant nord-est, par des savanes qualifiées d' incluses en raison de leur enclavement au sein des formations arborées. Elles sont ainsi, le théâtre d'une dynamique érosive actuelle particulière qui associe des processus naturels à ceux créés par l'homme.

Les travaux antérieurs décrivant les savanes intramayombiennes (Aubrèville, 1948, 1962; Vennetier, 1968; Zinga, 1988; Cusset, 1989; De Foresta, 1990) ce sont plus attachés à souligner le caractère botanique de ces formations autrefois qualifiées "d'anomalies", tant elles tranchent avec les étendues forestières qui les encadrent. Les études géomorphologiques, elles, sont beaucoup plus rares et ne présentent que quelques aspects particuliers de la topographie (Schwartz et al, 1990).

Cette étude présente en parallèle, les observations effectuées au cours d'une série de missions dans les secteurs de Sounda, Dimonika et Mpassi Mpassi, là où se développent les principales savanes incluses, et une étude d'un jeu de photographies aériennes (IGN 1979) couvrant la région. Après un rappel concernant la situation, la localisation et l' origine des savanes, nous examinerons ici, en une description détaillée, les formes d'érosion qui affectent le modelé de ces savanes dans le but de définir les grands principes de répartition et de dynamique de l'érosion sur ces terrains en fonction des caractéristiques physiques et humaines du milieu.

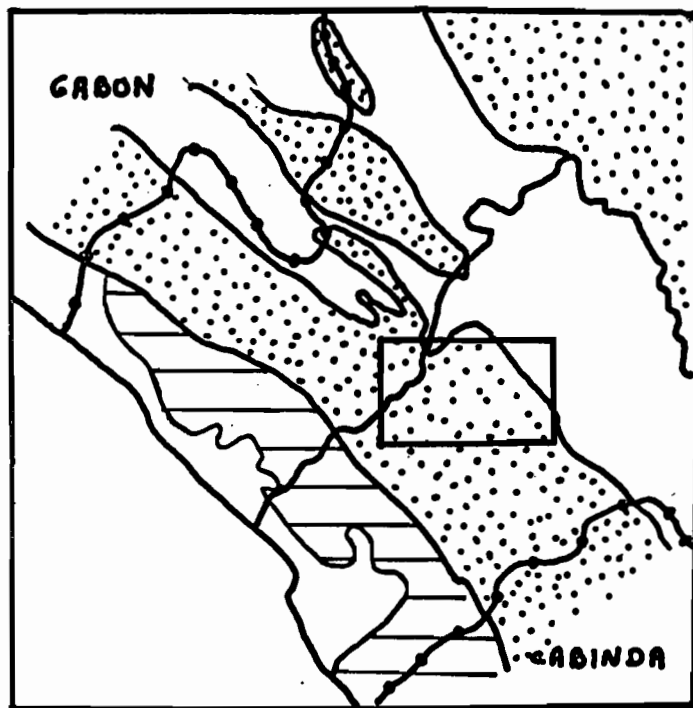
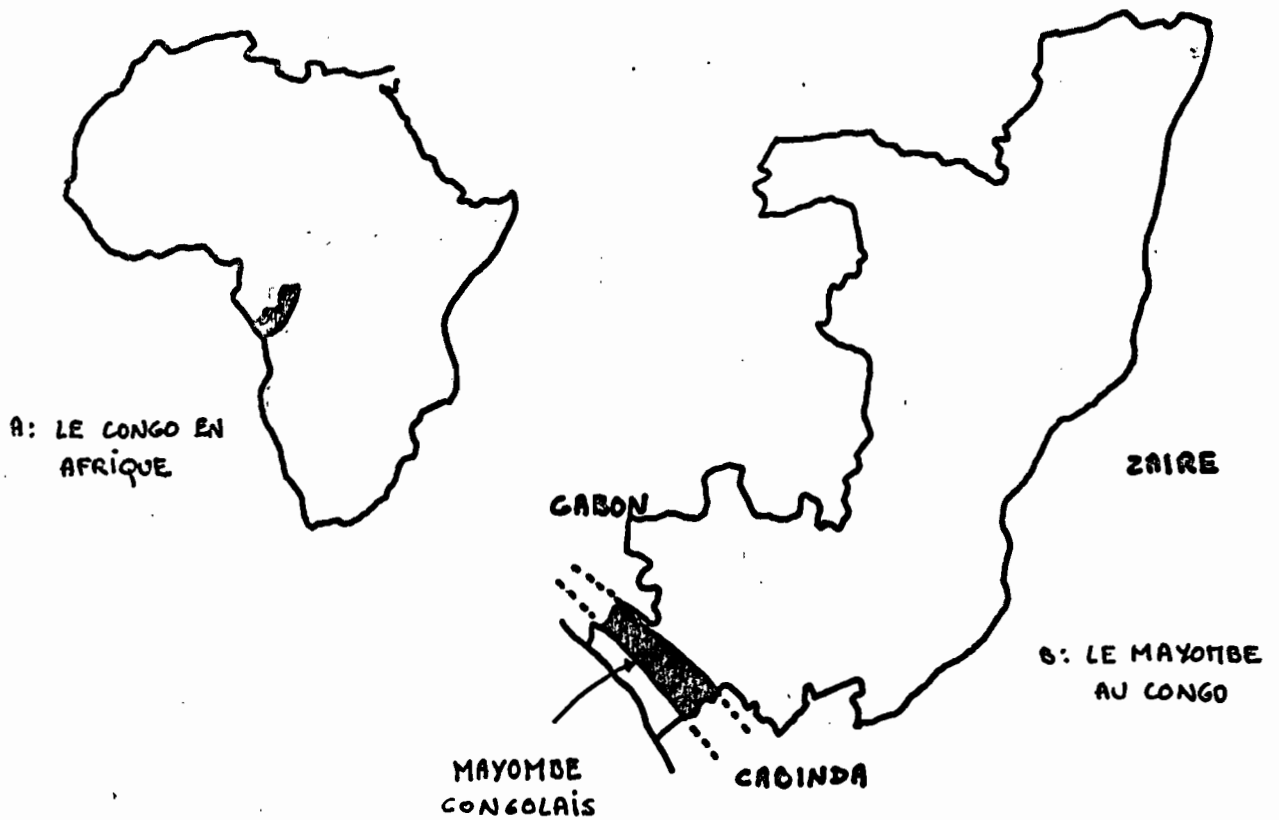
Une attention particulière sera mise, en sus des formes classiques de glissements, de ravinements et autres, sur la morphologie en "marches d'escalier" dont l'origine et la dynamique ont été peu décrites jusqu'à présent. Formes d'autant plus remarquables qu'elles occupent des grandes surfaces de versants et qu'elles témoignent, en raison de leur "fraîcheur", d'une érosion active et actuelle.

I- PRESENTATION DES SAVANES INCLUSES DU MAYOMBE

Les savanes incluses du Mayombe se développent essentiellement sur le versant oriental du massif de part et d'autre de la charnière formée par le Mont Bamba/Mont Boungou. Ces savanes bien que connues depuis longtemps, n'ont été cartographiées que partiellement par Vennetier (1968). Une mission aérienne récente (1979) permet d'en avoir une représentation plus précise quoique toujours incomplète au 1/50 000ème pour une surface proche de 2000 km².

Cette couverture photographique est grossièrement située par 4° de latitude nord et 12° de longitude est, entre Kakamoeka à l'ouest et Dolisie (Loubomo) à l'est. Elle présente ainsi l'intéressant contact entre le massif forestier du Mayombe et le vaste synclinorium savanicole du Nyanga-Niari. 311 savanes incluses ont été repérées et cartographiées auxquelles il faut ajouter 53 "indentations" de savanes issues des savanes de la plaine du Niari (fig.1 et 2).

FIG:4 : Localisation du domaine d'étude



Légende

-  forêt
-  savane/forêt
-  savane

le cartouche correspond à la couverture aérienne de la mission IGN 1979

C: LE MAYOMBE CONGOLAIS.
(d'après SCHWARTZ et al, 1990)

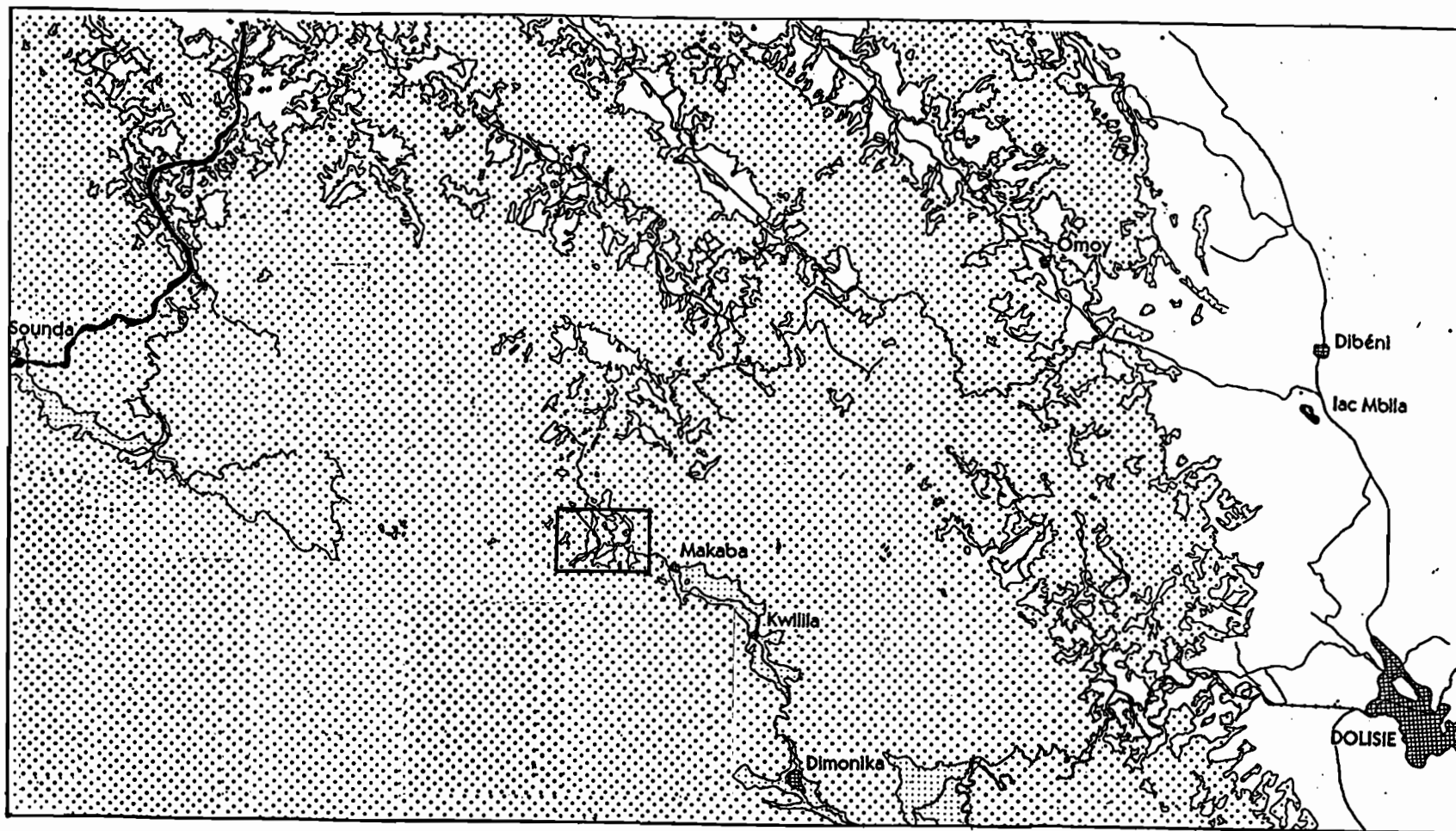
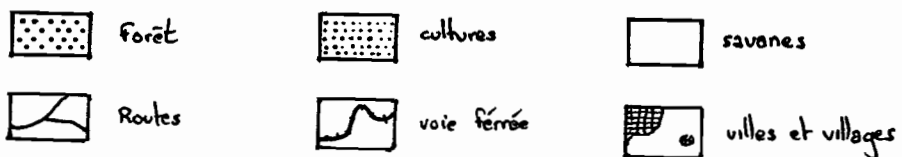


FIG 2: Répartition des savanes entre les secteurs de Sounda - Dimonika - Omoy (Tpassi Tpassi)
carte établie d'après P.V.A 1979 (ech: 1/50000) IGV et Schwartz et al. (1990)



le cartouche au nord ouest de Makaba représente le secteur décrit dans les figures 4 et 5.

1-1 Le Mayombe: présentation générale

La chaîne du Mayombe qui s'étire du Gabon au Nord-Ouest au Zaïre au Sud-Est, traverse le Congo en arrière de la plaine du littoral atlantique. Elle constitue une zone de 10 000 Km² (au Congo) très montagneuse (plus par son relief accidenté que par son altitude dépassant à peine les 900 m), couverte par la forêt équatoriale.

1-1-1 Géologie et géomorphologie

L'histoire géologique du Mayombe a été schématiquement retracée par Vellutini et al. (1988) ainsi que par Vicat et Gioan (1989). Le Mayombe est une chaîne précambrienne qui serait née de la suture d'un bassin océanique puis de son soulèvement entre deux cratons celui de Guéna et celui du Chaillu. Ce modèle est différent pour d'autres auteurs, cités par Giresse (1990), qui admettent que le Mayombe est une chaîne ensialique intraplaque. Quoiqu'il en soit, les séries schisteuses puis quartzitiques ont, ensuite, été plissées et déversées vers l'est. Puis, le Mayombe a subi une phase de nivellement total à laquelle ont succédé plusieurs orogénies à l'origine de reprises d'érosion. En raison des différences de duretés des matériaux métamorphiques, le Mayombe a été, et est le siège d'une importante érosion différentielle qui a dégagé des chaînons parallèles correspondant aux racines des plis serrés et redressés, dont les altitudes augmentent progressivement vers l'est en raison du gauchissement mi-Tertiaire de la surface d'aplanissement antérieure. Ainsi, morphologiquement cette chaîne présente les caractères des reliefs dits appalachiens. Les vallées encaissées qui séparent les crêtes sont, dans leurs traits principaux, adaptées à la structure, c'est-à-dire orientées comme les chaînons, Sud-Est/Nord-Ouest (Vennetier, 1968). Les cours d'eau les plus importants peuvent parfois passer d'un val à un autre par des coudes brusques en cluses qui donnent à l'ensemble un réseau hydrographique en baïonnette caractéristique des régions plissées (Petit, 1990). L'érosion régressive qui affecte les pentes des versants festonne les lignes de crêtes de cols qui isolent des sommets étroits aux versants raides et délimitent des croupes perpendiculaires aux chaînons principaux qui morcellent le paysage en une multitude de petites cellules en cuvettes. Les versants affectés de fortes pentes sont recouverts de formations quaternaires plus ou moins épaisses qui se seraient formées pendant des phases climatiques plus sèches (Segalen, 1969; Gras, 1970; Schwartz et al., 1990).

1-1-2 Le climat

Le Mayombe climatique fait partie du climat bas-congolais (Atlas de la République Populaire du Congo, 1977) mais il est influencé par le double effet du relief et de l'imposante couverture végétale (Clairac et al, 1989). Les précipitations se répartissent d'octobre à mai et constituent la saison des pluies. Cette période est marquée par une diminution des précipitations entre décembre et février, mais cet épisode, improprement appelé "petite saison sèche", est extrêmement variable d'une année à l'autre. En saison des pluies, il tombe environ 1250 mm à l'ouest de la chaîne, 1500 mm à Dimonika à 400 m d'altitude sur le versant occidental, et près de 2000 mm sur les plus hautes crêtes (Schwartz et al, 1990). De juin à septembre les pluies sont inexistantes. C'est la saison sèche.

