

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
20, rue Monsieur
PARIS VII^e

COTE DE CLASSEMENT N° 4236

PEDOLOGIE

LES "LAVAKA" DE MADAGASCAR

par

J. RIQUIER

Les "Lavaka" de Madagascar

par

J. RIQUIER

Directeur de recherche de l'ORSTOM
Pédologue à l'I.R.S.M.

Introduction

Les voyageurs qui visitent Madagascar sont frappés par l'importance de l'érosion dans cette île. Le déboisement par l'homme relativement récent a provoqué, sur des collines à relief assez accusé, une reprise d'érosion spectaculaire. Si l'érosion en nappe attire peu l'attention, par contre d'immenses ravins et des cirques de grand diamètre donnent sa physionomie à certaines régions des hauts-plateaux malgaches. Des pans entiers de collines sont arrachés, des collines sont même coupées en deux. Cette érosion prend une forme spéciale, c'est pourquoi les géologues, géomorphologues et pédologues ont utilisé un mot malgache "lavaka" (*) pour la désigner. Ce terme a déjà été employé par de nombreux auteurs, c'est pourquoi nous l'utilisons aussi, mais le terme propre est "tevana" (**) employé uniquement sur les hauts plateaux de Madagascar et non compris par les tribus côtières. Si la forme est particulière, forme due à la roche mère, à l'histoire pédologique des sols, au relief, nous nous efforcerons de montrer dans cet article qu'elle n'est qu'un cas particulier de l'érosion en ravin ou "gully-erosion".

Définition. - Nous utiliserons une définition de Brenon (1), la lavaka est "une excavation à parois très abruptes qui crève brutalement la surface topographique".

(*) traduction littérale: "lavaka" = trou

(**) "tevana" = fossé ou érosion en ravin

Elle comporte: 1°) une cavité ovoïde
2°) un orifice de dégagement ou sortie plus ou moins resserré;

3°) un cône de déjection. Le cône de déjection peut disparaître, sectionné et entraîné par le cours d'eau principal. Elle forme une large plage blanchâtre ou jaunâtre au milieu du tapis herbeux des hauts plateaux, par suite de la mise à nu de la zone de départ ou zone d'altération de la roche.

Si la forme donne une impression d'ovoïde ou de cirque, elle est en réalité souvent composée de nombreuses digitations dont la coalescence donne la forme générale. Les digitations elles-mêmes sont en éventail grâce, soit à une topographie en cirque préexistante, soit à un processus de formation que nous expliquerons plus loin.

Les caractères les plus importants sont donc: la forme évasée, les abrupts verticaux tout autour et la grande masse de matériel affouillable au centre. Les photos aériennes vues au stéréoscope compléteront utilement cette description.

Genèse des "lavaka"

Nous passerons d'abord en revue les causes de formation des "lavaka"; elles sont multiples comme nous allons le voir. Ensuite nous étudierons les processus élémentaires d'érosion à l'intérieur de la lavaka qui, eux aussi, sont très nombreux. En particulier le processus soutirage par nappe phréatique-affaissement, souvent invoqué par les géologues et repris par certains auteurs, n'est qu'un cas particulier et certainement le plus rare.

Causes de formations des "lavaka"

1°)- La principale cause qui explique à la fois l'importance de l'érosion et sa forme spéciale est le profil pédologique des sols latériques de Madagascar. Imaginez une croûte dure, sol rouge argileux compact très résistant à l'état sec, de 1 à 2m d'épaisseur, recouvrant un horizon tendre, friable, affouillable par l'eau qui est la zone d'altération de la roche pouvant atteindre 10 à 20m d'épaisseur. L'horizon supérieur protège comme un manteau l'horizon inférieur. Si ce manteau est rompu, usé, c'est la grande débacle. Un test, simple à réaliser, consiste à placer dans un béccher plein d'eau une motte de terre rouge faisant partie de la croûte superficielle et dans un autre béccher une motte de terre blanche "zone de départ" (selon Lacroix) du profil latéritique. La première reste intacte ou presque pendant des heures, la seconde se délite en trois secondes et se résout en ses constituants: sables quartzeux d'un côté, feldspaths ± kaolinisés de l'autre et colloïdes blanchâtres se dispersant très facilement dans l'eau.

Tout ce qui porte atteinte au manteau protecteur: érosion en ravin, talus de route, fossé, peut être le point de départ d'une "lavaka".

Ce profil pédologique explique aussi la paroi verticale qui ceinture toute lavaka. La partie supérieure du sol résiste jusqu'à ce qu'elle s'effondre, sapée par dessous.

