

L'érosion des sols à Madagascar

par M. P. SEGALEN,

Pédologue de l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale.

- I. *Introduction : rappel des travaux pédologiques effectués à Madagascar avant la création de l'I.R.S.M.*
- II. *Travaux depuis la création du service de Pédologie O.R.S.C. et I.R.S.M.*
Programme des travaux.
Les premières prospections.
- III. *Les Types de sols à Madagascar.*
- IV. *L'érosion des sols.*
 - 1) Généralités.
Action de l'eau.
» du vent.
» de l'homme.
 - 2) Les formes d'érosion.
nappes — ravins — lavaka.
rivières — vents.
 - 3) L'érosion et les types de sol.
A. Latérite sous forêt et sous prairie.
B. Latérite cuirassée.
C. Terres rouges de l'Ouest.
D. Sols arénacés du Sud.
 - 4) Les moyens de lutte contre l'érosion des sols.
Conservation de la couverture végétale et de l'humus.
Façons culturales.
Haies et brise-vents.
- V. *Le modelé topographique.*

I. — INTRODUCTION.

Un des premiers explorateurs scientifiques de Madagascar, PERRIER DE LA BATHIE, avait souvent formulé l'opinion qu'avant toute tentative de mise en valeur du sol, celui-ci fut bien étudié et connu. C'est en quelque sorte en réponse à ce vœu, que l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale créait à Madagascar, dès 1945, un service de Pédologie qui devait commencer l'étude méthodique des sols de l'île.

Cependant, différentes personnes, soit appartenant aux services techniques de la colonie, soit envoyées en mission de France avaient déjà consacré des études aux sols de l'île.

Dans son ouvrage fondamental sur la Minéralogie de Madagascar, A. LACROIX consacre une partie importante aux sols et en particulier aux latérites qui représentent les types les plus abondants. De nombreux exemples y sont donnés, accompagnés d'analyses. ERHART parcourt à son tour l'île à plusieurs reprises. Une très large part est consacrée aux sols de Madagascar dans les deux tomes de son *Traité de Pédologie*. L'auteur y étudie les théories pouvant expliquer la latéritisation, tant du point de vue physico-chimique que climatique. M. BESAIRIE, Chef du Service Géologique de Madagascar, ajoute très souvent aux cartes géologiques qu'il fait publier, un chapitre consacré aux sols. En 1945, il publie un *Essai de carte pédologique de Madagascar* qui fait le point des travaux concernant les sols jusqu'à cette date.

D'autres auteurs se sont attachés à l'étude de régions limitées : BONNEFOY — GARB et GOHIER — DECARY — MUNTZ et ROUSSEAU se sont surtout attachés aux qualités agronomiques des sols.

II. — LES TRAVAUX DU SERVICE PEDOLOGIQUE.

Dès le début de 1946, l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale de Paris, envoyait à Madagascar ses deux premiers pédologues MM. CLAISSE et RIQUIER. Après avoir pris connaissance des sols de l'île, sous la direction de M. HÉNIN d'abord, et de M. CHAMINADE ensuite, ils entreprirent de dresser la carte des sols de deux régions : la vallée du bas-Mandrare et la cuvette du Lac Alaotra.

En 1947, le jeune service pédologique s'intègre dans l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar que dirigent le Professeur MILLOT et M. PAULIAN. Il reçoit l'appoint de deux nouveaux pédologues, MM. MOUREAUX et SÉGALEN. En outre, le bâtiment du Laboratoire de pédologie est terminé et dès la fin de 1947, après avoir reçu un premier envoi de matériel de la Métropole, les déterminations analytiques sur les échantillons prélevés sur le terrain peuvent être entreprises.

Le programme de prospection est particulièrement vaste, puisqu'il ne s'agit pas moins que de dresser la carte des sols de toute l'île. Il s'exécutera de proche en proche en partant du Sud. Une part a été faite aux besoins immédiats de la Colonie. C'est ainsi que la cuvette du lac Alaotra a déjà été cartographiée et que l'on envisage d'étudier la vallée de l'Onilahy et la région volcanique de l'Ankaizina.

Les travaux déjà effectués comportent :

1) La cuvette du lac Alaotra.