Ces caractéristiques générales sont, dans les faits, bouleversées par l'effet orographique induit par le relief ainsi que par la végétation qui maintient une certaine

humidité, le couvert végétal agissant comme un isolant entre l'atmosphère forestier et l'atmosphère supraforestier. Les conséquences de cette double influence sont d'abord une complexité climatique déconcertante, chaque vallée, versant ou crête étant caractérisée par un microclimat qui lui est propre; ensuite l'humidité relative dans le Mayombe reste importante même au coeur de la saison sèche (86%) en raison de la formation de nuages, de brouillards précipitants, de crachins à l'origine de pluies occultes difficilement mesurables. De ce fait, l'ensoleillement est très limité, moins de 1000 h/an à Dimonika, ce qui en fait "une des régions les moins ensoleillées de tout le continent africain" (Clairac et al., 1989).

1-1-3 La végétation

La flore du Mayombe congolais est directement tributaires de ces conditions climatiques. Elle appartient aux régions phytogéographiques guinéo-congolaises définies par Troupin (1966) et White (1986), c'est à dire à une forêt ombrophile qui présente différents faciès selon le caractère plus ou moins caducifolié ou sempervirant des espèces. De Namur (1990) précise que la végétation du Mayombe est une forêt dense de transition vers un type semi-caducifolié encore marqué par la dominance des éléments sempervirents.

Pourtant, malgré ce souci de classification, le Mayombe présente des savanes incluses qui apparaissent comme anormalement localisées du point de vue écologique au milieu de la forêt tropicale humide (Aubréville 1948; Schnell, 1976; De Namur, 1990). Ce sont ces savanes qui font l'objet de la présentation suivante.

1-2 Description, localisation et origine des savanes intramayombiennes

D'une manière générale, elles offrent des contours géométriques et leurs tailles et formes sont très irrégulières. De petites dimensions, elle représentent 152,1 Km² sur les 2000 couvert par les photos aériennes (7,6%) pour une surface moyenne de 0,49 Km². Mais ces chiffres cachent mal une très grande hétérogénéité des surfaces dont l'étendue statistique est le reflet allant de 0,01 Km² à 11,56 Km². La médiane est seulement à 0,1 km² et 80% de la distribution statistique est comprise entre 0,01 Km² (1er décile) et 1,1 Km² (dernier décile). Ce sont les 31 (10%) savanes supérieures à 1,1 Km² qui tirent la moyenne vers des valeurs plus importantes.

1-2-1 Localisation des savanes

Contrairement à ce qu' a écrit Vennetier (1968), les savanes occupent toutes les situations topographiques: crêtes, versants, fonds de vallées. Mais les crêtes (31%) et les versants (61%) leurs sont éminemment plus favorables que les vallons et les ravins (8%). Par ailleurs il faut noter le grand nombre de savanes (31%) qui se développent sur deux ou trois situations topographiques à la fois, avec là encore, une prédominance de l'association crête/versant sur l'association versant/fond de vallée. Cette caractéristique peut s'expliquer par la présence de forêts galeries cantonnées dans les zones hygrophiles, qui sont considérées par certains auteurs comme des noyaux de reconquête forestière (De Foresta, 1990).

La deuxième caractéristique de ces savanes est leur alignement en bandes parallèles qui correspondent grossièrement aux directions des chaînons et des vallées du Mayombe. Chaque savane a été caractérisée par sa plus grande longueur (L) et sa

plus grande largeur (l). C'est par L que l'on peut connaître l'orientation des savanes. Celle-ci se répartissent en deux doublets d'orientation: d'une part l'orientation NE/SO et son opposée NO/SE qui représente près de 40% des orientations et d'autre part le binôme NNE/SSO - NNO/SSE, 35%. Les quatre autres orientations ne représentent que 25% de l'ensemble (fig.3).

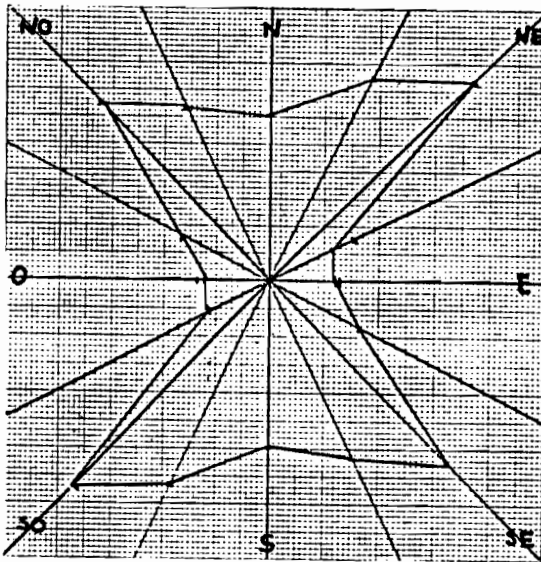
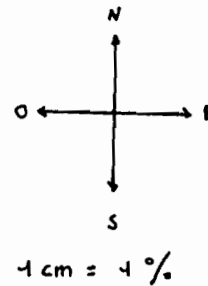


FIG: 3: orientation de la plus grande longueur des savanes incluses



1-2-2 Origine des savanes

Cette répartition qui semble corrélée aux formations géologiques n'est qu'apparente. En effet, si les savanes du secteur de Kakamoeka et de Makaba correspondent approximativement à la série des schistes de Mvouti, le premier appartenant à la branche dite principale et le second à la bande secondaire (Dadet, 1969), elle n'en sont pas moins disposées indifféremment sur schistes et grès-quartzites. Quant aux savanes de Mpassi Mpassi, plus à l'est, elles se développent dans la série de la Mossouva constituée de schistes, de grès-quartzites et d'argilites. La lithologie à grande échelle ne semble donc pas être un facteur de répartition des savanes. Par contre, au plan régional, à la suite de Devred (1960) cité par Avenard (1969), il faut noter que les savanes sont inexistantes sur les roches cristallophyliennes du secteur occidental du Mayombe alors qu'elles sont de plus en plus nombreuses vers l'est, en direction des séries schisteuses et schisto-calcaires. Cette remarque à une certaine importance car la couverture pédologique du Mayombe se révèle être particulièrement influencée par la nature de la roche-mère (Jamet et Rieffel, 1976). Ainsi, les sols du Mayombe occidental sont plus riches que les sols du Mayombe oriental, là où se développent les plus belles savanes. Il faut toutefois modérer ce schéma général en raison du morcellement géologique et topographique qui peut, sur de faibles distances, rassembler des sols anciens bien développés, des sols jeunes sujets à l'érosion, etc... Différences pédologiques dont la répartition des savanes est, là encore, indépendante.

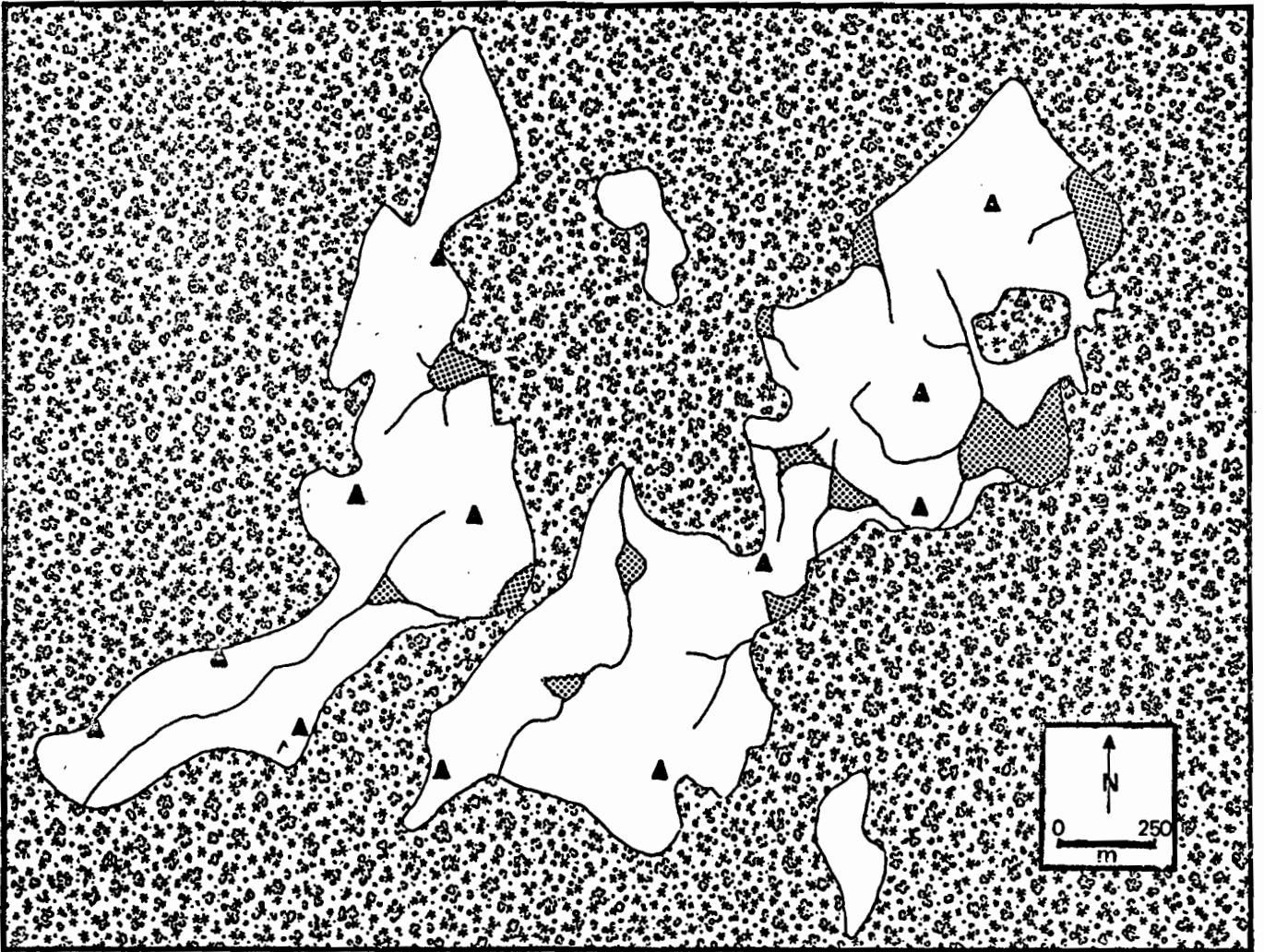
Cette disposition générale selon les plis mayombiens s'oppose donc à une sorte de gradient de présence des savanes incluses dans la chaîne d'ouest en est. En effet les savanes d'abord inexistantes sur la bordure occidentale du Mayombe deviennent de plus en plus nombreuses au fur et à mesure que l'on se rapproche de la vallée du Niari, sur la bordure orientale. Pour autant, il est difficile d'envisager, à l'instar de P. Vennetier

(1968), que ces savanes doivent, en partie, leur existence aux "conditions naturelles". C'est à dire sur le versant oriental, plus sec, parce que sous le vent, et d'autre part, sur les crêtes et versant, là où les pentes sont fortes et empêchent la formation de sols. Ces hypothèses ne résistent pas à une observation de la répartition des savanes.

Il existe des savanes sur le secteur occidental de la chaîne dans les secteurs de Kakamoeka, Sounda, Makaba et ce, sur le versant "au vent" du Mayombe, en aval de la ligne de crête du Mont Bamba/Mont Boungou. Elles sont néanmoins en nombre plus limité et sont plus petites que celles du versant oriental. De plus, la présence de savanes sur les crêtes, donc sur les zones les plus arrosées, confirme que la "sécheresse" n'est pas l'élément fondamental de la présence des savanes même s'il contribue sûrement à les entretenir.

La présence de quelques savanes dans les fonds de vallée (environ 8%) suffit à infirmer la remarque qui voulait qu'elles ne se développent exclusivement que sur des sols pauvres entraînés par l'érosion du fait des fortes pentes. Mais, de plus, il existe des forêts sur des pentes tout aussi fortes ne serait-ce que sur les versants du Mont Bamba. Enfin l'analyse des sols de savanes et de forêts du secteur de Makaba révèle qu'ils sont identiques (sols sablo-limono-argileux à argileux) puisque seuls changent les horizons de surface en raison des caractéristiques de la végétation (Zinga, 1988; Schwartz et al., 1990). S'il y a une érosion différente sous forêt et savane, elle ne peut donc en aucun cas être à l'origine des formations herbeuses ou forestières. Elle n'en est que tributaire et dépendante. Ce qui revient à dire que les formations végétales dans le cadre étudiées n'obéissent pas à une répartition selon le modelé, mais que ce même modelé est l'objet d'une attaque différente qu'il se trouve sous l'une ou l'autre des formations végétales.

Reste le problème d'une éventuelle origine anthropique de ces savanes. Zinga (1988) et Cusset (1989) attribuent leur existence à l'homme. Leur argumentation déductive repose sur les récits des autochtones interrogés dans la région ainsi qu'à la présence d'espèces fréquentes au voisinage des villages traditionnels tels que les manguiers (*Mangifera indica*) par exemple. Elles auraient ensuite été maintenues et développées, dans les années vingt, par la pression agricole et alimentaire exercée lors des travaux du C.F.C.O (Chemin de Fer Congo Océan) pour nourrir les ouvriers du chantier puis, par les populations travaillant pour l'exploitation forestière et aurifère du Mayombe. Déjà en 1968, Vennetier avait émis cette hypothèse mais il nuance ses propos par une remarque intéressante: "pourquoi après la longue période d'abandon, la forêt n'a pas regagné le terrain perdu", alors que tous les spécialistes s'accordent à penser que la forêt progresse dans cette zone. Vennetier (1968) l'explique par la présence des chasseurs qui pratiquent le brûlis pour découvrir le gibier. Déjà mise en doute par Koechlin (1961), cette thèse est combattue par De Foresta (1990) qui fait remarquer que les agriculteurs d'aujourd'hui, dans des conditions climatiques considérées comme limites pour le plein développement de la forêt (Clairac et al, 1989), ne parviennent pas à créer des savanes alors que les moyens qu'ils ont à leur disposition n'ont jamais été aussi importants, alors que les populations n'ont jamais été aussi nombreuses et que les temps de jachères n'ont jamais été aussi raccourcis. A la suite de Schwartz et al. (1990), il propose une origine paléoclimatique. Les savanes sont des reliques d'une période aride (Léopoldvillien: 30 000 -12 000 BP). Elles sont, petit à petit, colonisées et fragmentées par la progression forestière, caractérisée par la présence d'espèces "pionnières" à l'origine de faciès forestiers particuliers: les formations à Okoumés et à Maranthacées. Schwartz (1992) précise que la




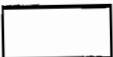


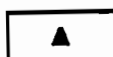
- 
FORET
- 
SAVANE
- 
BAS FOND
- 
RAVINES
- 
SOMMET DE COLLINE

FIG 4 : Modelé des savanes incluses de Makaba

réhumidification du kibangien après 12 000 BP n'a pas permis une reconquête complète par la forêt des savanes et ce d'autant plus que depuis 3000 BP on assiste à une légère aridification (Caratini et Giresse, 1979; Giresse et Lanfranchi, 1984; Elenga et al., 1992; Elenga et al., 1993 (sous presse)).

1-3 Le modelé des savanes incluses dans le secteur de Makaba

Les savanes de Makaba se situent sur le versant occidental du Mayombe, à une quinzaine de kilomètres au nord ouest de Dimonika, dans le prolongement d'une zone forestière fortement anthropisée dans laquelle se développent des bananeraies et des cultures sur brûlis (maïs, manioc...). Ces savanes sont grossièrement distribuées de part et d'autre d'un cours d'eau pérenne, s'écoulant vers le NO selon la direction mayombienne, entre deux lignes de crête plus élevées de même direction. Elles couvrent un secteur d'environ 3 Km². Leur relief, mouvementé, est formé d'une multitude de collines de hauteurs différentes, non ordonnées, caractérisées par des dénivellations brutales délimitant des "petits bassins" cloisonnés, des dépressions marécageuses, des petites vallées sèches (fig.4).

