

Photo Aubreville

*Amazonie péruvienne. Région préandine. Glissements de terre sur des pentes boisées abruptes.
Les pentes inférieures sont déboisées pour être cultivées.*

ÉROSION SOUS FORÊT ET ÉROSION EN PAYS DÉFORESTÉ DANS LA ZONE TROPICALE HUMIDE

par A. AUBREVILLE,
*Professeur au Muséum National
d'Histoire Naturelle.*

EROSION UNDER COVER OF THE FOREST AND EROSION OF CLEARED LANDS IN THE HUMID TROPICAL ZONE

SUMMARY

It is generally admitted that forest retains the soil and that reforestation is one of the best safeguards against erosion. Yet, cases are known of serious erosion under cover of forests. Its importance should not be exaggerated. On the other hand, erosion phenomena sometimes take catastrophic proportions in certain wholly and recently cleared regions. Spectacular instances are reported in Madagascar (Iavaka), Congo, Brazil, and in the temperate U. S. A. where the Tennessee Copper Basin is a striking example. In geological times, during periods of tectonic transformations, erosion may have been intense under cover of damp, dense forests and, in spite of the forests, has caused distorted relief and „ bad lands ” excavated on the raw.

EROSION EN ZONAS DE BOSQUE Y EROSION EN PAISES TALADOS DE LA ZONA TROPICAL HUMEDA

RESUMEN

Se admite generalmente que el bosque mantiene la cimentación de los suelos y que la repoblación forestal es uno de los mejores medios de lucha contra la erosión. Sin embargo, existen casos de erosión en zonas de bosque, pero no se debe exagerar su importancia. Por el contrario, en algunos países cuyos bosques han sido talados recientemente, los fenómenos de erosión han tomado a veces un aspecto catastrófico. Se citan algunos casos espectaculares ocurridos en Madagascar (Iavaka), en el Congo, en el Brasil y en una región temperada de los Estados Unidos de América, en particular el demostrativo de Copper Basin del Tennessee. En fin, remontándonos a los tiempos geológicos, a los periodos tectónicos, la erosión en bosques densos húmedos ha podido manifestarse con intensidad y a pesar de la existencia del bosque se han formado fallas dislocadas y „ bad land ” ahondados en lo vivo.

L'utilité la mieux reconnue de la forêt est certainement de maintenir les terres sur les pentes en empêchant leur érosion. L'efficacité des reboisements en montagne pour fixer les pentes dénudées, érodées ou menacées d'érosion a été mille fois prouvée. Il existe une branche importante de la

foresterie, l'art de la restauration des terres en montagne où les reboisements ont un rôle capital. Des réussites spectaculaires dues aux forestiers français sont observables dans les Alpes en particulier, où travaux de correction de torrents associés aux reboisements des pentes ont abouti à discipliner les torrents les plus impétueux et les plus dévastateurs.

Pendant dans des stations forestières on cherche encore à préciser le rôle utile des forêts contre l'érosion par des expériences où dans des parcelles rapprochées comparables par la topographie, l'exposition, la nature du sol, les unes boisées, les autres déboisées, on mesure comparativement le débit des eaux de ruissellement, la quantité de terre entraînée par celles-ci, de façon à mettre quantitativement en valeur le rôle protecteur de la couverture forestière, par rapport à une couverture herbacée, ou au sol nu.

Je n'ai pas l'intention de développer ici ce sujet très connu qui a fait l'objet d'une bibliographie

Erosion par glissement en forêt primaire de montagne à Madagascar.

Photo Service Forestier de Madagascar



importante, au moins dans les régions tempérées. Sous climat tropical on admet volontiers que les terres en pente risquent plus qu'en pays tempéré d'être fortement érodées lorsqu'elles sont dénudées, en raison ou de la grande pluviométrie d'une saison des pluies succédant à une saison sèche aride, ou d'un régime de forte pluviosité toute l'année. Là aussi des expériences se font aujourd'hui pour mesurer l'importance de l'érosion des terres, selon la nature et les méthodes des cultures ou sous divers couverts forestiers ou herbeux.

On aurait décelé ainsi des faits d'érosion sous la forêt dense tropicale humide contrairement à ce que l'on pouvait attendre d'une puissante formation végétale. J'ai rendu compte dans cette chronique d'une communication de M. FOURNIER à l'Académie d'Agriculture de France sur cette question. L'érosion par décapage ou par ravinement est vraisemblablement insignifiante sous la forêt dense tropicale, les enracinements superficiels de la population forestière forment un enchevêtrement serré dans l'horizon superficiel du sol qui s'oppose à un ruissellement rapide et, à l'entraînement des terres. Sous forêt l'érosion se manifesterait surtout par glissement (réptation) des terres lorsque celles-ci sont saturées d'eau. De descente en descente elles finiraient par se déposer dans les thalwegs où selon les cas elles s'accumuleraient en alluvions marécageuses ou seraient enlevées par les eaux de ruissellement.

J'ai été toujours attentif aux phénomènes d'érosion et j'ai recherché dans mes souvenirs les faits que j'ai

De haut en bas :

Erosion par ravinement en forêt primaire de montagne à Madagascar.

Photo Service Forestier de Madagascar

Coupe du sol montrant la très faible épaisseur de terre humifère et les faibles enracinements de la forêt primaire. Madagascar.