Cette cuvette, située à 175 km. environ au Nord-Est de Tananarive est l'objet d'une étude poussée de la part des services techniques de la Colonie. On projette d'en faire le grenier à riz de Madagascar. De vastes espaces, actuellement immergés à chaque saison des pluies, pourront être récupérés définitivement et grâce à une irrigation bien conduite, livrés à une culture intensive et rationnelle. Un chemin de fer relie déjà la région du Lac Alaotra à la ligne Tananarive-Tamatave et permettra l'évacuation des produits soit vers la capitale, soit vers la côte.

Il était normal que les pédologues soient amenés à s'occuper de cette région. Lors de leur prospection de 1947, MM. CLAISSE et RIQUIER ont dressé une carte détaillée des types de sol et de leur répartition : latérites, latéritites, alluvions lacustres anciennes et récentes, sols, de marais.

Cette carte qui va paraître incessamment sera accompagnée d'une notice donnant les caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques des différents types de sols.

2) Région du Bas-Mandrare.

L'étude de cette région ainsi que la suivante s'intègre dans le programme de cartographie générale des sols de Madagascar.

Le bassin du fleuve Mandrare appartient par la majeure partie de son cours à la région de l'Androy située à l'extrême-sud de Madagascar, et l'une des plus sèches de l'île. Après avoir coulé d'abord Sud-Nord, le Mandrare s'infléchit d'abord vers l'ouest puis vers le sud, pour traverser le massif volcanique de l'Androy. Il se jette à la mer à l'est du cap Andrahomana entre Fort-Dauphin et le cap Sainte-Marie. Pendant une très grande partie de l'année, le Mandrare a de l'eau, ce qui est très important pour cette région où une sécheresse prolongée détermine la disette.

Le relevé des types de sols de ce bassin a été effectué en 1946 par MM. CLAISSE et RIQUIER et complété récemment par MM. RIQUIER et MOUREAUX. L'étude des échantillons prélevés sur le terrain n'a pu être encore effectuée; elle sera commencée dès la prochaine saison des pluies.

3) Région du Bas-Manarandra.

Le fleuve Ménarandra constitue en gros la limite de l'Androy et du Mahafaly. Sa vallée commence un peu au sud d'Isoanala et est constamment orientée Sud-Sud-Ouest. Le fleuve coule d'abord sur le socle cristallin et après avoir traversé le plateau calcaire côtier, atteint la mer entre Androka et le Cap Sainte-Marie.

A part les mois d'été, le Ménarandra est assez irrégulièrement alimenté en eau. Le relevé des types de sols de sa vallée et leur

répartition ont été commencés dans les premiers mois de 1948 par MM. RIQUIER et MOUREAUX et se poursuit actuellement avec MM. MOUREAUX et SÉGALEN.

III. — LES TYPES DE SOLS A MADAGASCAR.

Les travaux antérieurs à la création du service pédologique (en particulier ceux de LACROIX, ERHART, M. BESAIRIE) et ceux effectués depuis, permettent de subdiviser les sols de l'île en deux grands groupes.

A. — Les sols autochtones comprennent les latérites parfois cuirassées comme dans les Tampoketsa et l'Horombé, des argiles latéritiques formées surtout à partir de roches métamorphiques et éruptives du centre et de l'Est. On trouve également des sols jeunes noirs sur des produits volcaniques récents dans la région du lac Itasy. ERHART les a assimilés à des « tchernoziomes ». Dans d'autres régions de volcanisme plus ancien, la latérisation est déjà avancée (Massif de l'Ankaratra).

B. — Les sols allochtones comprennent entre autres les sables roux du sud, les cataractes argilo-sableuses de l'ouest, les sols alluviaux provenant d'éléments déjà latéritisés ou non. Leur remaniement constant par les eaux et le vent, fait que très souvent, ils ne reposent pas sur la roche-mère qui leur a donné naissance.

IV. — L'ÉROSION DES SOLS A MADAGASCAR.

1) Généralités.

L'érosion est, à l'heure actuelle, le danger n° 1 qui menace les sols de l'île. Ce phénomène destructeur du relief et du sol arable prend ici des proportions considérables. L'action des eaux et du vent est singulièrement renforcée par l'intervention de l'homme.

a) ACTION DE L'EAU.

Elle s'exerce de façon *générale* suivant les régions et le type de végétation. La côte Est est largement arrosée pendant toute l'année mais elle est encore largement boisée. Les hauts-plateaux du Centre et le Nord-Ouest reçoivent les pluies pendant un nombre limité de mois, 4 à 5 environ. Mais le manque d'une bonne couverture végétale fait que l'action des eaux y est particulièrement efficace. Les régions Ouest et Sud sont peu arrosées et ont un climat sub-désertique. Les chutes de pluies y sont courtes et brutales — orages subits — leur action sur le sol peut être catastrophique:

b) ACTION DU VENT.