Cinq de ces collines ont fait l'objet de descriptions et de mesures en fonction des faciès qu'elles présentaient, afin de caractériser et de mieux cerner les conditions de formation des marches d'escalier qui sont les formes les plus remarquables que l'on rencontre dans cette zone. Pour cela, dix coupes ont été réalisées au topofil/boussole. Les pentes ont été calculées le long d'une ligne droite tracée entre le pied de la colline et son sommet, selon des segments plus ou moins longs délimités par les ruptures de pentes identifiables sur le terrain (fig.5 et 6).

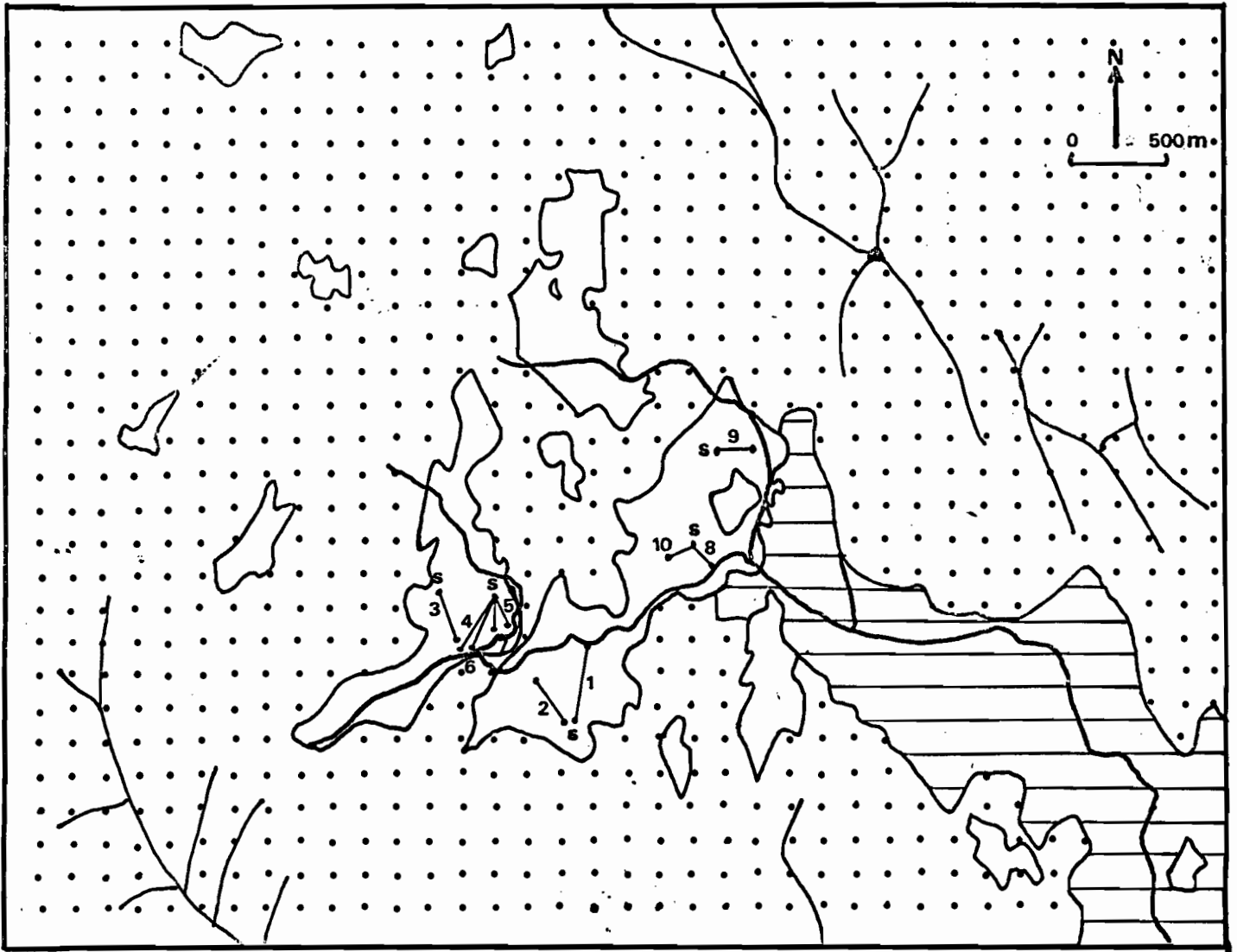
1-3-1 Les collines

La configuration générale de ces collines est un versant convexe ou convexo-concave, parfois presque rectiligne. L'observation des courbes topographiques (fig) montre que les sommets sont quasiment plats alors qu'à la base deux grands types de piémonts peuvent être dégagés:

- soit on observe un relief sans ruptures de pentes; les versants convexes s'infléchissent alors doucement, deviennent concaves et se prolongent en longs glacis (ces glacis se développent d'autant plus que la distance entre les collines est grande).
- soit, lorsque le relief est accidenté et les collines rapprochées, les glacis cèdent la place à de petites vallées aux fonds plats résultant d'un colmatage par ruissellement et colluvionnement. Le contact entre le versant et le fond de la vallée est alors marqué par une cassure très nette entre le fond proche de l'horizontale et le bas du versant affecté d'une pente d'environ 10-15° et parfois plus.

1-3-2 vallées et bas fonds

Les vallées et les bas fonds du secteur des savanes de Makaba se situent à la tête des vallées pérennes soulignées dans le paysage par les forêts galeries qui les bordent. Contrairement au drain principal à écoulement pérenne, ces vallées sont sèches et n'offrent des écoulements temporaires que lors des précipitations suffisamment importantes pour déclencher un ruissellement concentré. Les vallées ont un profil en travers en forme de U qui caractérise des fonds plats à peine affectés de petites irrégularités. A l'amont de ces petites vallées on trouve des ravines incisées dans les



LEGENDE



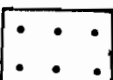
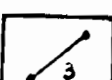
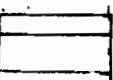
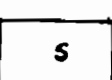
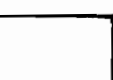
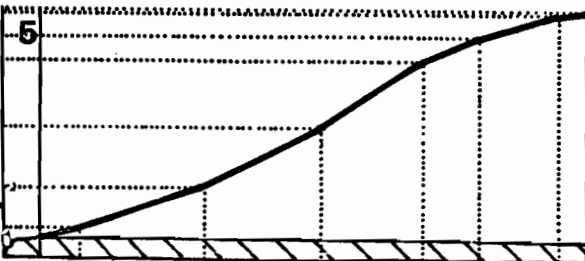
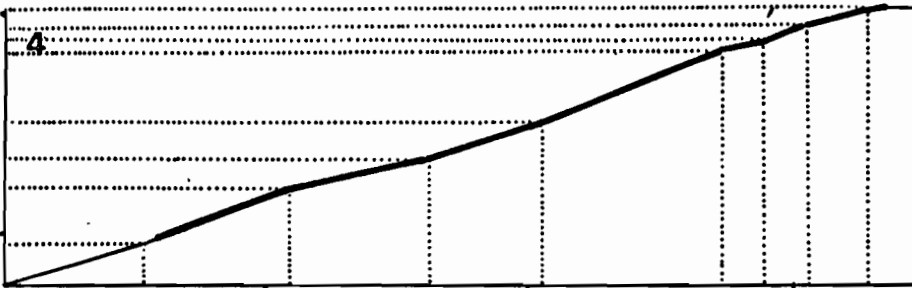
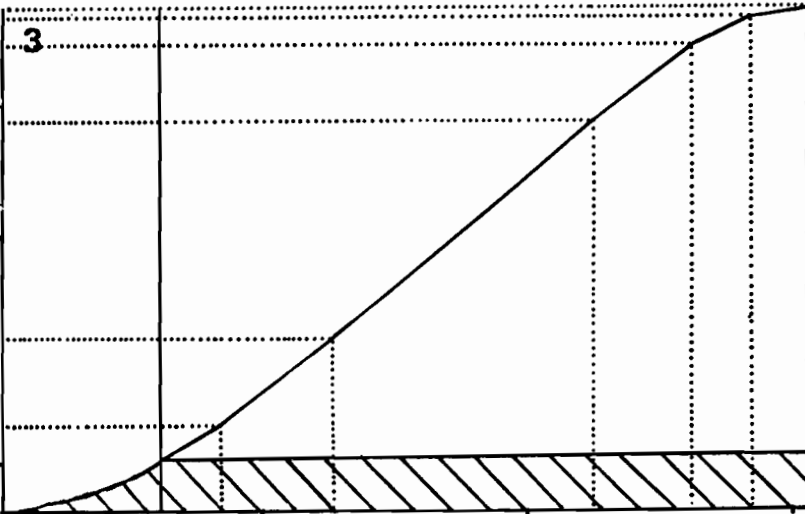
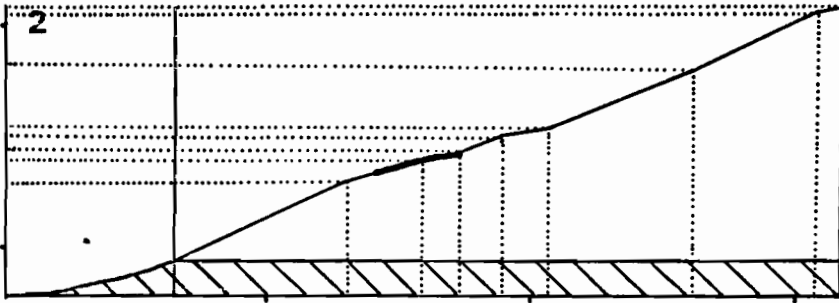
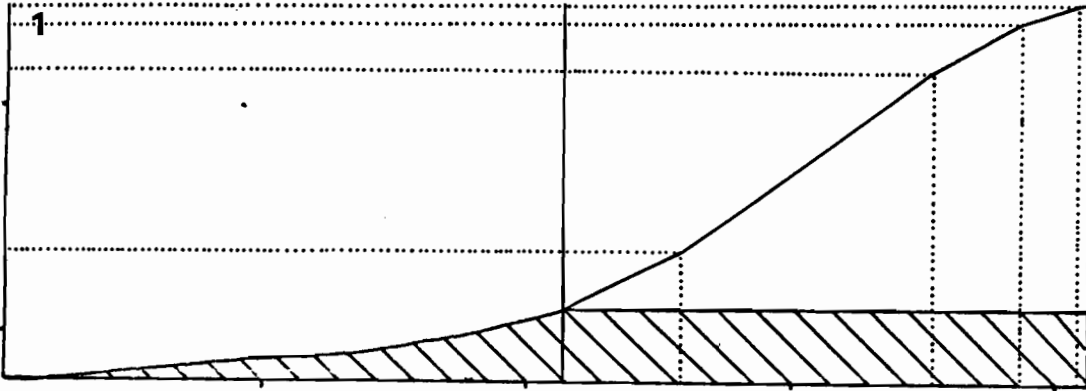
- | | | | |
|---|-----------------|---|----------------------------|
|  | Ligne de rivièr |  | chemin - piste historique |
|  | Forêt |  | topofil et numéro "repère" |
|  | Forêt dégradée |  | Sommet de colline |
|  | savane | | |



FIG : 5 . Localisation des séquences topofil dans le secteur de Makoba



LEGENDE

5 numero de topofil

segment de pente :

-  avec marches d'escalier
-  sans marches d'escalier

50 m

0 100 m

Partie non prise en compte pour le calcul des pentes.

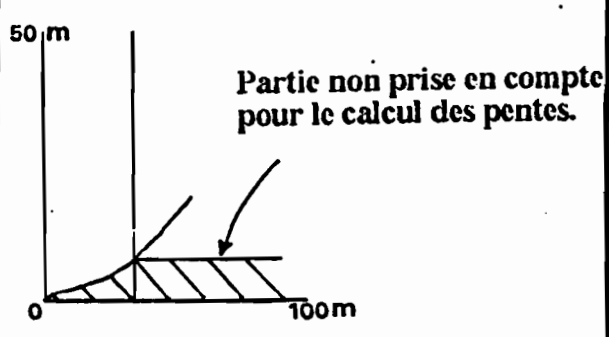
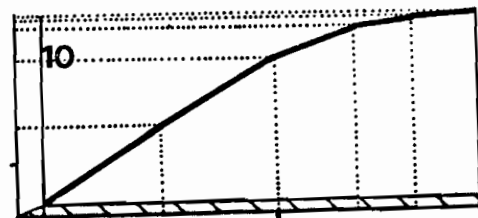
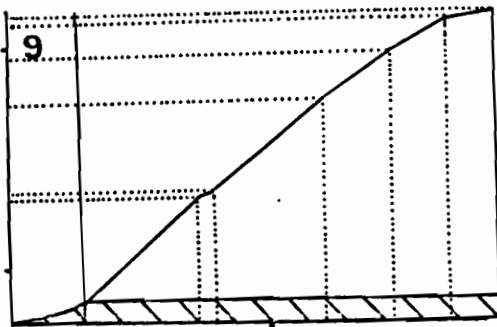
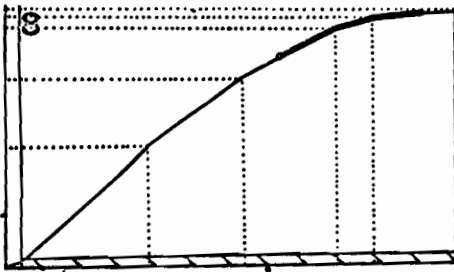
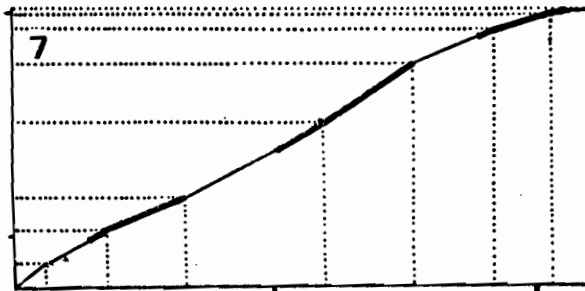
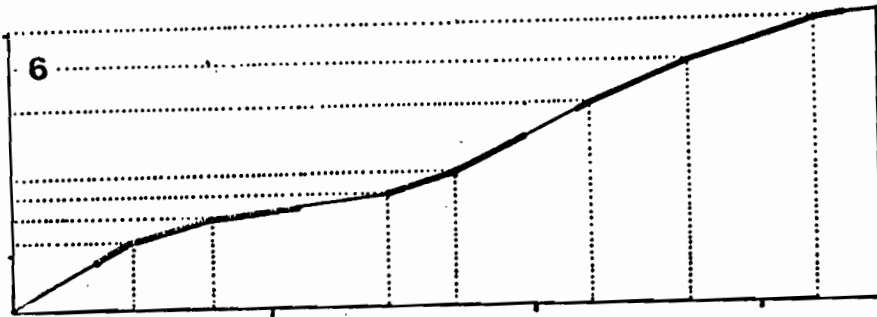


FIG 6 : Courbes topofil



LEGENDE

5 numero de topofil

segment de pente :

- avec marches d'escalier
- sans marches d'escalier

50 m

100m

0

Partie non prise en compte pour le calcul des pentes.

FIG 6 : Courbes topofil

colluvions issus des proches versants. Ces ravines sont plus profondes que larges et mettent à jour des blocs résiduels enterrés totalement ou partiellement par le colluvionnement. Quand, vers l'aval, le relief s'élargit et que la distance entre les collines est plus importante, l'incision est de moins en moins marquée et tend même à disparaître au contact des bas fonds en de multiples chenaux anastomosés qui serpentent entre les touffes d'herbes. Ces caractéristiques dénotent d'une activité érosive actuelle qui bien que liée à des événements climatiques exceptionnels, est à l'origine de formes très fraîches comparables, dans une certaine mesure, au vallée sèches du plateau de Mbé (Congo) décrites par Guillot et Peyrot (1979).