Les régions possédant le plus de "lavaka" seront les régions où le manteau supérieur de sol rouge sera le moins épais et où par contre la zone de départ sera la plus épaisse possible. C'est ici qu'intervient la roche mère.

Les gneiss et micashistes sont altérés très profondément, leur structure feuilletée ou en lits parallèles facilite la pénétration de l'eau à l'intérieur de la roche et par suite l'altération chimique. On aboutit à un sable surtout quartzeux, mais avec quelques minéraux

inaltérables (magnétite, zircon, etc..) plus ou moins engréné avec des feldspaths intacts ou friables (altérés en kaolin ou en gibbsite). Par endroit des lits de micas transformés en séricite ou même en argile formeront des surfaces de glissement dans cette masse sans cohésion. Par contre des filons de quartz résisteront longtemps à l'érosion.

Les granits, gabbros, basalte de structure beaucoup plus homogène s'altèrent plus difficilement. L'eau coule à leur surface et provoque le plus souvent une altération chimique brutale en écailles. Les sols sont moins profonds et la zone de départ très peu importante. On passe presque directement de la roche intacte au sol rouge par une mince bande blanchâtre de 2cm à 1m. Il est évident que les "lavaka" ne peuvent se creuser dans ces sols peu épais et résistants et la plupart du temps la roche elle-même affleure en dôme au sommet des collines.

Les roches favorables au "lavaka" seront donc les gneiss, migmatites et micashistes.

2°)- L'érosion en nappe prépare en général la "lavaka". La végétation intervient à ce stade. Nous ne trouvons pas de "lavaka" sous forêt, mais de simples glissements de terrain d'ailleurs assez rares et se produisant pendant les cyclones. De même il n'y a pratiquement pas de lavaka sous la végétation dégradée (*) qui suit la forêt. Par contre, la prairie y est très favorable. Le sol durcit, devient compact ± imperméable durant la saison des pluies, le ruissellement augmente au détriment de la percolation en profondeur. La structure se dégradant, l'érosion en nappe devenant plus intense, la prairie elle-même se détériore et nous assistons à une érosion en nappe catastrophique surtout sur la crête militaire des collines. Cette érosion se matérialise par des taches blanches sur les photos aériennes (A II** et photo 2).

(*) appelée "savoka" à Madagascar.

(**) Les chiffres romains renvoient aux photos aériennes.

Insistons sur le mode d'érosion "en marche d'escalier" qui apparaît dès ce stade (photos 1 et 2). La partie dénudée s'érode en nappe et en rigoles beaucoup plus rapidement que la partie adjacente qui est restée couverte de végétation. Il se produit donc une marche à la partie supérieure de la zone dénudée que beaucoup de personnes ont prise pour une niche de décollement. Il n'y a vraiment niche de décollement que si, sur la partie glissée, la végétation est aussi dense que sur la partie restée en place, ce qui est rare. Cette interprétation a accrédité le fait que les lavakas débutent en haut de colline par une loupe de glissement causée par la nappe phréatique. En réalité elles commencent effectivement à se former souvent en haut de colline mais par une érosion en nappe intense, doublée d'une marche d'escalier, qui finit par entamer complètement le manteau protecteur. Une excavation se creuse à cet endroit, s'élargit suivant les processus que nous verrons plus loin et fait disparaître la cause première, c'est-à-dire l'emplacement érodé en nappe.

3°)- L'érosion en ravins est aussi à l'origine des "lavaka" (B et C II). Le ravin peut se former sans érosion en nappe nettement visible. C'est une coupure de la surface du sol assez étroite, espèce de petit canyon aux parois verticales, caché par les herbes. Dans la masse d'argile rouge homogène et à très bonne tenue, il se creuse par usure et par la contiguité de "marmites de géant" (résultant de la rotation des grains de sable). Les parois restent verticales jusqu'à ce que le courant d'eau atteigne la zone de départ affouillable du profil. Les parois s'écroulent alors et le ravin s'élargit en lavaka. C'est aussi une cause de formation qui disparaît très vite sous la vaste surface occupée par la "lavaka" elle-même.

Le ravin peut être naturel ou provoqué par un chemin de piéton qui canalise l'eau, un passage de boeufs, enfin tout ce qui dénude le sol et favorise un ruissellement concentré. Les fossés de route mal calculés, les fossés de fortification, qui protégeaient autrefois de nombreux villages malgaches, sont à l'origine de ravin et par suite de "lavaka".