Elle est importante surtout dans les régions sèches. Les sols arénacés y subissent un remaniement constant. Le port de la végétation en est influencé (dans l'Androy, par exemple).

c) ACTION DE L'HOMME.

L'action de l'homme est souvent particulièrement néfaste, car les deux causes précédentes ne peuvent jouer sans elle. Il est en effet admis que si les hauts-plateaux sont complètement déboisés à l'heure actuelle, cela est uniquement le fait de l'homme à la recherche de pâturages pour ses bœufs. Le sol privé de sa couverture forestière protectrice est mis à nu (le tapis de graminées de la prairie est presque toujours discontinu). La matière organique est détruite et les pluies auront tôt fait d'éroder le sol avec énergie.

2) Les Formes de l'Erosion.

Les principales formes de l'érosion des sols à Madagascar sont la « sheet-erosion » ou érosion en nappes, la « gully-erosion » ou érosion en ravins et enfin une forme tenant à la fois des deux précédentes que l'on nomme « érosion en lavaka ».

ÉROSION EN NAPPES.

Cette forme d'érosion s'exerce à peu près partout, faisant des ravages considérables souvent peu apparents et difficiles à apprécier. Elle consiste en l'enlèvement de couches horizontales de sol. Lorsque sur les hauts-plateaux du centre, une nouvelle surface est déboisée, l'horizon meuble de surface est enlevé très rapidement par les eaux des pluies. Dans les régions du sud, où les sols sont le plus souvent arénacés, les particules les plus fines sont entraînées rapidement par le vent laissant sur place un résidu sableux.

ÉROSION EN RAVINS.

L'érosion en ravins peut se produire dans des terrains de compacités très différentes. Sur les hauts-plateaux, la surface argileuse compacte peut être entamée régulièrement par le passage répété de bœufs au même endroit. Les eaux élargiront le creux formé et le transformeront en un véritable petit ravin. Dans les régions Ouest et Sud, la surface est très souvent battue et durcie; qu'une fente s'y produise et l'eau s'y engouffre ne tardant pas à l'élargir en créant un véritable canyon à parois verticales.

ÉROSION EN LAVAKA.

L'érosion en lavaka combine ces deux processus. Elle est visible surtout sur les argiles latéritiques dénudées du Centre. Elle débute par une fente dans l'horizon supérieur durci, en un point quelconque, généralement à mi-hauteur, sur une pente. L'eau qui y pénètre affouille les horizons inférieurs plus meubles au niveau de la roche-mère. Un glissement de tout le profil se produit alors, entraînant rapidement plusieurs milliers de mètres cubes de sol. Une fois la lavaka amorcée, elle se poursuivra vers l'amont, à la faveur de nouvelles fentes.

Le travail des eaux se continuera en affouillant la partie meuble sous-jacente. Il se formera un surplomb qui ne tardera pas à s'effondrer, faisant reculer la paroi du canyon.

Si le sol est meuble, du haut en bas du profil, on n'aura pas de parois verticales, mais inclinées qui se creuseront de multiples rigoles, lesquelles auront un effet non moins intense.

Au pied de la lavaka, les éboulis formeront de véritables cônes de déjection. Plusieurs lavakas agissant sur la même colline finiront par se rejoindre et mettre à nu la roche sous-jacente.

ÉROSION PAR LES RIVIÈRES.

Elle est importante dans les régions alluviales où les berges sont mal protégées. Les crues souvent violentes attaquent avec énergie les rives constituées d'éléments fins et fertiles et les font reculer. Un exemple frappant est fourni à Ampotaka sur le Ménarandra, où le fleuve fait reculer la terrasse alluviale de 1 m. à 2 m. par an, menaçant les bâtiments qui y sont construits.

COMPLEMENT.

Tous les éléments enlevés de ces différentes façons aux sols, sont conduits plus ou moins directement à la mer. Il n'en va pas de même avec les éléments véhiculés par les vents. Dans le sud de Madagascar, des dunes mobiles en provenance du rivage ont déjà par endroits franchi le plateau calcaire côtier qui s'élève pourtant à plus de 100 m. et menacent actuellement la plaine alluviale du Ménarandra.

3) L'érosion sur les différents types de sols.