Les bas fonds situés entre les collines ou à la confluence des ravines, forment des dépressions dans lesquelles l'eau se concentre lors de la saison des pluies, donnant des mares temporaires. Ces bas fonds constituent comme des vallées à fond plat où se développent des sols hydromorphes organiques dans lesquels aucun lit marqué ne se distingue (seuls quelques chemins d'eau sont marqués entre les touffes d'herbes). Les bas fonds sont classiquement caractérisés dans le paysage par une végétation dense de hautes herbes hygrophiles qui se distingue de celle des versants plus rase, plus sèche en bouquets espacés entre lesquels l'eau peut ruisseler (Tricart et Cailleux, 1974).

1-3-3 Caractérisation des versants

C'est sur les versants des collines de Makaba que l'on rencontre les plus belles formes d'érosion. Les pentes par leurs inclinaisons, leurs formes, leurs longueurs, conditionnent l'importance de l'érosion (Roose, 1977). Convexes ou convexo-concaves, les versants sont courts: environ 55 mètres de dénivelée pour une longueur horizontale moyenne de 270 mètres. Les pentes offrent des inclinaisons variant entre 8°-20° mais ces valeurs moyennes cachent de grandes disparités créées, lorsqu'ils existent, par les reliefs en "marche d'escaliers" dont les caractéristiques morphologiques seront détaillées ci-après. Ces banquettes d'érosion qui sont plus ou moins parallèles aux courbes de niveau ont des fronts proches de la verticale allant de quelques centimètres à près de 2 m de haut. Sans atteindre ces extrémités (70-90°), des portions de versants peuvent être affectés sur plusieurs mètres de pentes proches de l'ordre de 40-50°. C'est le cas des courbes topofil N°6, N°7, N°8...

Les marches d'escaliers ne doivent cependant pas cacher la présence d'autres formes plus classiques parallèlement observées. Sur les collines offrant des versants raides, on observe des traces d'érosion en rigole qui entament la couche superficielle de collines en des petits chenaux à profil en U d'une dizaine de centimètres de largeur, qui suivent la plus grande pente, pouvant être au passage déviés par des obstacles divers tels qu'une pierre ou une touffe d'herbe.

Des formes exacerbés d'érosion linéaire sont également présentes. L'érosion en ravin peut inciser profondément les collines dans le sens de la plus grande pente. Rectilignes, les ravins attaquent les collines par érosion régressive (Fournier, 1956). Ils prennent naissance dans le bas des pentes et progressent vers le haut. La tête des ravines se ressèrent vers le sommet arrondi et forment ainsi une sorte d'éventail de ravins allant en s'élargissant de l'amont vers l'aval.

A noter enfin, la présence de lavakas (Makaba, Sounda) qui griffent certains versants par glissements de soutirages. D'une manière générale, ces lavakas sont de taille moyenne et semblent circonscris, à ce qu'on a pu observer sur le terrain, à de

grands versants convexes ou rectilignes affectés de fortes pentes. La rareté de ces formes est à mettre en relation avec la faible épaisseur de la couverture argileuse, de l'ordre du mètre, recouvrant les stone-lines dans le Mayombe (Schwartz et al, 1990), ce qui s'oppose à tout approfondissement et développement des ravins (Riquier, 1954). A Sounda, des lavakas morts sont recolonisés petit à petit de l'aval vers l'amont par de forêts galeries qui se nichent dans le chenal d'écoulement-glissement protégées par les parois des feux de brousse, profitant de l'humidité et de la plus grande fertilité des sols (Demangeot, 1976).

1-3-4 Le cas particulier des marches d'escaliers

Dans le cadre de cette étude, il est tout d'abord nécessaire de préciser ce qu'on entend par marche d'escalier. On entendra tout au long de ce développement par "marches d'escaliers" des banquettes d'érosion grossièrement parallèles aux courbes de niveau dont la grandeur est d'ordre métrique à décimétrique. Cette précision est importante car l'ensemble des versants des savanes incluses sont affectés de déformations en microterrasses, déformations atteignant au maximum 50-80 cm de large pour une dénivellation de 10-20 cm comparables aux terrasses décrites dans les massifs montagneux en d'autres régions de globe et qui sont dues à des microglissements de terrains fractionnés (George, 1970; Derruau, 1986). Les savanes incluses présentent des formes tout à fait comparables. Elles se présentent (fig.7) comme des petits replats dénudés en arrière de touffes d'herbes qui forment l'arrêt du talus

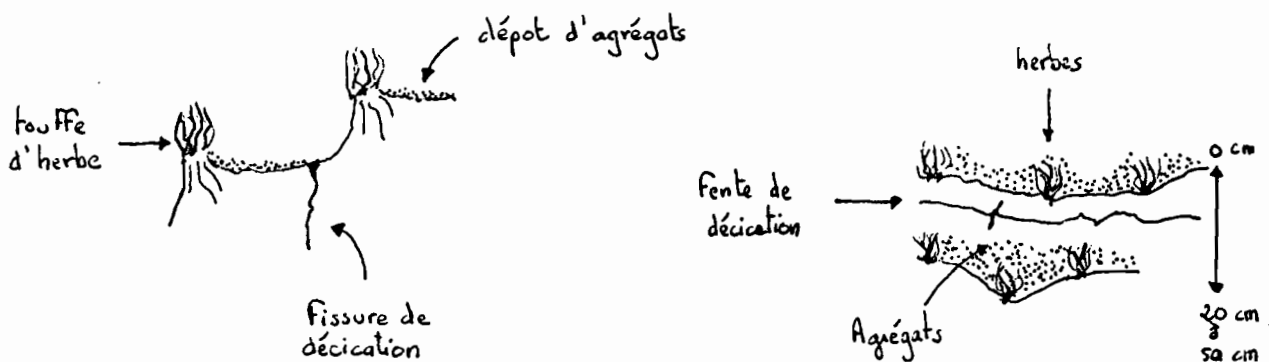


FIG:7. Les microterrasses de versant

également dénudé à la base. Sur le replat se trouvent des microagrégats qui se déposent en plage de ruissellement. De larges fentes de décantation marquent, à la saison sèche, la base du talus et peuvent jouer le rôle de plan d'infiltration et de glissement lors des épisodes pluvieux. Ces terrasses affectent les versants vierges de marches d'escalier, mais aussi les marches d'escaliers en elles-mêmes lorsqu'elles existent. Il reste donc à préciser si ces formes sont une des phase de la genèse des grandes déformations de versants ou si elles en sont totalement indépendantes.

Pour réaliser l'étude des marches d'escalier proprement dites, les topofils ont été "lissés" en joignant tous les points hauts des marches d'escalier. Sur chaque courbe créée, des tangentes sont déterminées graphiquement entre chaque rupture de pente. Elles représentent les pentes moyennes entre deux points. Les glacis et les piémonts, lorsqu'ils existaient, ont été volontairement éliminés des calculs afin de ne pas sous estimer les parties des versants les plus touchés par l'érosion. La somme de ces pentes

rapportée à chaque segment de droite donne la pente moyenne du versant. Enfin sur chaque courbe apparaissent les secteurs affectés par les formes en marches d'escalier. Les mêmes calculs que précédemment leur ont été appliqués. Les résultats apparaissent dans le tableau ci-dessous.

CARACTERISTIQUES DES VERSANTS.						SECTEURS DE VERSANTS AFFECTES PAR "LES MARCHES D'ESCALIER".		
N° topofil	L	LC	LC/L (%)	P-LC	Segment	LM	LM/LC(%)	P-LM
1	425,0	205,7	48,4	14,4	5	-	-	-
2	320,0	259,9	81,2	10,2	8	30,6	11,8	8,1
3	330,0	257,2	77,9	18,7	6	-	-	-
4	348,2	348,2	100,0	8,4	9	276,2	79,3	8,5
5	225,0	210,8	93,7	11,2	7	210,8	100,0	11,2
6	332,1	332,1	100,0	9,2	8	235,0	70,1	7,3
7	224,2	224,2	100,0	13,1	8	141,6	63,2	12,8
8	178,7	178,7	100,0	14,2	5	55,7	31,2	9,0
9	192,7	163,7	84,9	18,7	6	-	-	-
10	179,0	169,4	94,6	11,8	5	169,4	100,0	11,8

L: Longueur totale du topofil entre le bas et le haut d'un versant (en mètre).

LC: Longueur prise en compte pour le calcul des pentes; abstraction des glacis et piedmonts (en mètre).

P-LC: Pente moyenne de LC (en degré).

Segment: nombre de segments affectés d'une pente différente sur LC.

LM: Longueur de pentes affectée par les "marches d'escaliers" (en mètre).

P-LM: Pente moyenne de LM (en degré).

D'une manière générale les versants affectés par les marches d'escaliers présentent des profils irréguliers. C'est sur ces versants que le nombre des ruptures de pentes importantes sont le plus nombreuses: une tous les 30/40 mètres. Ainsi aux déformations de l'ordre du mètre dues aux marches d'escaliers en elles-même, sont associées des déformations du versant à beaucoup plus petite échelle, particulièrement visibles sur les profils N° 2, N° 4, N°6, N° 7... Le profil N°10 présente pourtant une exception, il est très régulier dans son aspect général alors qu'il est entaillé de marches. Il est important de souligner que ces marches sont parmi les plus petites observées et qu'elles se développaient dans des formations herbeuses denses.

La pente moyenne des versants varie entre 8° et 20° environ, par contre la pente moyenne des secteurs de versant affectés par les marches d'escalier est inférieure, variant de 8° à 13°.

A la comparaison de ces chiffres plusieurs remarques sont à formuler:

1- D'abord les secteurs à marches d'escaliers se localisent sur les versants les moins pentus: de 8,4° à 14,2°. Il semble donc que les marches d'escaliers soient opposées aux grandes pentes sur lesquelles s'exerce une érosion linéaire superficielle, l'eau ruisselant dans une multitude de petits chenaux serpentant entre les touffes d'herbes entaillant jusqu'à une dizaine de centimètres de profondeur la couverture argileuse. Ce ruissellement est facilement repérable puisqu'il attaque le terrain à chaque discontinuité

de la couverture végétale (c'est-à-dire entre chaque touffe d'herbe) qui apparaît ainsi en relief par rapport au sol nu en creux. Des observations identiques ont été faites au Zaïre (Van Caillie, 1989-90). Par contre, les formes exacerbées d'érosion linéaire, les lavakas, sont rares et n'ont été observées que ponctuellement à Makaba et Sounda.

2- Les secteurs à marches d'escaliers ont des pentes toujours inférieures ou égales à celle du versant sur lequel ils se développent (exception faite du toprofil N°4: 8,5° pour le secteur des marches, 8,4° pour le versant). Ce qui implique que les plus grandes pentes sont le siège d'érosion de types différents, même si, ponctuellement, à la lecture des profils, il existe des tronçons à pente relativement forte soumis à des marches (topofils n° 5; 7; 10). Cette remarque tend à montrer que la pente ne peut expliquer seule l'existence des marches d'escaliers et que vraisemblablement d'autres facteurs sont à prendre en compte quant à leur existence. En effet on observe des versants entiers affectés de pentes comparables aux secteurs touchés par ce type d'érosion en d'autres endroits, sans la moindre trace de marches (topofil n°1; 3; 9).

3- En conséquence et aux vues des profils (fig.6) il semble que le replat sommital et la concavité des versants soient les lieux privilégiés de l'attaque de l'érosion sous forme de marches d'escalier. C'est-à-dire les zones où l'eau est le mieux à même de s'infiltrer selon les principales fissures du sol et notamment par le plan formé par le front de la marche en elle-même.

1-3-5 Conclusion

Au terme de cette description, cette étude a permis pour la première fois de caractériser les topographies sur lesquelles se développent de façon privilégiée les "marches d'escaliers". Toutefois ces données doivent être manipulées avec précautions car, des techniques de mesures employées, il découle une série d'imprécisions inhérentes au toprofil-boussole (malgré la double mesure) et à la détermination graphique des pentes sur les courbes. Cette première approche de l'étude hypsométrique pourrait être grandement améliorée par l'existence d'une carte topographique de la région... Les valeurs indiquées dans le tableau ne sont donc que des indications permettant une estimation globale du phénomène.

II- ESSAI DE DEFINITION DE LA MORPHOGENESE DES MARCHES D'ESCALIERS

Pour tenter de mieux définir les marches d'escaliers, soixante quinze d'entres elles ont été étudiées et définies selon des caractéristiques qui nous ont paru intéressantes à confronter après étude sur le terrain.

Les marches d'escaliers sont des formes "fraîches" qui témoignent d'un système d'érosion actif. Elles sont de dimensions variables. La hauteur du front sur les marches mesurées varie de 0,25 m à un peu moins de 2 m, alors que les longueurs s'étalent entre 1,9 m et 29 m environ. En moyenne une marche fait 0,78 m de hauteur pour 6,55 m de longueur (médianes: 0,7 m pour 5,4 m). Elles sont "formées" de trois parties: le revers, le front, le pied de marche ou terrassette (fig.8), les deux premières disposées

grossièrement en arc de cercle autour de la troisième. Les fronts des banquettes sont caractérisés par des bords anguleux que ce soit sur l'arête supérieure ou à la base du gradin. Les fronts dénués de végétation sont formés par des agrégats argileux plus ou moins cimentés en fonction de l'humidité. Ils sont également affectés de déplacements secondaires, alors que les terrassettes en pied de marche sont marquées par des traces de ruissellement (diffus, en nappe ou concentré) et parfois par de petits épandages épars d'agrégats issus de la couverture.

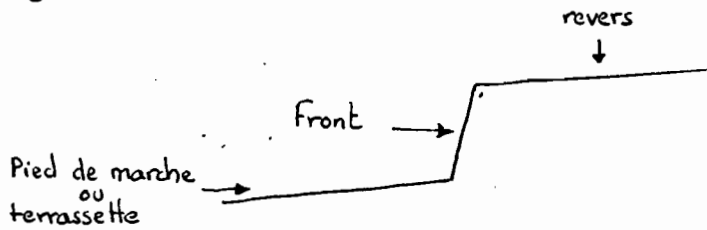


FIG: 8 : Les trois parties d'une marche d'escalier

2-1 Formes des fronts:

Quatre grands types de front ont été observés.

-1: marche avec front concave. Seule la partie supérieure du front laisse apparaître la couverture à nu sous forme de cicatrice en arc de cercle. La concavité et le revers sont herbacés. Il n'y a pas de terrassettes mais un bombement de terrain dans le prolongement de la marche en aval de la cicatrice (fig.9). Ce type de marche prédomine sur le topofil n°10.

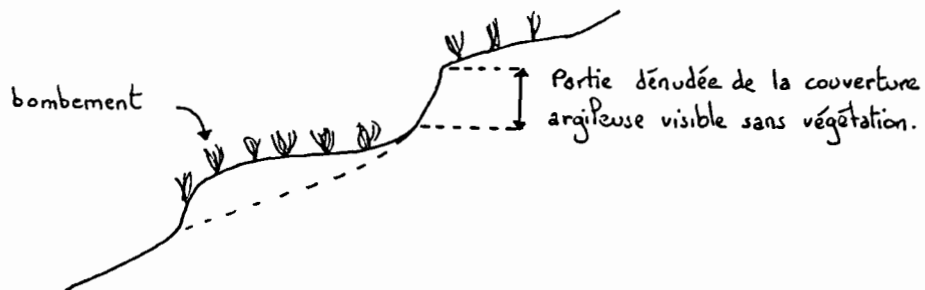


FIG: 9 - Marche de type 1

-2: marche avec un front légèrement concave, surmonté d'un surplomb d'une dizaine de centimètres formé par l'horizon racinaire des herbes du revers qui retiennent la couverture superficielle. A la base un micro-tabliers formés par des agrégats coalescents fait la transition avec le pied de marche subhorizontal sans végétation sur les premiers mètres, cette dernière ne réapparaissant vers l'aval que si la terrassette est suffisamment longue (fig.10).