4°)- Toute section verticale du sol peut causer un départ de "lavaka" si les conditions sont favorables par ailleurs et surtout s'il existe un ruissellement important venant des parties hautes. Cette section verticale peut être une espèce de falaise creusée dans le bas d'une colline par une rivière ou simplement un talus de route terrassé par les mains de l'homme. La cascade qui se produit lors des pluies affouille la base du profil qui s'écroule et recule par érosion régressive comme une chute. La "lavaka" est amorcée et progressera cette fois vers le haut de la colline.

5°)- Nous ne pouvons passer sous silence le vrai glissement de terrain qui, bien que rare, existe. Il est le plus souvent constaté sur des pentes fortes et une roche à zone d'altération peu épaisse (migmatite granitoïde, gabbro par exemple). L'eau pénètre à travers le sol et coule ensuite latéralement sur la roche. La partie saturée d'eau au contact de la roche, plus ou moins argileuse (feldspath altéré) ou lamellaire (mica), forme surface de glissement pour toute la masse de sol rouge qui est au-dessus (masse relativement rigide). Les décollements se font le long des fentes de dessiccation perpendiculaires à la ligne de plus grande pente, fentes qui ont été préparées pendant la saison sèche. Les fentes constituent aussi une porte d'entrée pour l'eau qui va affouiller la partie inférieure du profil. On ne constate que rarement les loupes de glissement: les argiles latéritiques, composées surtout de kaolin et de quartz n'atteignent presque jamais le degré de fluidité nécessaire.

Ce processus est rare car il nécessite des conditions spéciales, en particulier une pente sapée à la base, donc des terres non retenues dans le sens latéral.

La lavaka une fois amorcée par un autre processus, il est possible de trouver des glissements de terrain sur la paroi verticale supérieure car la poussée des terres vers le bas n'est plus équilibrée (F I). Quelquefois une rivière sapant à la base une colline provoque

aussi un vrai glissement

Nous séparons cependant nettement ce processus de celui que nous décrirons plus loin sous le nom d'"écroulement vertical des parois". L'aspect d'une surface enherbée intacte trouvée au milieu d'une lavaka a souvent fait croire à un glissement ce qui n'était, en réalité, qu'un écroulement vertical (et où la nappe phréatique ne joue aucun rôle), ou plus simplement un témoin de l'ancienne surface topographique (E II).

Stades d'évolution des "lavaka"

Nous distinguerons trois stades: la naissance, la maturité et la dégérescence ou stabilisation.

1er stade ou naissance.

Nous avons pratiquement décrit ce premier stade en indiquant les processus de formation de la lavaka.

Nous rappelons que ce stade peut être représenté par des phénomènes divers: 1°)- érosion en nappe avec marche d'escalier; 2°)- érosion en ravin profond et étroit; 3°)- talus soumis à une érosion régressive; 4°)- glissement de terrain. Tout processus qui a pour but l'entame du manteau protecteur.

2me stade ou maturité

C'est le stade le plus important où les phénomènes joueront dans le sens de l'approfondissement et de l'élargissement de la plaie initiale du sol. L'approfondissement se fait par évacuation des débris résultant de l'écroulement des parois et par usure de la zone affouillable jusqu'à la roche saine ou une zone de roche altérée suffisamment résistante (fig. 1). La "lavaka" peut alors très bien se comparer à un torrent avec zone de réception (le fond de la lavaka) zone de creusement en V (étroiture de sortie) et cône de déjection.

L'élargissement se fait par écroulement des parois et évacuation des débris. La progression vers le haut de la paroi verticale par érosion régressive est plus rapide dans les endroits où le ruissellement de la partie supérieure est plus important. C'est bien souvent la topographie antérieure qui guide la progression. En particulier, si la tête de vallée est déjà en forme d'hémicycle, la "lavaka" se déploiera en vaste éventail, le ravinement initial ayant déjà cette disposition (C, D II). Si, au contraire, la cause initiale est par exemple un sentier de boeufs descendant le long d'une arête, la "lavaka" sera linéaire.

Une fois la paroi verticale amorcée: marche d'érosion en nappe, talus de route, parois de ravin profond et étroit, etc..., voici les processus élémentaires qui concourent à la progression vers le haut ou à l'élargissement sur les côtés. L'eau ruisselant en nappe sur le sol encore intact tombe en cascade lorsqu'elle atteint la paroi verticale

- 1) Les éclaboussures et le petit bassin qui se forme à la base humecte la zone affouillable qui perd toute cohésion. L'excavation qui se produit provoque tôt ou tard l'écroulement de la paroi (fig. 1);

- 2) Il y a une simple usure de la lèvre supérieure et de la paroi elle-même. On remarque souvent des cannelures sur la partie verticale;

- 3) L'eau utilise des fentes de dessiccation préparées en saison sèche pour s'insinuer dans le sous-sol et prendre ensuite un chemin latéral vers l'intérieur de la lavaka, elle détache alors un bloc qui s'écroule (fig. 1 et photo 3). Le climat à saison alternante joue un grand rôle et paraît même indispensable pour ce processus.