Le facteur qui conditionne l'érosion est l'absence ou la présence de matière organique. On connaît son rôle primordial dans le maintien de la fertilité d'un sol; il n'est pas moindre dans la conservation de l'eau. Un sol riche en humus retiendra des quantités d'eau considérables et l'excès s'écoulera limpide; tandis que sur le sol sans matière organique, le ruissellement sera intense et les eaux chargées de particules en suspension. Dans *Ploughman's Folly*, Faultener déclare que l'érosion ne commence que lorsque la surface du sol est devenue non-absorbante par perte de la matière organique qui, elle, a une capacité d'absorption très élevée. Mais cette précieuse matière humique ne peut se maintenir si l'on vient à détruire la couverture végétale forestière qui lui a donné naissance. Par la suite, des propriétés physiques défavorables feront que les sols seront une proie facile pour l'érosion.

A. — ARGILES LATÉRITIQUES.

Il convient de distinguer les argiles latéritiques sous forêt et sous prairie.

a) **Sous forêt**, on aura le profil typique suivant :

- A.1 10 à 20 cm. Horizon grumeleux gris avec nombreux débris organiques plus ou moins décomposés.
- A.2 de 20 à 150 cm. Horizon jaunâtre appauvri en fer et généralement en argile. Début de podsolisation.
- B. 150 cm. et dessous. Argile rouge très compacte.
- C. Zone d'attaque de la roche-mère granuleuse grâce aux minéraux encore peu altérés et ayant gardé leur forme.

Sous forêt primaire. — L'horizon supérieur A est généralement peu épais et présente une bonne structure physique. L'humus retiendra la majorité de l'eau tombée et protégera les colloïdes argileux en évitant l'éclatement des agrégats. Le sol se maintient à peu près toujours en place et l'érosion est peu à craindre. Pas de lavaka.

Sous forêt secondaire ou Savoka. — Une bonne partie de la matière organique a été détruite et l'humus ne s'est pas encore reconstitué. Le sol est moins protégé et peut subir un commencement de dessiccation. Des fentes de retrait pourront se produire et le sol sera divisé en de nombreux polyèdres. L'eau de pluie sera divisée en petites rigoles et le travail d'affouillement sera facilité.

Si l'on vient à défricher une zone forestière pour la mettre en culture, l'horizon supérieur humifère meuble, non protégé et entretenu, est très facilement érodé si l'on ne veille pas à sa conservation. L'eau pénètre à travers A jusqu'en B et entraîne la partie supérieure par érosion en nappe.

b) **Sous prairie**, on peut observer le profil typique suivant ;

- Ao. 1 à 2 cm. Croûte terreuse parfois humifère.
- B. Horizon rouge compact, très forte teneur en argile durcie par dessiccation.
- C. Zone d'attaque de la roche-mère.

Un tel sol sans humus est pratiquement imperméable. Les pluies violentes y pénètrent peu. Même après plusieurs jours de pluie, seuls les premiers centimètres sont humides. Les habitants des hauts-plateaux creusent leurs greniers à riz dans le sol. L'eau déterminera la dispersion de l'argile en surface et la dessiccation ressoudra les différents éléments pour en faire une véritable brique. Cette imperméabilité de surface, due en grande partie à l'abondance de l'argile, est également favorisée par la présence d'oxydes de fer et d'alumine qui forment des gels colloïdaux et empêchent la mouillabilité.

Les fentes de dessiccation dans l'argile latéritique sont rares, surtout si l'argile est kaolinique. Cependant, elles existent et ce sont elles qui permettent l'érosion. La formation de lavaka est très abondante sur ce type de sol. Il se crée de vastes cirques qui une fois

amorcés s'élargissent très rapidement. Les hauteurs déboisées voisines du Lac Alaotra sont à l'heure actuelle énergiquement dégradées par ce processus. Dans les argiles latéritiques formées à partir de mica-schistes, les glissements sont encore facilités par les plans de schistosite fournis par les lits de mica.

Les argiles latéritiques sur gabbro portent des lavakas à parois assez inclinées. Le sol y est moins compact et s'éboule plutôt qu'il ne s'arrache. Ceci est peut-être dû à une saturation des colloïdes par le calcium provenant des plagioclases.