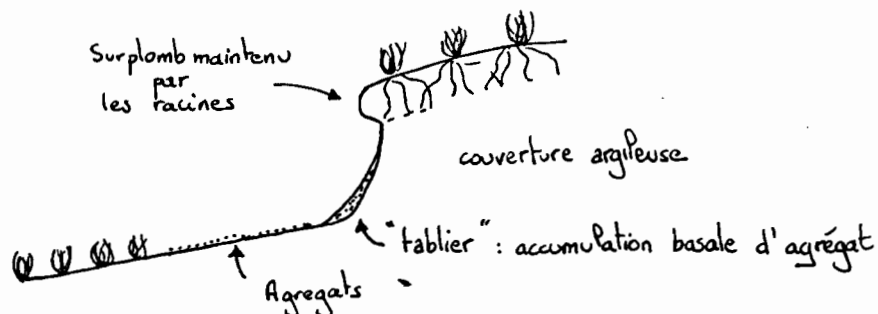


FIG: 10 - Marche de type 2

-3: marche reposant sur la stone-line. le front peut présenter le faciès 2 précédemment décrit et plus rarement le faciès 1. Le pied de marche est formé de la stone-line qui affleure. Il est donc rarement subhorizontal et reprend plutôt la forme générale du versant. Une terrassette plane peut se former en aval. Au contact avec la stone-line, elle peut être en partie couverte par des graviers épars issus de la nappe de gravats qui ont été remaniés par ruissellement (fig.11).

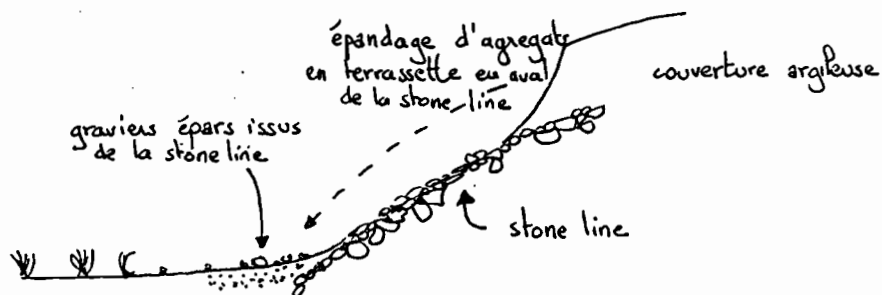


FIG 11 - Marche de type 3

-4: marche avec front vertical. Le revers et le pied de marche sont caractérisés par l'absence de végétation. La base est également marquée par un micro-tablier de quelques centimètres d'agrégats coalescents. Le front en sa partie supérieure, au contact avec le revers, peut être affecté de ravines caractérisant un écoulement concentré. Ces ravines n'atteignent jamais la base de la marche dès que celle-ci dépasse une vingtaine de centimètres (fig.12).

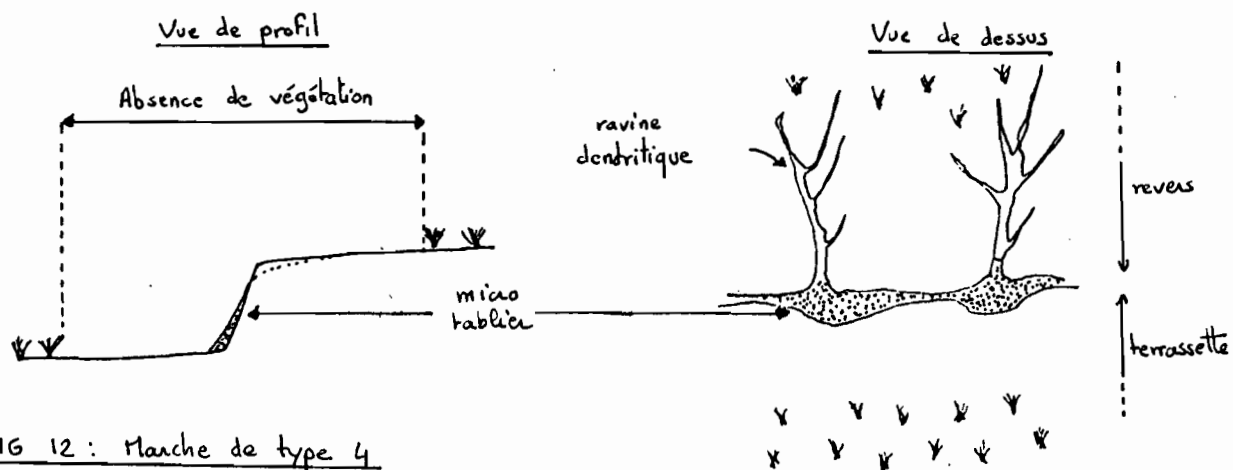


FIG 12 : Marche de type 4

2-2 Formes secondaires associées aux fronts.

Les formes décrites ci-dessous se rencontrent en association avec les marches. Pour autant les marches ne présentent pas toutes ces formes. Certaines en sont même totalement dépourvues.

1- Les fronts verticaux ou subverticaux peuvent être affectés par des micro-glissements en écaille et/ou des décollements du sol. Ils semblent correspondre à des fissures de la couverture, parallèles au plan du front, utilisées de façon privilégiée par les eaux d'infiltration. Ces fissures se retrouvent également en amont du front

proprement dit, sur le revers (fig.13).

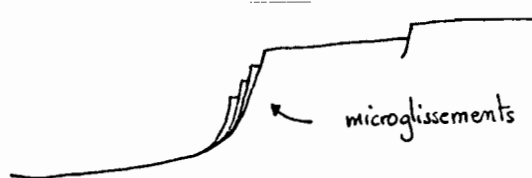


FIG 13. Microglissements sur la front

2- Les front verticaux ou subverticaux offrent des fissures perpendiculaires au plan du front par lesquelles l'eau d'infiltration peut s'évacuer en filets concentrés pendant et après les orages (fig.14). Elles semblent être à l'origine d'une érosion interne à la couverture par écoulement hypodermique (dont certaines cavités au niveau du front sont le témoin) qui arracherait les particules les plus fines le long des galeries souterraines. Les particules étant déposées sur le pied de marche sous forme de cônes ou d'épandages s'apparentant à de micro-glacis (fig.14). Ces fissures sont plus nombreuses en profondeur, là où le réseau racinaire est moins dense. Elle peuvent évoluer en niches d'excavation ou de suffosion.

3- Au débouché de ces fissures, on trouve des cônes formés par des agrégats issus de la couverture. Ils sont plus résistants que le front lui même, les agrégats étant pris dans une matrice argileuse se formant au moment des pluies qui se durcie quand le sol s'assèche. Des cônes comparables peuvent se créer au débouché des ravines superficielles qui affectent le revers. Certains cônes peuvent être coalescents et parfois former de véritables tabliers à l'échelle de la marche (fig. 14).

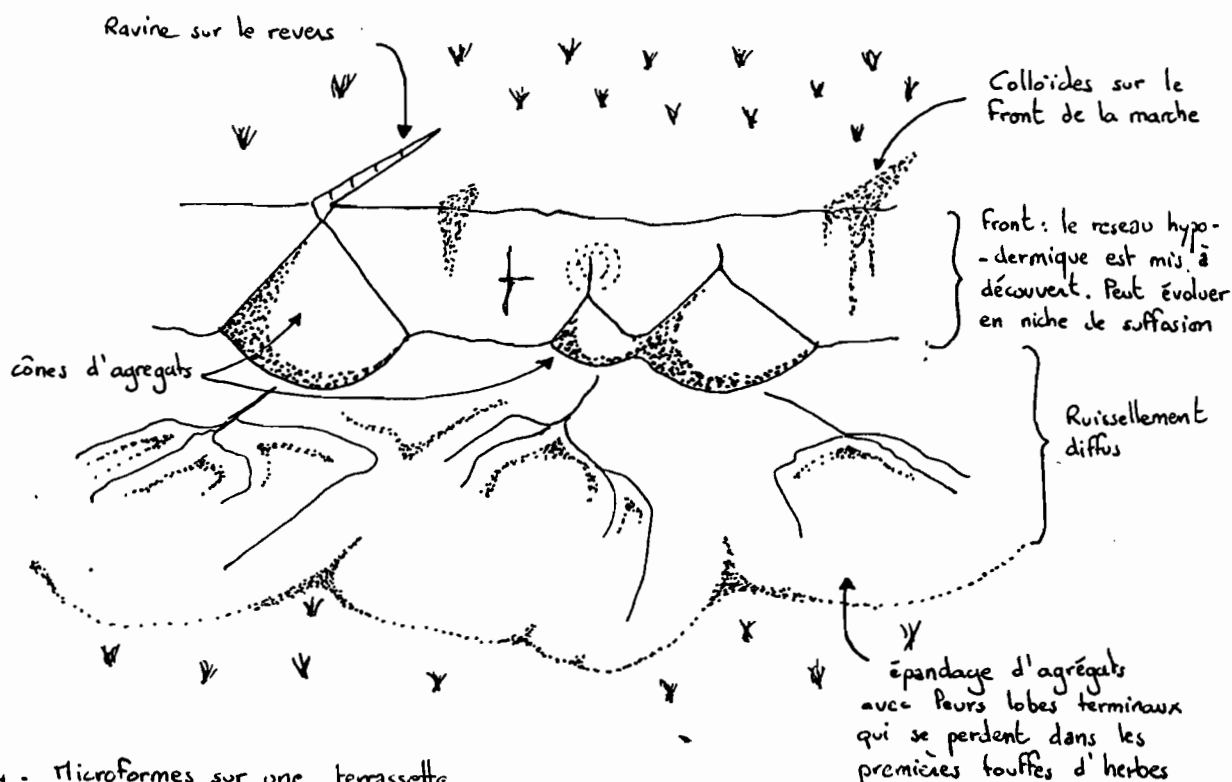


FIG 14. Microformes sur une terrasse

4- Le recul des marches sous l'effet de l'érosion entraîne également un recul de la tête des cônes. Ceux ci s'allongent en forme d'aiguilles qui sont démantelées par l'érosion. Ils forment parfois des petites crêtes effilées dont le profil en long est globalement concave. Les dentelures marquant généralement des points de résistance formés par des racines, des touffes d'herbe, des blocs de quartz...(fig.15)

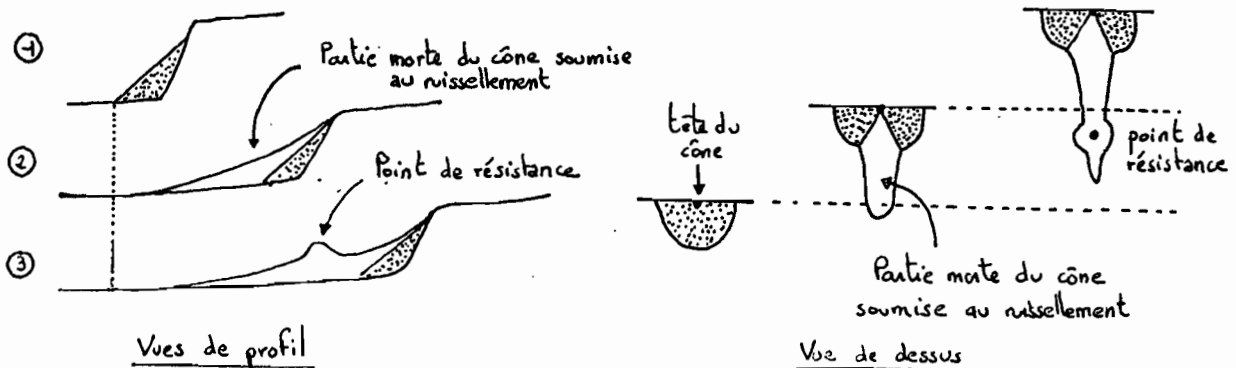


FIG 15 : cônes et aiguilles

5- Les terrassettes de pied de marche ont une longueur variant d'un vingtaine de centimètres à plusieurs mètres. Elles sont subhorizontales et dépourvues de végétation à l'amont. Ces terrassettes sont caractérisées par des épandages d'agrégats dont les lobes terminaux se perdent dans les herbes qui deviennent de plus en plus nombreuses en aval. Lorsqu'ils sont longs, ces épandages s'apparentent à de véritables micro-glacis (fig.14).

6- des traces de ruissellement diffus sont repérables sur les épandages d'agrégats, ainsi que sur certains fronts sur lesquels se déposent des colloïdes qui les zèbrent de couleurs différentes (fig.14).

7- Lorsque les terrassettes sont dénudées et dépassent plusieurs mètres, une érosion en nappe et parfois même linéaire se développe et attaque par l'aval, le "glacis" formé par le pied de la marche. En dehors des micro-ravines ainsi créées, cette érosion isole de multiples micro-cheminées de fées hautes de quelques centimètres dont le sommet est formé par des gravillons (quartz, pisolites...) par les racines de touffes d'herbes ou plus rarement encore par des lambeaux de la croûte de battance quand la terrassette est formée d'une couche nue argilo-sableuse. Ce ruissellement qui affecte les terrassettes est discontinu dans le temps et l'espace. Dans le temps parce que les traces se déplacent d'une pluie à l'autre et dans l'espace car il peut disparaître en s'infiltrant au contact d'un écran de végétation, d'une fissure du revers ou encore de la stone-line située en aval.

8- Dans le cas des marches de type 3, on trouve en amont de la terrassette un épandage grossier de cailloutis issus de la stone-line. Ce qui est un exemple de remaniement de la stone-line par ruissellement. Toutefois il reste très limité, les graviers et cailloutis présents sur la couverture argileuse sont disséminés et peu nombreux. Il semblerait donc que la stone-line soit peu sensible aux effets de la battance et du ruissellement. Cette opposition entre la couverture et la nappe de gravat pourrait être à l'origine d'une érosion différentielle à l'échelle de la marche et du versant.

2-3 Relations entre les fronts et les formes les affectant

Des quatre types de marches décrits ci-dessus, le type 1 se démarque des trois autres qui présentent des caractères communs.

Le type n°1 offre la particularité d'un front concave prolongé non pas par une terrassette mais par une sorte de bombement plus ou moins apparent, couvert par les herbes. Les types 2, 3, 4 (dans la plupart des cas) offrent un front vertical ou subvertical, un pied de marche en forme de terrassette parfois tronquée par l'affleurement de la stone-line.

Trois grands types de formes secondaires affectant les marches d'escaliers ont été repérés: les cailloutis (de la stone-line), les cônes d'agrégats, les traces de ruissellement concentré. Les résultats apparaissent dans le tableau ci-dessous.

A la lecture de ce tableau, il faut souligner que plus de la moitié des marches d'escalier ne présentent aucune forme secondaire et, que celles les regroupant toutes, sont très minoritaires (6,7 %). Des distinctions apparaissent selon la forme des fronts. Le type n°1 est moins affecté que les types 2, 3, 4, de façon différente et à moins grande

POUR CHAQUE MARCHE D'ESCALIER

Aucune forme secondaire présente.....	41 / 54,6%
Une forme secondaire présente.....	15 / 20,0%
Deux formes secondaires présentes.....	14 / 18,7%
Trois formes secondaires présentes.....	5 / 6,7%

échelle. Cette constatation tendrait à montrer que les marches d'escalier sont des formes en elles mêmes et qu'elles sont des macro-formes de versant au contraire des microformes qui peuvent les affecter secondairement. Les modalités de leur formation sont donc soit totalement différentes de celles engagés pour la création des micro-formes, soit elles sont le résultat d'une combinaison des processus élémentaires nécessaires pour l'élaboration des cônes d'agrégats, des traces de ruissellement etc...