Mais en même temps les éboulis sont évacués par érosion en nappe et en ravins à l'intérieur même de la lavaka (photo 3). La masse rouge homogène du sol est émiettée au cours de la chute et les fragments sont entraînés facilement par l'érosion. Lorsque tous les éboulis sont évacués, c'est la zone d'altération de la roche qui est elle-même attaquée (fig. 1). Elle n'oppose qu'une faible résistance. L'érosion

interne de la lavaka est aussi importante que l'afflux d'eau de ruissellement extérieur. A la limite il semble que l'érosion interne, dégageant sans arrêt la base de la paroi verticale de ses éboulis et creusant intérieurement, suffit à faire ébouler cette paroi. La lavaka s'agrandit alors sans apport d'eau extérieure; ce qui expliquerait que deux "lavaka" puissent se rejoindre sur une crête, supprimant tout bassin versant drainé (I III), et que les fossés de protection au-dessus de la lèvre supérieure soient parfois inefficaces.

Le collecteur central sape les éboulis latéraux et facilite l'élargissement de la lavaka. Enfin, à partir du moment où l'approfondissement a été tel que le fond du ravin en V atteint la nappe phréatique de base, une source de tête de lavaka contribue à son tour à l'évacuation des déblais.

3ème stade ou stabilisation

A ce stade différents processus peuvent encore intervenir: 1°) la lavaka augmentant sa surface diminue par contre son aire de drainage, donc les effets de cascade par l'eau venant de la partie supérieure tendront à diminuer; 2°) l'approfondissement atteint la roche saine qui constitue alors un niveau de base local, la lavaka considérée comme torrent atteint son profil d'équilibre; 3°) les talus d'éboulis atteignent un équilibre dont la pente est compatible avec la pente générale du fond de la lavaka. Si l'équilibre se maintient pendant un temps suffisamment long, la végétation reprend sur les éboulis, évite l'érosion intérieure, et la stabilisation est définitivement assurée; 4°) des colloïdes roses ou rougeâtres venant d'une érosion en nappe du reste du bassin versant, se déposent en larmes de quelques millimètres d'épaisseur sur la paroi verticale de la lavaka, ils protègent la zone affouillable d'autant plus facilement que des lichens s'installent facilement sur ce revêtement protecteur. L'eau glisse à la surface de la paroi qui est alors stabilisée en position verticale. Ce cas représente plutôt un arrêt dans l'extention de la lavaka qu'une stabilisation définitive. Cette dernière n'est obtenue, à notre

avis, que par l'équilibre des éboulis et la reprise de la végétation évitant l'érosion interne (G I).

Rôle de la nappe phréatique

Des géologues comme Brenon (1), des agronomes comme Portères et des géographes comme Gourou et Robequain (5) et nous-même en 1947 (4) avons attribué à la nappe une influence prépondérante dans le processus de formation de "lavaka". Nous tenons à préciser dans cet article le rôle de la nappe phréatique dans ce processus. D'abord entendons-nous sur le terme. Il n'existe en général pas de vraie nappe phréatique sur les collines des hauts-plateaux malgaches. Les puits sont ignorés sauf le long des vallées. Il existe par contre une zone saturée d'humidité au contact de la roche saine. Un écoulement latéral très lent peut avoir lieu et former une ligne de sources ou plutôt de suintements à la base de la colline ou même simplement grossir en sous sol la nappe phréatique de base des alluvions. Un puits creusé dans une colline ne rencontre qu'une bouillie argileuse et quartzeuse mais sans débit utile.

Le premier principe à admettre est la non intervention de la nappe ainsi définie jusqu'à ce que l'érosion ait atteint la roche saine, donc dans un stade de maturité avancée de la "lavaka".

Deuxièmement la présence de source en tête de lavaka est, contrairement à ce qui a été dit, très rare, mais elle était nécessaire pour les tenants de cette théorie. Si elle existe, elle provient en général d'une fissure de la roche bien individualisée et non diffuse en arc de cercle comme il serait nécessaire pour expliquer la forme de la "lavaka". D'autre part, elle ne se trouve jamais à la base de la paroi verticale qui s'effondre mais tout au fond de la lavaka sous des éboulis et dans la partie tout à fait inférieure de la zone d'altération (fig. 1).