B. — LATÉRITES CUIRASSÉES.

Des superficies assez étendues sont actuellement recouvertes de cuirasses latéritiques. Ces cuirasses très dures occupent des surfaces horizontales ou subhorizontales qui, elles aussi, sont aux prises avec l'érosion. Les pluies agissent peu sur la partie supérieure bien que toujours dénudée. C'est par les bords que l'attaque se produit. La partie sous-jacente moins résistante est enlevée et la croûte est mise en surplomb. Des blocs s'en détachent peu à peu et parsèment les pentes. Ces blocs à leur tour seront morcelés et réduits en fragments de plus en plus petits.

C. — LES TERRES ROUGES DE L'OUEST.

Dans tous ces sols, l'altération chimique est moins importante que l'altération physique. La proportion de sable y sera élevée. Le climat se rapproche du climat subdésertique. Les sols seront sensibles à l'érosion qui agira par enlèvement en nappe des particules les plus fines, lesquelles seront entraînées et définitivement perdues par la création de ravins qui se ramifieront emportant des quantités considérables de sol.

L'érosion éolienne enfin y sera intense et remaniera sans cesse les sols.

D. — SOLS ARÉNACÉS DU SUD.

Ces sols sont caractérisés par une absence presque totale d'humus. L'action éolienne sera prépondérante si le sol vient à être découvert (Androy). Les pluies rares, mais violentes, entraîneront les parties fines du sol.

4) Les moyens de lutte contre l'érosion.

En tête des moyens de lutte contre l'érosion des sols à Madagascar, il semble que l'on puisse placer le retour à la couverture végétale inconsidérément détruite par l'indigène. L'arbre est, dans tous les cas, le garant de la conservation du sol. Il permet le renouvellement de la matière organique qui emmagasine l'eau et régularise son écoulement. De plus, par ses racines, il aide à maintenir le sol en place. Pas de lavaka, en forêt; tandis qu'en prairie, elle n'est que trop fréquente. Toute mise en exploitation des sols de prairie

à Madagascar est impossible tant qu'on n'aura pas recréé et maintenu un stock suffisant de matière organique et pour cela, le seul moyen est de reboiser.

Lorsqu'on met en culture un sol latéritique, la matière organique existante aide au maintien de la structure grumeleuse. Lorsque celle-ci vient à disparaître, on peut y remédier par une régénération artificielle grâce au labour. La nouvelle stabilité sera due à un émiettement mécanique suivi de dessiccation. La dessiccation peut s'opérer de plusieurs manières : 1) déshydratation des argiles permettant un rapprochement des particules et l'augmentation de la cohésion; 2) déshydratation de la couche externe des particules avec augmentation de la cohésion; 3) pectisation des hydroxydes.

A la première pluie, il y aura dispersion des argiles et éclatement des agrégats et l'on retournera très rapidement à la structure compacte favorable à l'érosion.

De plus, un labour ainsi conçu aura pour effet d'achever la destruction de ce qui reste de la matière organique. Il faudra renouveler celle-ci au moyen de fumure. L'enfouissage d'engrais vert paraît une solution intéressante.

La construction de terrasses ou de murettes entraînerait de trop fortes dépenses sur les hauts-plateaux malgaches. Si l'on ne reboise pas, les pentes sont vouées à la destruction à plus ou moins brève échéance.

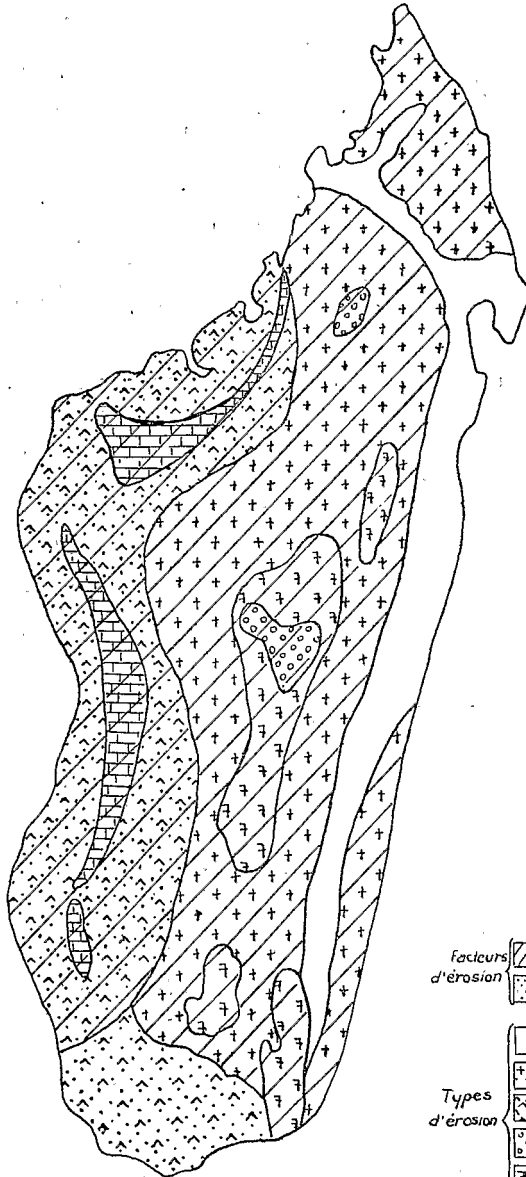
Dans les régions Sud soumises à l'influence prépondérante des vents, la matière organique a encore son rôle à jouer. Actuellement, on lutte contre l'érosion éolienne par des brise-vent en cactus inerme (Ambovombé).