2-3-1 Le cas des marches concaves

Le type de marche N°1 est relativement important en valeur absolue (34/75). Il représente 45,3% des marches répertoriées. Elles sont de petites dimensions et présentent la particularité de n'être que peu affectées par les formes secondaires (cônes, ravines, cheminées de fée...) comme le montre le tableau ci-dessous.

nb de formes représentées	nb de marche		cônes d'agrégats	ruissel. concentré	cailloutis
	total				
0 formes	20	20	non	non	non
1 forme	8	1	oui	non	non
		4	non	oui	non
		3	non	non	oui
2 formes	4	0	oui	non	oui
		2	oui	oui	non
		2	non	oui	oui
3 formes	2	2	oui	oui	oui

Sur 34 marches de forme concave, moins de la moitié (41%) présente une des formes répertoriées. Parmi celles-ci les traces de ruissellement (13 cas sur 34) et les cailloutis (7/34) sont les plus couramment rencontrés. Ceci s'explique par la présence de la cicatrice d'arrachement. Peu protégée et particulièrement vulnérable à la pluie puisque qu'elle est dans le prolongement du versant. Elle est attaquée par un ruissellement qui affecte l'ensemble de la forme du "revers" au bombement. Ce ruissellement forme des micro-chenaux (d'autant plus visibles que la cicatrice est large), perpendiculaires au plan de la cicatrice d'arrachement et qui sont souvent dans le prolongement des petits axes dus à l'érosion linéaire mentionnée sur les plus grandes pentes entre les touffes d'herbe en relief et le sol nu en creux.

L'apparition des cailloutis est quant à elle liée à l'affleurement de la stone-line sous la couverture argileuse. Ceci ne se produit que lorsque la couverture reposant sur la "nappe de gravat" est de faible épaisseur (moins de trente centimètres).

Ce type de marche est particulièrement important sur le topofil n°10 dont la particularité déjà soulignée est de présenter un versant très régulier alors qu'en général les versants affectés par cette forme d'érosion sont marqués par des ruptures de pente à petite échelle (voir ci-dessus). Y a-t-il une explication à ce phénomène?

L'observation sur le terrain peut, peut être, apporter un élément de réponse. Les topofils n°8 et n°10 ont été tirés sur la même colline. D'une longueur (L) comparable (178,7 m et 179,0 m), ils présentent des pentes moyennes différentes (14,2° contre 11,8°) en raison d'une moindre dénivellation (44,8 m contre 36,0 m). Le premier a été tracé d'un drain temporaire jusqu'au sommet; le second d'un bas-fond situé en amont du drain dont il est émissaire au même sommet.

Le topofil n°8 est vierge de "marches d'escalier" hormis en son sommet quasiment plan où apparaît la stone-line et des résidus de couverture argileuse. Le topofil n°10, lui, est marqué par une succession ininterrompue de petites marches concaves (type 1) "taillées" dans les argiles de la couverture prolongées par un bourrelet herbeux sur la partie de versant la plus pentue (18° environ). Au sommet, on retrouve le faciès du topofil n°8. La stone-line n'apparaît que très rarement dans le creux des concavités. Les marches sont disséminées sans ordre apparent sur le versant donnant sur le bas-fond. Cette remarque est importante car il semblerait que tout un réseau de marches s'organise sur le pourtour d'un bas-fond en forme d'entonnoir (voir photo 1) qui draine les eaux des versants qui l'encadrent. La présence de ces marches semble donc être liée à la présence de l'eau. Sur un autre versant du secteur de Makaba, ce rôle de l'eau est encore plus net puisque tout un sous ensemble de marches s'organise de part et d'autre d'une ravine profonde entaillant par érosion régressive le versant (voir photo 2).

Ces formes (type 1) apparaissent liées à une discontinuité morphopédologique entre la couverture argileuse et la stone-line sous jacente, ainsi qu'à la présence en eau, s'apparentent à des glissements par décollement (Flageollet, 1989; Campy et Macaire, 1989). Cette évolution des terrains est favorisée par le fait que la couverture dans le Mayombe, a une double origine: colluviale (Riquier, 1969) et biologique par les remontées dues à l'action des termites (Lévêque, 1969; Bachelier, 1978; Schwartz, 1990); ce qui les rend très sensibles aux glissements superficiels et ce, d'autant plus que l'épaisseur de la formation argileuse ne permet pas une fixation du sol par les racines d'une végétation herbacée.

2-3-2 Les autres types de marches

Le regroupement des types 2, 3, 4 s'explique par la similitude des formes secondaires qui les affectent. Pourtant, des caractéristiques particulières permettent d'envisager une morphogénèse variable d'un type à l'autre.

L'ensemble de ces types de front représente 54,7% des 75 marches mesurées. Elles sont de grandes tailles et sont, en général, situées sur des pentes moins inclinées que le type n°1, sur les sommets où dans les concavités du versant. On repère sur ces fronts toutes les microformes précédemment énumérées dans une proportion à peine supérieure au type 1, 49% des marches présentent des formes secondaires. Si, parmi celles-ci, les traces de ruissellement sont, une nouvelle fois, le mieux représentées (14 cas sur 41), les cônes d'agrégats viennent immédiatement à leur suite (12 cas sur 41) alors que le nombre de marches où l'on repère les cailloutis de la stone-line est équivalent à celui des marches concaves (voir tableau ci-dessous). Dans ce cas, contrairement aux marches de type 1, le front et la couverture peuvent être hauts et épais, dépassant largement le mètre contre une trentaine de centimètres dans le cas précédent.

Les formes dues au ruissellement sont comparables à celles décrites dans le cas précédent mais elles sont beaucoup plus abouties. Tout d'abord les micro-chenaux laissent place à des petites ravines qui entaillent le front parfois jusqu'à une vingtaine de centimètres de profondeur.

Ce creusement linéaire explique la présence de nombreux cônes d'agrégats le long du front qui peuvent parfois être coalescents et former de véritables tabliers d'agrégats à l'échelle de la marche. Les formes dues au ruissellement se rencontrent également sur la terrassette, en pied de marche. Cette fois, ce sont des épandages entre lesquels circulent des petits filets d'eau presque anastomosés qui balayent l'espace d'une pluie à l'autre.

Nb de formes représentées	Nb de marche		cônes d'agrégats	ruissel. concentré	cailloutis
	total				
0 forme	23	23	non	non	non
1 forme	6	3	oui	non	non
		2	non	oui	non
		1	non	non	oui
2 formes	9	6	oui	oui	non
		0	oui	non	oui
		3	non	oui	oui
3 formes	3	3	oui	oui	oui

Ce ruissellement diffus se développe dans le prolongement des cônes au débouché du micro-chenal d'écoulement que l'on repère parfois sur les accumulations coniques où plus généralement au débouché des fissures du front dans les particules arrachées puis déposées par l'écoulement hypodermique. En général ces formes disparaissent progressivement avec l'apparition de la végétation. Dans ce cas, soit les agrégats se déposent en plages concentriques par rapport au front, soit les filets d'eau se reconcentrent en raison de l'augmentation de la pente et l'on retrouve alors des petites ravines qui affectent le revers de la marche située au contrebas où découpent encore des petites cheminées de fées en festonnant la terminaison de la terrassette.

Les marches de type 2 présentent quelques aspects comparables aux marches de type

1, notamment en ce qui concerne les traces de glissement. Une fosse géomorphologique a été creusée sur une des collines de Makaba sur une longueur de trente mètres (fig.16). Elle recoupe deux terrassettes. Les surfaces de rupture sont particulièrement visibles et dessinent un demi arc de cercle bien net qui n'affecte pas la stone-line graveleuse. Cette morphologie est intéressante car elle montre également que les glissement peuvent s'emboîter les uns dans les autres. Les fronts de type 2 seraient une forme plus évoluée du front de type 1 mais concernerait des surfaces et des volumes plus importants en raison de la préparation du terrain par les plus petits glissements antérieurs et par la diminution de la pente.

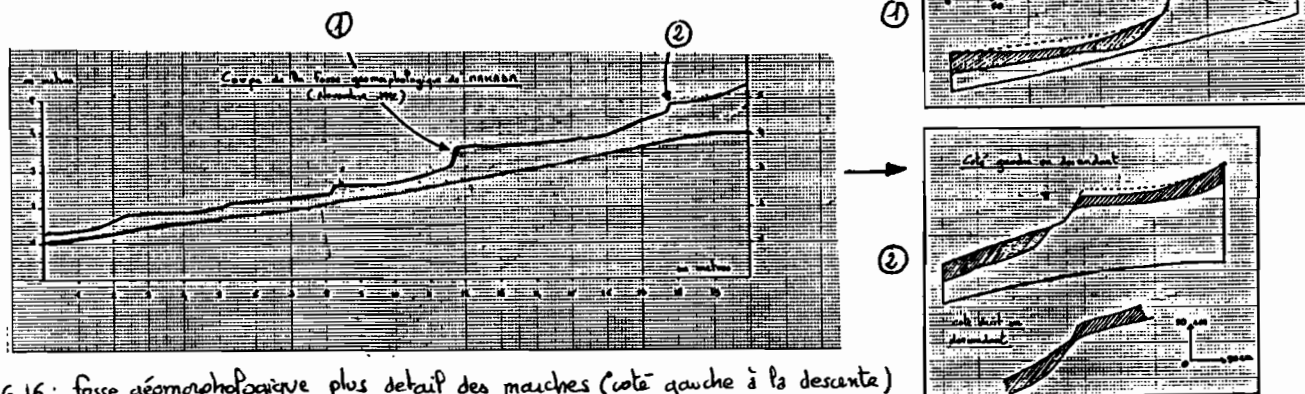


FIG 16 : fosse géomorphologique plus détail des marches (côté gauche à la descente)

Les fronts et les marches de type 3, dans ce cadre, représenteraient l'aboutissement du processus. La pente n'étant plus assez forte du fait de la "rotation" vers un plan semi horizontal de la couverture argileuse, c'est l'érosion par ruissellement et écoulement hypodermique qui poursuit la morphogénèse découvrant progressivement la stone-line et démantelant les lambeaux argileux encore en place.

Reste alors le cas des marches de type 4. Ce type de marche dont nous avons déjà souligné la faible amplitude verticale (rarement plus de 50 cm) semble être tout à fait différent des trois premiers, même si on les trouve disséminées parmi elles dans les mêmes paysages. Deux origines peuvent leur être données. Elles correspondent à des "escarpements" secondaires des glissements plus importants déterminant les fronts de types 2 et 3 et/ou, il s'agit d'un démantèlement de la terrasse formée au pied des marches par une érosion en nappe comme le laisse supposer le festonnement de micro-versants de quelques centimètres, les micro-cheminées qui leur sont souvent associées ainsi que les traces d'attaques latérales. Cette explication est étayée par le fait que leurs revers sont dépourvus de végétation à l'instar des terrassettes de pieds de marche.

2-4 Les étapes du processus morphogénétique

Les formes décrites ci-dessus montre que les marches d'escaliers sont des formes attaquant exclusivement la couverture argileuse recouvrant la stone-line. L'apparition de la stone-line est donc synonyme de fin du processus puisque aucune déformation de cette dernière n'a été repérée au cours des observations sur le terrain. Par contre des marches en voie de disparition ont été relevés (notamment sur le sommet de certaines collines) ne formant plus que des amas informes d'argile démantelés par la pluie (battance) et par le ruissellement, reposant sur la nappe de gravat de la stone-line.

La fin du processus est donc le suivant (fig.): la stone-line, à l'origine des cailloutis, est mise au jour, à la base du front, à l'angle qu'il forme avec la terrasse qui le

prolonge. Elle est ensuite progressivement déblayée vers l'aval de sa couverture par l'énergie cinétique de la pluie et le ruissellement qui emportent les agrégats argileux. Petit à petit, le pied de marche (qui est également le revers de la marche située en contre-bas) est décapé. Il ne reste ensuite que des mottes d'argiles qui fondent littéralement, laissant les graviers et les cailloux former un véritable pavage qui semble très peu affecté par les processus érosifs comme cela a été observé en Côte d'Ivoire et au Burundi (Roose et Sarrailh, 1989-90).

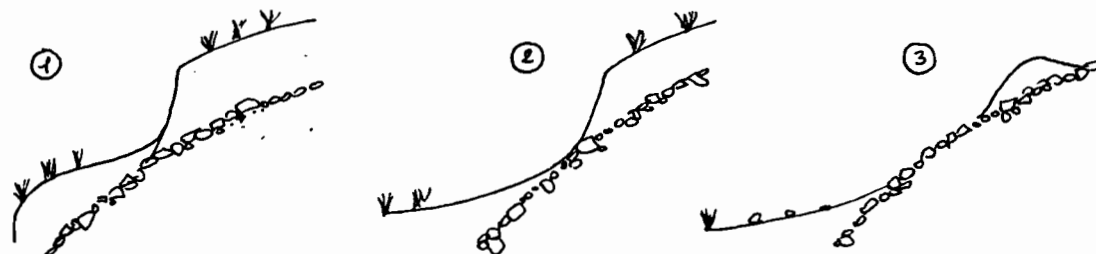


FIG 17 : Evolution des marches d'escalier

A l'issue de cette description, il semble donc que les différentes formes de fronts ne sont que les différentes phases d'évolution de la marche d'escalier. En effet les micro-formes qui peuvent les affecter secondairement ne sont jamais à l'origine de la marche, mais en sont tributaires. Il est donc logique de penser que l'érosion des versants sous savane obéit à une sorte de "cycle érosif" dont il faut pourtant modérer le sens.

Ce "cycle érosif" se déroulerait en deux phases. Dans un premier temps sous l'effet de la gravité et de l'imprégnation en eau de la couverture le versant se déchire par glissements en terrassettes ou en banquettes. A l'origine de ces déchirures, Moeyersons (1989-90) propose le "creep continu" qui réduit la résistance interne du sol par la triple conjugaison de la pesanteur, du gonflement de l'horizon humifère et de l'écoulement hypodermique. Dans ce cadre, les microterrassettes décrites en première partie comme des microglissements de terrain (George, 1970; Derruau, 1986) pourraient être la première étape du processus conduisant aux glissements métriques en "marches d'escalier".

Ces glissements par décollement affectent les versants à sols colluviaux les plus pentus, supérieurs à 15° environ. Les formes rencontrées sont alors peu développées mais nombreuses (type n°1). Puis, dans un second temps, la pente moyenne diminuant au niveau des pieds de glissement (bourrelet et rotation des plaques argileuses), les surfaces mises à nue sont attaquées par l'érosion linéaire (ruissellement) qui agissait déjà superficiellement sur les plus grandes pentes (Fournier, 1956), mais qui devient prépondérant comme en témoignent les ravines observées. Ce sont les zones de moindre pente (sommet de colline, concavités des versants) qui se caractérisent par la présence des grandes marches d'escalier de type n°2 (évolutions du type 1) et par la plus importante densité des formes dues à l'érosion linéaire régressive. Avec l'apparition de la stone-line, les marches d'escaliers de type n°3 seraient, ainsi, l'aboutissement de l'évolution morphogénétique des marches. Par la suite, ces formes sont démantelées (essentiellement par ruissellement) au niveau du front comme au niveau du pied de marche. Le premier par son rebord supérieur qui s'éémousse en reculant, le second par l'amont, la couverture étant déblayée jusqu'à la stone-line. Les produits érodés réalimentent alors les terrasses en aval ou s'accumulent dans les bas-fonds intercollinaires.

A ce stade de l'explication, il faut souligner que le processus peut s'auto-entretenir à

partir d'une première fissure, sans pour cela faire appel à d'autres glissements. Schwartz et al. (1990) expliquent le phénomène de la façon suivante: "l'attaque se fait (...) le long d'un front, tandis que les produits érodés s'accumulent partiellement sur la partie aval, plane, des banquettes (les marches). Il y a ainsi progression des banquettes vers le haut de la pente, chacune d'elle s'aggrandissant par l'amont, mais étant elle-même détruite en aval par la progression de la suivante". Ce type d'évolution est vraisemblable au niveau des pentes les plus faibles, là où sont répertoriées les plus grandes marches dont on a déjà évoqué la présence. Mais il ne peut pas expliquer la naissance de la première marche à l'origine du processus. Il n'est donc pas valable pour les pentes plus fortes où naissent les premières cicatrices d'érosion.