Un écoulement hors de la lavaka existe évidemment après chaque pluie mais ne dure pas plus de deux jours. Il résulte du ruissellement intense et de l'égouttage de tous les déblais internes.

Le ravinement en V de l'intérieur des lavakas n'est pas compatible avec un sapement de sources qui donnerait plutôt un fond de lavaka plat. Il faudrait aussi des sources multiples pour expliquer les ravins multiples creusés dans le matériel de départ (E II).

Deux lavaka ne pourraient se rejoindre par la tête sur une crête, l'une épuisant la nappe de l'autre (I III).

Nous pensons donc que la nappe phréatique intervient quelquefois en causant l'affaissement et le glissement initial (roches homogènes altérées brutalement et proches de la surface) intervient aussi lorsque la lavaka s'étant approfondie suffisamment pour rencontrer la nappe ou plutôt une source, cette dernière contribue à l'entraînement des déblais. Mais pour nous une lavaka est une érosion en ravin d'un type particulier grâce au profil ferrallitique des sols, mais entièrement due au ruissellement superficiel de l'eau.

Lutte contre l'érosion en lavaka

Devant l'ampleur du phénomène il est anti-économique et même impossible matériellement d'arrêter ce genre d'érosion dans les régions les plus touchées. Il est, par contre, possible d'intervenir au début par la lutte contre la déforestation, les feux de brousse, le surpâturage, tout ce qui accélère l'érosion en nappe. Il est encore possible de stabiliser les petites rigoles, les petits ravins par des clayonnages, des barrages en pierres, etc... mais dès le stade de maturité il devient très difficile de diriger le phénomène.

Pour des cas précis: protection de route, de canaux, risque d'ensablement de barrage, des efforts peuvent être tentés pour la stabilisation. Nous en avons donné les principes dans une autre revue (3). Nous les rappelons ici: fossé de garde au-dessus de la lèvre supérieure de la lavaka, écrêtage des parois verticales, terrassement des

éboulis pour leur donner une pente d'équilibre, couverture végétale de ces pentes, barrage dans le goulet de sortie et à l'intérieur de la lavaka pour relever peu à peu le niveau de base. Aucune de ces mesures employées seules ne sont efficaces. Enfin, chaque lavaka doit être étudiée séparément. Il est par exemple inutile de vouloir, par des barrages successifs, relever le niveau de base d'une lavaka dont le profil total présente une dénivellation d'une vingtaine de mètres et une forme en éventail, par contre la lavaka longue et étroite est justiciable de ce traitement. Le reboisement à lui seul est inefficace (H III), l'arbre pèse sur la lèvre supérieure, les racines créent des fentes. Il ne supprime pas le ruissellement mais il le diminue, donc facilite un peu l'application d'autres mesures.

On doit prévoir l'évolution d'une lavaka et la lutte doit se faire au premier stade (ABC II). Plus tard les travaux sont gigantesques et la principale difficulté réside dans la reprise de la végétation sur un sol peu stable, sec, sans humus et sans richesse minérale.

Si nous nous plaçons maintenant à l'échelle de Madagascar et non plus d'une lavaka particulière, nous pensons que notre meilleure arme contre cette érosion spectaculaire sera la reconstitution du couvert végétal (bois ou prairie d'ailleurs), à condition que nous ne soyons pas en présence d'une évolution climatique.

Cette érosion née d'une déforestation et d'une rupture d'équilibre biologique dû à l'homme ne sera empêchée, sur les parties non atteintes, que par le rétablissement de cet équilibre. Malheureusement, dans les parties affectées (III), l'abandon paraît s'imposer et l'effort doit se tourner vers l'utilisation des alluvions en provenant.

Bibliographie

- (1) Brenon.- Contribution à l'étude de l'érosion des sols à Madagascar; Documentation du bureau géologique N° 46, Tananarive 1952.
- (2) Riquier.- Etude sur les "lavaka"; Mém. de l'I.R.S.M., Série D, Tome VI, 1954.
- (3) " Procédé de fixation d'une érosion en lavaka et de régénération d'un terrain extrêmement érodé; Naturaliste malgache, Tome VII, fasc. 2, 1955.
- (4) " Notice sur la carte pédologique du Lac Alaotra; Mém. de l'I.R.S.M., Série D, Tome I, 1949.
- (5) Robequain.- Madagascar, p. 87-88, Presses universitaires de France.