V. — LE MODELE TOPOGRAPHIQUE DE MADAGASCAR.









Le modelé topographique de Madagascar est dû en grande partie à l'érosion. Pour comprendre sa formation, il faut remonter à la fin du tertiaire ou début du quaternaire. A la suite d'un long travail de pénéplation, le relief est relativement plat. Tous le pays est boisé et l'altération latéritique des minéraux peut jouer à cette époque. Sur les surfaces horizontales se forment des cuirasses latéritiques, dont nous voyons les restes à l'heure actuelle. Les sommets s'arrondissent, les vallées se comblent et le relief tend vers la sénilité.

Un soulèvement continu et lent de l'île détermine une reprise de l'érosion de tous les fleuves qui recreusent leurs alluvions. Puis l'homme aidant, une érosion actuelle brutale attaque les profils latéritiques, mettant à nu la roche sous-jacente sur de vastes étendues. Déjà, seuls les fonds de vallées peuvent être livrés à la culture. Toutes les hauteurs devraient être reboisées et les espaces encore boisés protégés. C'est le seul moyen de limiter les dégâts.









ESSAI D'UNE CARTE DE L'ÉROSION A MADAGASCAR



LEGENDE

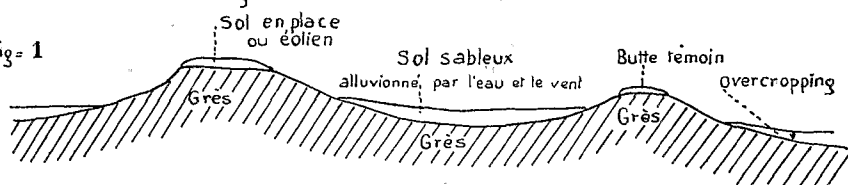
<i>facteurs d'érosion</i>		pluie
		vent
<i>Types d'érosion</i>		Erosion nulle (forêts)
		Erosion sur socle cristallin
		Erosion sur sédiments
		Erosion sur roches volcaniques
		Sols squelettiques
		Erosion karstique

NOTICE EXPLICATIVE DE LA CARTE DE L'EROSION

FACTEURS D'EROSION	 Erosion par le vent prédominante  Erosion par l'eau prédominante
TYPES D'EROSION	 Erosion nulle (forêts)  <u>Erosion sur socle cristallin:</u> <i>Erosion latérale en nappe ou "sheet erosion"</i> † formation de lavaka † quelque fois "overgrazing" (abus de pâturage) <i>Topographie collines aux formes arrondies, plaines alluviales très étendues et parfaitement horizontales (fig 2) Stade de maturité du cycle d'érosion normale</i>  Erosion karstique sur calcaire  <u>Erosion sur roches volcaniques</u> <i>Erosion par ravinement ou "gully erosion"</i> (très peu ou pas de lavaka)  <u>Erosion sur sols sédimentaires</u> <i>ravinement et érosion en nappe (gully et sheet erosion)</i> † érosion éolienne avec formation de dunes sur les côtes † érosion verticale un peu partout (overcropping") <i>Topographie caractéristique des régions sèches:</i> <i>Formes anguleuses, buttes témoins, relief horizontal et surface plane (plateforme structurale et péninsule partitionnée) (fig 1)</i>  <u>Sols squelettiques</u> au stade ultime de l'érosion <i>roches nues, éboulis, blocs isolés dans la latérite</i>

EROSION TYPE REGION SEDIMENTAIRE

fig- 1



EROSION TYPE REGION CRISTALLINE

fig- 2