Ces deux érosions différentes (glissement puis ruissellement) aussi bien en raison des processus mis en oeuvre que des formes qui en résultent, n'en sont pas pour autant à opposer. En général, elle se développent aux mêmes périodes, en parallèle, aux moments des paroxysmes climatiques. Et s'il semble légitime de penser que les glissements sont la condition nécessaire pour que s'exerce une érosion linéaire importante alors que l'inverse n'est pas toujours vrai (exception faite des lavakas qui restent cependant des formes rares), la complémentarité des deux processus ne fait pas de doute quant à l'évolution de la marche, d'où les nombreuses formes secondaires associées aux marches les plus développées qui sont ainsi les marches les plus anciennes.

Description d'une marche après un orage (Mars 1993).

La marche d'escaliers est de type 4, elle présente un front de type 1 légèrement concave sur 80 centimètres de dénivellée. Le "surplomb" est formé par un horizon superficiel de couleur grise maintenu en place par un chevelu racinaire dense sur 15/20 centimètres. Cet horizon repose sur une couverture argileuse de 60 centimètres environ de couleur jaune. Les derniers cinq centimètres laissent apparaître la stone-line qui se prolonge sous la terrassette située au pied du front. Des mottes qui se sont détachées de l'horizon superficiel forment de petits monticules maintenus cohérents par les multiples racines et par les touffes d'herbes encore présentes. Ces mottes ne forment pas un "cordon" continu.

A l'issue de l'épisode pluvieux, l'ensemble du front était humide. La couverture argileuse jaune l'était particulièrement et était caractérisée par de longues fissures verticales (20 cm environ), par ces fissures de l'eau suintait ce qui confirme le rôle de l'écoulement hypodermique. La terrassette d'une longueur de 9 mètres est recouverte des particules fines de plus en plus abondantes de l'aval vers l'amont. Sur cette accumulation de nombreuses traces de ruissellement diffus sont repérables, ces micro-incisions débutent au pied même du front à l'arrière des mottes de terre herbeuses détachées du surplomb frontal.

L'observation du front montre aussi une sorte de gradient de "fracturation" des agrégats formant la couverture après la pluie quand le sol sèche. Il semble que l'eau provoque par gonflement un colmatage des vides qui existent entre les agrégats. Ce colmatage va en décroissant des fissures privilégiant le passage de l'eau vers leur périphérie. Inversement, quand le sol se ressuie et qu'il sèche les agrégats apparaissent en périphérie de la fissure puis au fur et à mesure de l'assèchement de la couverture, reforment l'ensemble du front.

Ainsi entre les deux extrêmes: front entièrement sec et front entièrement humidifié,

les agrégats de la couverture passent par différents états morphologiques, qui créent des conditions différentielles pour les mécanismes de l'érosion. Quand le front sèche, il a tendance à se fracturer en écailles (photo B) qui peuvent s'écrouler. Quand il est humide, les "départs en masse" cèdent la place à un ruissellement qui entraîne des micro-particules issues des agrégats interne à la couverture qui se redéposent ensuite sur la terrassette en forme de glacis.

III-L'EROSION ET LES FORMES D'ORIGINE ANTHROPIQUE

Bien que la pression démographique soit très faible dans tout le Mayombe (4 hab/km²), que ce soit une région qui se dépeuple depuis une quinzaine d'années en raison de l'épuisement des permis forestiers, de la crise du bois (Boungou et al., 1989) et de l'attractivité croissante des unités urbaines, l'homme ne joue pas moins un rôle considérable dans l'évolution des processus d'érosion et dans les formes qui en résultent. Cette action est double. Traditionnelle d'une part (rôle des brulis) et ponctuelle d'autre part (chantiers forestiers).

3-1 Erosion et activités traditionnelles

Les activités traditionnelles des populations locales n'ont qu'un effet indirect sur l'érosion des sols de savane. En l'absence de toute utilisation agricole (sauf dans quelques bas-fonds proches de marigots dans le secteur de Mpassi Mpassi) l'activité humaine se réduit aux feux de brousse qui "parcourent" les savanes une, deux ou trois fois par an pendant la saison sèche. Les raisons qui poussent les villageois à incendier régulièrement les savanes sont multiples (Boulvert, 1990) et profondément ancrées dans les traditions culturelles.

La chasse d'abord; les feux découvrent le gibier tout en permettant une repousse de l'herbe qui l'attire. Les déplacements ensuite: les feux dégagent les multiples sentiers qui servent pour accéder aux plantations, aux territoires de chasse, aux autres villages. D'autres raisons nous ont été données par la population locale. Les feux en éliminant les hautes herbes favoriseraient la pousse des excellents champignons de termitière, source de revenus complémentaires dans les marchés locaux en début de saison des pluies. Enfin, c'est aussi un acte de purification, de renouveau, les vieilles herbes étant associées aux souffrances de l'année passée dont on fait, ainsi, table rase.

En ce qui concerne l'érosion qui résulterait de telles pratiques les effets sont connus (Boulet et al., 1983; Geny et al., 1992). Ils limitent l'avancée de la forêt par l'attaque des lisières sans toutefois la bloquer (Koechlin, 1961; De Foresta, 1990). Ils appauvrissent la composition floristique. Dans les savanes de Makaba deux graminés (*Pobeguinea arrecta* et *Hypparrhenia sp*) représentent 95% du couvert végétal (Schwartz et al., 1990). Ils dénudent le sol, minéralisent brutalement les matières végétales produites, diminuent le taux de matière organique du sol et les activités biologiques. L'ensemble de ces actions a pour effet la dégradation de la structure des horizons superficiels ce qui augmente les risques d'érosion et de ruissellement, en particulier sur les fortes pentes ou le couvert végétal est réduit et discontinu, ce qui est à l'origine des microreliefs caractérisant les versants (Van Caillie, 1989-90).

Enfin, il est intéressant de noter que contrairement à ce qui a été remarqué en Europe, en Amérique ou dans certaines régions d'Afrique, au Congo sur les plateaux bateke par exemple, à proximité des "lousseke" (Schwartz, 1988; Lanfranchi et Schwartz, 1990); les chemins de piétons qui sillonnent les zones de savanes ne sont pas associés à une érosion particulière. Il est vrai que la pression exercée sur ces chemins est peu importante du fait de la faible densité de la population locale et de l'absence de bétail. Toutefois, il n'a jamais été observé ce creusement linéaire qui est ensuite utilisé de façon privilégiée par les eaux pluviales à l'origine de véritables ravins.

3-2 Processus et formes dus aux pistes d'exploitation forestière

Les chantiers forestiers ont exercé un rôle considérable dans le Mayombe en ouvrant des routes et des pistes d'exploitation. Les petits exploitants comme les grosses entreprises aménagent même succinctement des voies d'exploitation pour leurs permis. Dans le secteur de Dimonika/Makaba, les routes qui traversent les savanes ont été créées avant l'indépendance par l'exploitant forestier A. Vigoureux. Abandonnées pendant plus de vingt ans elles ont été réouvertes par A. Banina dont le permis jouxte la Réserve de la Biosphère du Mayombe (Unesco, 1989). La branche droite qui permettait de rejoindre le secteur de Mpassi Mpassi puis le Niari a été volontairement coupée en 1982 par les habitants de la région pour empêcher les chasseurs de Dolisie d'accéder à ce qu'ils considèrent comme leur terrain de chasse (Nguembo et Sénéchal, 1989) mais aussi, et plus prosaïquement, pour empêcher les fonctionnaires des eaux et forêts de venir procéder à des contrôles dans le cadre de la lutte contre le braconnage. La branche gauche qui débouchait sur Sounda se perd aujourd'hui dans la forêt. Toutefois ces pistes sont encore particulièrement visibles dans les zones de savanes où elles marquent le paysage. C'est à leur contact que se développent des formes d'érosion importantes qui peuvent dépasser largement le cadre des pistes ainsi que leurs bas-côtés et ce d'autant plus qu'elles ne sont plus entretenues.

Les pistes aménagées par les forestiers occupent à peu près toutes les positions topographiques. En général, elles essaient d'éviter les reliefs et se localisent dans les petites vallées intercollinaires et légèrement au dessus de la limite supérieure des bas-fonds afin d'éviter les zones marécageuses qui provoquent l'embourbement des engins d'exploitation. Quand le terrain ne le permet plus, certaines pistes coupent les versants à flanc (Makaba, Mpassi Mpassi) ou suivent les lignes de crêtes (Mpassi Mpassi). Ces aménagements perturbent l'évolution "naturelle" des secteurs de savane.

3-2-1 Les routes en situation de vallée ou de bas-fond

Les pistes qui occupent les vallées ou les bas-fonds sont situées sur les drains "naturels" des zones de savane. Elles peuvent jouer dans ces conditions deux rôles principaux.

Si elles sont dans le prolongement des drains elles peuvent être utilisées de façon privilégiée par les eaux de ruissellement qui suivent la direction de la route. Il se forme alors des ravines plus profondes que larges à l'origine de glissements ou d'effondrement par affouillage qui mordent sur les bas-côtés et sur la route en elle-même. Ces ravines se développent sur les secteurs où la route est affectée d'une pente suffisante pour permettre l'écoulement concentré de l'eau. Au débouché des ravines dans les zones planes, correspondant approximativement aux bas-fonds, il se forme alors de vastes épandages de matériel argilo-sableux en forme de cônes, affectés d'une

très faible pente. Sur ces cônes, on trouve de multiples traces d'érosion diffuses correspondant à des filets d'eau qui balayent l'espace d'une pluie à l'autre avant de se perdre dans la végétation hygrophile des bas-fonds.

Dans d'autres cas, la route, tout en occupant une vallée ou un bas-fond peut couper l'axe de drainage de sorte qu'elle forme un barrage à l'écoulement naturel. La route peut ainsi créer de nouvelles conditions de stockage des eaux qui sont retenues en amont alors que l'aval autrefois plus humide s'assèche en partie. Ces "barrages" improvisés par remblaiement peuvent céder très rapidement à une surcharge de la pression hydrique et dès lors de véritables ravins, perpendiculaire à la route, peuvent s'ouvrir comme sous l'effet d'une chasse d'eau, relançant en aval une érosion ravinante qui griffe profondément le sol comme celà a pu être observé dans les savanes de Mpassi Mpassi. Afin d'éviter de tels effets, certains forestiers emploient des buses pour évacuer l'eau et interdire la formation de mares temporaires.

3-2-2 Les routes de versant

C'est incontestablement sur les versants que les formes dues à l'érosion anthropique sont les plus remarquables par le développement et les proportions qu'elles prennent. Les routes créent des discontinuités dans la topographie et la structure du versant (route tracée dans la couverture ou dans la stone-line) à l'origine de plans d'attaques qui sont utilisées par l'érosion régressive et les glissements

De part leur conception et l'usage dont elles sont l'objet, elles offrent trois secteurs d'attaque qui s'organisent autour d'une partie médiane formée par la gouttière du bas-côté amont, c'est à dire à l'angle formé par le talus et la route, auquel se surimpose les ornières dues aux différents engins de chantier.

En effet, le ruissellement qui affecte les versants et que nous avons décrit attaquant le sol à chaque discontinuité de la couverture végétale, se trouve renforcé brutalement au contact du talus subvertical bordant la route sur le côté amont de la colline. En raison de la pente qui augmente brutalement et de la moindre résistance du sol mis à nu, on trouve la trace de ravines témoignant d'un ruissellement concentré, qui mordent sur le versant ou qui se trouvent dans le prolongement de niches de suffosion.

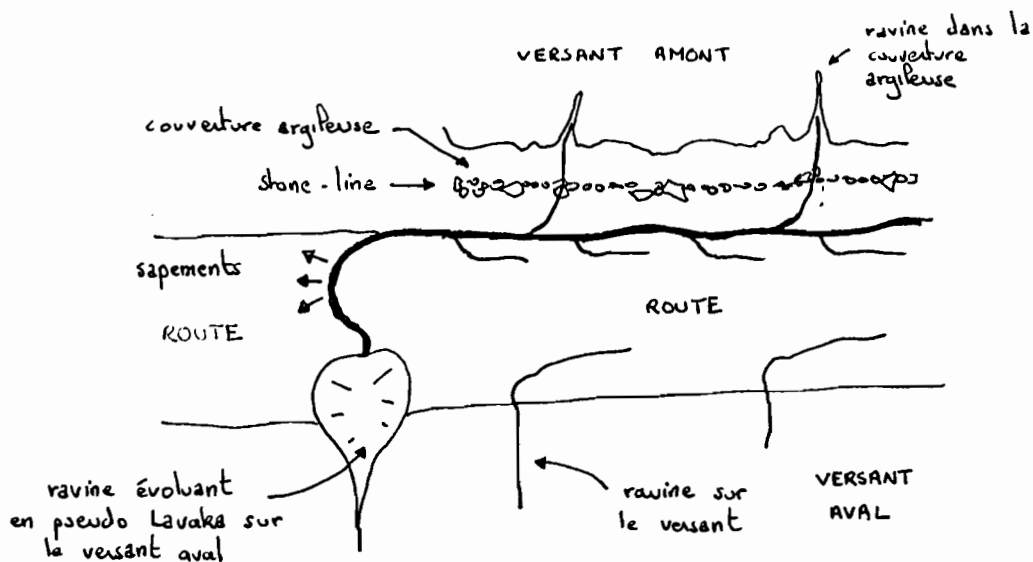


FIG 18 - Formes se développant aux abords des routes des versants

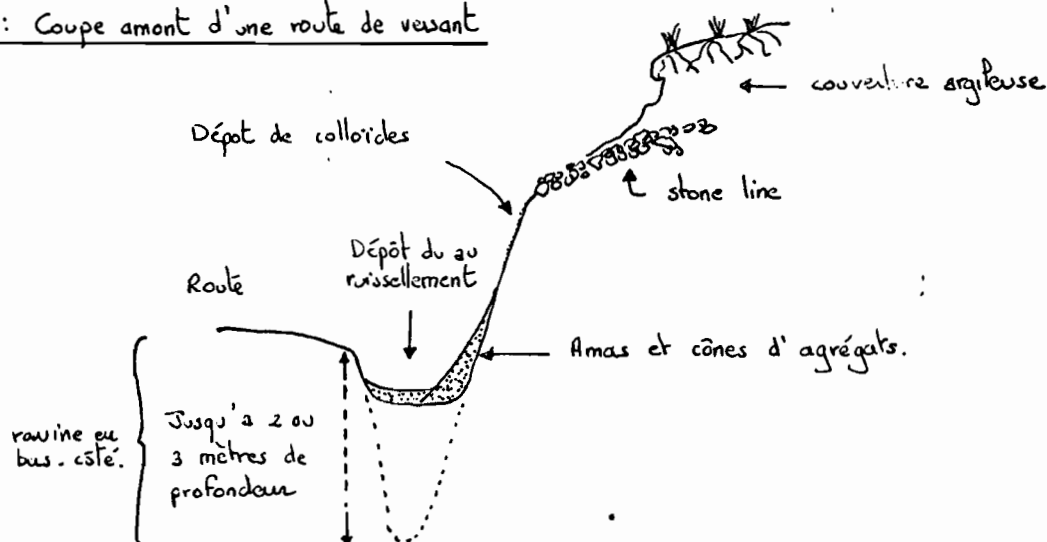
Mais ce ne sont pas là, les formes les plus importantes. Les eaux évacuées par ces ravines sont collectées par la gouttière marquant le contact entre la route et le talus creusé dans le versant. Il se forme alors des ravines (perpendiculaires au profil des collines mais parallèles à la route) comparables à celles décrites dans le cas des routes de fond de vallée mais généralement d'une plus grande ampleur car les eaux suivent la pente du bas côté jusqu'à trouver un exutoire (fig.18).

L'évolution de ces formes se fait selon deux directions. Vers l'amont, la ravine tend à reculer le long de la route par érosion régressive alors que vers l'aval, l'eau creuse par sapement le sol à l'endroit où la ravine s'incurve, traversant ensuite la route vers un "exutoire" entaillant, cette fois-ci, le versant vers l'aval. Il se forme alors des ravins ovoïdes au parois verticales dont l'exutoire étroit et profondément creusé est prolongé par un cône d'épandage affecté d'une faible pente, plus ou moins étalé au contact du bas-fond. Ces formes rappellent les lavakas décrits dans la littérature sans toutefois atteindre les dimensions gigantesques parfois observées. Ils peuvent rogner la route par le côté aval. Elles sont similaires à celles étudiées au Rwanda (Moeyersons, 1991).

Les ravines qui attaquent le bas-côté de la route peuvent avoir un profil en long tourmenté, dans lequel on peut retrouver des micro-formes rappelant en réduit celles de plus grands appareils. C'est ainsi que de véritables marmites semi-circulaires peuvent s'ouvrir prolongées lorsque la pente se réduit, par des "petits biefs" dans lesquels se déposent des plages limoneuses. Plus important encore, ces ravines peuvent être à l'origine de glissements qui affectent le versant sur le côté amont lorsque l'eau a pu saper la base.

L'attaque de la stone-line par les engins montre le rôle que peut jouer la nappe de gravat à l'échelle des collines. La stone-line résiste beaucoup mieux aux attaques de l'érosion que la couverture argileuse qui évoluent ainsi de façon différentielle. Le talus se dédouble alors en deux parties. Une partie supérieure correspondant à la couverture qui recule rapidement sous l'effet du ruissellement ou des glissements. Une partie inférieure subverticale peu affectée dans laquelle apparaît franchement la stone-line, au pied de laquelle se déposent les amas glissés ou les matériaux ruisselés (fig.19).

FIG 19: Coupe amont d'une route de versant



CONCLUSION

Les collines couvertes de savanes observées dans le Mayombe présentent des formes d'érosion particulières qui les distinguent des zones de forêts qui les encadrent,

tant et si bien qu'à Makaba elles servent de "marqueur botanique" dans le cadre de l'étude de la reconquête des savanes par la forêt (De Foresta, 1990). C'est le cas notamment des marches d'escaliers, formes caractéristiques des versants savaniques, qui se présentent comme des banquettes d'érosion horizontales ressemblant, au prime abord, à des terrasses anthropiques.

Ces formes caractéristiques des versants ou la couverture végétale ne permet pas une fixation par les racines (si ce n'est sur les premiers centimètres du sol) semblent être le résultat de glissements par décollement s'emboitant les uns dans les autres sur de faibles surfaces. Les versants sont ainsi façonnés par une multitude de loupes de glissement que dominent leurs niches de décollements respectives plus ou moins marquées dans le paysage. Ces glissements de terrains n'intéressent que quelques mètres cubes de sol, mais leur emboitement et leur nombre font que les collines paraissent affectées de grandes déformations. Cette disposition particulière semble être due à la morphologie de surface des collines caractérisée par l'association couverture argileuse/Stone-line. En effet les glissements n'affectent que la couverture argileuse épaisse de quelques centimètres à plusieurs mètres notamment en bas de pente en raison des apports dus au colluvionnement mais ils épargnent la stone-line qui joue le rôle de plan de glissement sur lequel la couche superficielle sous l'effet conjugué de la gravité et de l'imprégnation en eau peut se déplacer. Quand la couverture est entièrement déblayée, sous l'effet du ruissellement, la stone-line apparaît en surface. Elle peut être aussi affectée par un ruissellement limité qui désolidarise les graviers la composant. Le dépôt de ces graviers sur les "terrasses" situées en prolongement peuvent contribuer à réalimenter la stone-line en aval (Collinet, 1969; Riquier, 1969).

Plus classiquement, les collines occupées par des savanes incluses sont l'objet d'une érosion linéaire qui attaque superficiellement les versants selon des petites rigoles en U. Plus spectaculaires, ces rigoles peuvent se transformer en ravines qui remontent les pentes par érosion régressive en de longs chenaux rectilignes. Des cas très rares de lavakas ont également été observés dont certains en voie de recolonisation forestière.

Mais cette érosion linéaire est surtout remarquable dans son association avec la topographie en marche d'escalier. Du fait des déchirures entraînées par les glissements affectants les versants, la couverture argileuse est plus facilement démantelée et une multitude de microformes se développent sur les revers, les fronts et les pieds de marche des banquettes (en général plus les décollements sont importants plus les formes dues à l'érosion linéaire sont remarquables). On trouve ainsi des petits cônes d'accumulation, des indentations diverses, des cheminées de fées coiffées par des graviers issus de la stone-line, des réseaux de petits drains anastomosés, des micro-sapements latéraux, etc...

Enfin, même si ces zones sont faiblement anthropisées, il convient de souligner le rôle important que jouent certaines activités humaines. Plus que les activités traditionnelles (brûlis), ce sont les exploitations semi-industrielles qui peuvent provoquer une érosion accélérée en rompant ou en exacerbant les processus naturels de l'érosion. Les pistes forestières tracées dans les zones de savanes en sont, à ce titre, le meilleur exemple.

bibliographie

AUBREVILLE A, 1948.- Etude sur les forêts de l'Afrique Equatoriale Française et du Cameroun. Bull. Sc. n°2, Ministère de la France d'Outre-Mer, Dir. de l'Agric. et des forêts, Section d'agriculture tropicale, 131 p.

AUBREVILLE A, 1962.- Savanisation tropicale et glaciations quaternaires. *Adansonia*, 2, 1, p.16-84.

AVENARD J. M., 1969.- Reflexion sur l'état de la recherche concernant les problèmes posés par les contacts forêts-savanes. Essai de mise au point et de bibliographie. Mémoire n°14, ORSTOM, Paris, 154 p.

ATLAS DE LA REPUBLIQUE POPULAIRE DU CONGO, sous la direction de P. VENNETIER. Editions Jeune Afrique, Paris, 1977.

BACHELIER G., 1978.- La faune des sols, son écologie et son action. Coll. IDT. n°38, ORSTOM, Paris, 391 p.

BOULET R., FOURNIER F., HUTTEL C., ROOSE E. et TURENNE J. F., 1983.- Description, fonctionnement et évolution des écosystèmes forestiers tropicaux. Bilan hydrique et les sols, in *Ecosystème forestiers tropicaux d'Afrique*, ORSTOM-UNESCO, Paris, 473 p.

BOULVERT Y, 1990.- Avancée ou recul de la forêt centrafricaine. Changement climatiques, influence de l'homme et notamment des feux, in LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. éds., *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*, ORSTOM, coll. Didactiques, Paris, 353-366.

BOUNGOU G., NGUEMBO J. et SENECHAL J., 1989.- Peuplement et population du Mayombe. In *Revue des Connaissances sur le Mayombe*. PNUD/UNESCO/MAB, Paris, 157-186.

CAMPY M. et MACAIRE J.J., 1989.- Géologie des formations superficielles. Géodynamique-Faciès-Utilisation. Masson, Paris, 433 p.

CARATINI C. et GIRESSE P., 1979.- Contribution palynologique à la connaissance des environnements continentaux et marins du Congo à la fin du Quaternaire. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 288, D, 379-382.

CLAIRAC B., CROS B. et SENECHAL J., 1989.- Le climat du Mayombe. In *Revue des connaissances sur le Mayombe*. PNUD/UNESCO/MAB, Paris, 47-68.

COLLINET J., 1969.- Contribution à l'étude des "Stone-lines" dans la région du Moyen Ogooué (Gabon). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, VII, 1, 3-42.

CUSSET G., 1989.- La flore et la végétation du Mayombe congolais. Etat des connaissances. In *Revue des connaissances sur le Mayombe*, PNUD/UNESCO/MAB, Paris, p.103-136.

DADET P., 1969.- Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo au 1/500 000 ème. Mémoires du BRGM n°70.

DEMANGEOT J., 1976.- Les espaces naturels tropicaux (essai de géographie physique). Masson, Paris, 190 p.

DERRUAU M., 1986.- Les formes du relief terrestre. Notions de géomorphologie. 4ème édition. Masson, Paris, 120 p.

DEVRED R., 1960.- Considérations sur les conséquences d'une continentalité contrastée de l'Afrique et son incidence sur les relations climat, sol, végétation. Acad. r. Sci. Outre-Mer. Nlle Ser., t. VI, 934-953.

ELENGA H., SCHWARTZ D. et VINCENS A., 1992.- Changements climatiques et action anthropique sur le littoral congolais au cours de l'Holocène. Bull. Soc. Géol. France, t. 163, n°1, 83-90.

ELENGA H., SCHWARTZ D. et VINCENS A., 1993 (sous presse).- Pollen evidence of late quaternary vegetation and inferred climate changes in Congo. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.

FLAGEOLLET J.C., 1989.- Les mouvements de terrain et leur prévention. Masson, Paris, 224 p.

FORESTA H. De, 1990.- Origine et évolution des savanes intramayombiennes (R.P. du Congo). II. Apports de la botanique forestière, in LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. éds., Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique, ORSTOM, coll. Didactiques, Paris, 326-335.

FOURNIER F., 1956.- Les formes et types d'érosion du sol par l'eau en Afrique Occidentale Française. Acad. Agric. Fra. 7 p.

GENY P., WAECHTER P. et YATCHINOVSKY A., (sous la dir. de), 1992.- Environnement et développement. Guide de la gestion des ressources naturelles. BDPA-SCETAGRI, Editions Frison-Roche, Agence de coopération cult. et Tech., Ministère de la Coop. et du Dev, Paris, 418 p.

GEORGE P., 1970.- Dictionnaire de la Géographie, P.U.F, Paris, 448 p.

GIRESE P., 1990.- Esquisse géologique de l'Afrique Centrale Occidentale. In LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. éds., Paysages quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique, ORSTOM, Coll. Didactiques, Paris, 14-19.

GIRESE P. et LANFRANCHI R., 1984.- Les climats et les océans de la région congolaise pendant l'Holocène. Bilans selon les échelles et les méthodes de l'observation. Palaeoecol. Africa, 16, 77-88.

GUILLOT B. et PEYROT B., 1979.- Etude du fonctionnement des vallées sèches du plateau de Mbé.(Congo). Problèmes hydrologiques et morphologiques. Cah. ORSTOM,

sér. Sci. Hum., XVI, 3, 205-231.

GRAS F., 1970.- Surfaces d'aplanissement et remaniement des sols sur la bordure orientale du Mayombe (Congo-Brazzaville). Cah. ORSTOM, sér. Pédol., VIII, 3, 273-294.

JAMET R. et RIEFFEL J.M., 1976.- Notice explicative n°65. Carte pédologique du Congo à 1/200000, feuilles de Pointe Noire et Loubomo. ORSTOM, Paris, 167 p. + 2 cartes.

KOECHLIN J., 1961.- La végétation des savanes dans le sud de la république du Congo. Mémoire n°1, ORSTOM, Paris, 310 p.

LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D., 1990.- Les "lousseke" et leur utilisation: continuité et évolution, de la préhistoire à nos jours. In LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. édés., Paysages quaternaire de l'Afrique Centrale Atlantique, ORSTOM, Coll. Didactiques, Paris, 493-501.

LEVEQUE A., 1969.- Le problème des sols à nappes de gravats. Observations et réflexions préliminaires pour le socle granito-gneissique au Togo. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. VII, 1, 43-69.

MOYERSONS J., 1989-90.- Les glissements de terrain au Rwanda occidental: leurs causes et les possibilités de leur prévention. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. XXV, 1-2, 131-149.

MOEYERSONS J., 1991.- Ravine formation on steep slopes: forward versus regressive erosion. Some case studies from Rwanda. Catena, vol. 18, p. 309-324.

NAMUR C. De, 1990.- Aperçu sur la végétation de l'Afrique Centrale Atlantique. In LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. édés., Paysages quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique, ORSTOM, Coll. Didactiques, Paris, 60-67.

NGUEMBO J. et SENECHAL J., 1989.- Les transports. In Revue de Connaissances sur le Mayombe. In Revue des connaissances sur le Mayombe, PNUD/UNESCO/MAB, Paris, 295-313.

PETIT M., 1990.- Les grands traits morphologiques de l'Afrique Centrale Atlantique. In LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. édés. Paysages quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique, 20-30.

RIQUIER J., 1954.- Etude sur les "lavaka". Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar. Sér. D, t VI, p. 170-189.

RIQUIER J., 1969.- Contribution à l'étude des "Stone-lines" en régions tropicales et équatoriales. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., VII, 1, 71-112.

ROOSE E., 1977.- Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Trav. et Doc. n° 78, ORSTOM, Paris, 108 p

ROOSE E. et SARRAILH J. M., 1989-90.- Erodibilité de quelques sols tropicaux. Vingt années de mesure en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. Cah. ORSTOM, sér.

Pédol, XXV, 1-2, 7-30.

SCHNELL R., 1976.- Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux, vol. 3, Bordas, Paris, 459 p.

SCHWARTZ D., 1988. Histoire d'un paysage: le lousseke. Paléoenvironnements quaternaires et podzolisation sur sables Batéké. Quarante derniers millénaires. Coll Etude et Thèse, ORSTOM, Paris, 285 p.

SCHWARTZ D., 1990.- Relations sols-reliefs-variations paléoclimatiques en Afrique centrale. In LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. édés., Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique, ORSTOM, coll. Didactiques, Paris, 186-192.

SCHWARTZ D., 1992.- Assèchement climatique vers 3000 B.P. et expansion Bantou en Afrique Centrale Atlantique: quelques réflexions. Bull. Soc. Géol. France, t. 163, n°3, 353-361.

SCHWARTZ D., LANFRANCHI R. et MARIOTTI A., 1990.- Origine et évolution des savanes intramayombiennes (R.P. du Congo). I. Apport de la pédologie et de la biogéochimie isotopique (^{14}C et ^{13}C). In LANFRANCHI R. et SCHWARTZ D. édés., Paysages quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique, ORSTOM, coll. Didactiques, Paris, 314-325.

SEGALEN P. 1969.- Le remaniement des sols et la mise en place de la "Stone-line" en Afrique. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., VII, 1, 113-127.

TRICART J. et CAILLEUX A., 1974.- Traité de géomorphologie Tome v, le modelé des régions chaudes. Forêts et savanes. SEDES, Paris, 345 p.

TROUPIN G., 1966.- Etude phytosociologique du Parc National de l'Akagera et du Rwanda oriental. Recherche d'une méthode d'analyse appropriée à la végétation d'Afrique inter-tropicale, Liège, 293 p.

UNESCO., 1989.- Revue des connaissances sur le Mayombe. Rep. Pop. Congo, Unesco, PNUD/UNESCO/MAB, Paris, 343 p.

VAN CAILLIE X. D., 1989-90.- Erodibilité des terrains sableux du Zaïre et contrôle de l'érosion. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXV, 1-2, 197-208.

VELLUTINI P., ROCCI G., VICAT J.P. et GIOAN P., 1988.- Mise en évidence de complexes ophiolotiques dans la chaîne du Mayombe (Gabon-Angola) et nouvelle interprétation géotectonique. Precambrian Research, 22, 1-21.

VENNETIER P., 1968.- Pointe Noire et la façade maritime du Congo. Mémoire n°26, ORSTOM, Paris, 458 p.

VICAT J.P. et GIOAN P., 1989.- La chaîne précambrienne du Mayombe en République Populaire du Congo: géologie, métallogénie, perspectives de développement. In Revue des connaissances sur le Mayombe, PNUD/UNESCO/MAB, Paris, 17-45.

WHITE F., 1986.- La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. UNESCO/AETFAT/UNSO. Rech. sur les Ress. Nat., ORSTOM/UNESCO, 384 p.

ZINGA J.J., 1988.- Etude de la forêt à *Aucouméa Klaineana* (okoumé) et des savanes incluses dans le massif du Kouilou - Mayombe (R.P du Congo).Thèse. Univ. Rennes, 327 p.