Photo Aubréville



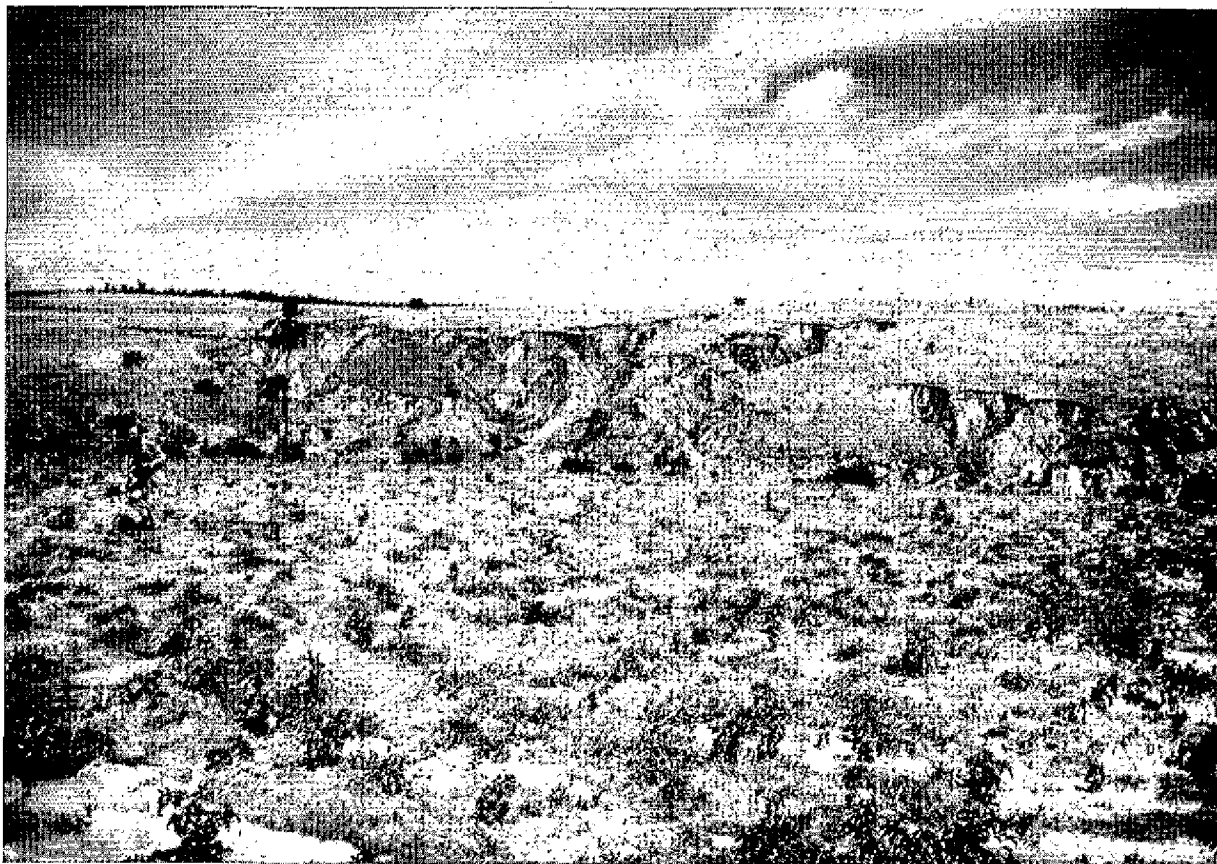


Photo Aubréville

Lavaka dans des collines sablonneuses. Etat de São Paulo (Brésil).

eu l'occasion d'observer. D'abord celui-ci d'ordre général : dans les ruisseaux, sous une forêt primaire, en saison des pluies s'écoule une eau claire légèrement sale après de violentes averses. C'est cette constatation qui fait conclure à l'action antiérosive de la forêt, surtout si l'on fait la comparaison avec les eaux jaunes ou rouges des ruisseaux après les averses en terrain découvert ou cultivé.

Mais j'ai aussi observé quelques rares glissements de terre en forêt primaire. Deux photographies prises dans la forêt malgache orientale (région de Périnet) montrent nettement dans l'une un ravinement et dans l'autre un éboulement de terre sur une pente qui arrache arbres et arbustes. On s'explique ce défaut de résistance du peuplement forestier au glissement par les conditions du climat très pluvieux, la nature du sol ferro-latéritique ayant l'aspect et la consistance de l'argile, et aussi par les enracinements strictement superficiels des arbres et arbustes. Une photographie prise dans cette même forêt malgache orientale de Périnet (forêt d'Anamalazoatra) d'une tranche de sol fraîchement ouverte sur un versant, fait voir combien ici est mince la couche des racines superficielles ; il y a très peu de racines pivotantes. D'une

façon plus générale il est bien connu que même de très grands arbres en forêt dense humide ont des systèmes d'enracinements superficiels, parfois très étendus, mais qui ne les garantissent pas toujours d'être renversés par les coups de vents violents des tornades en saison des pluies.

Parfois donc les conditions conjuguées du climat, du sol et de la nature de la forêt, ne permettent pas à celle-ci de jouer son habituel rôle protecteur du sol. Mais notons qu'il ne s'agit que de glissements très localisés et peu communs. Je ne connais qu'un seul exemple d'une dégradation généralisée du sol sous une couverture boisée cependant intouchée par l'homme. Je l'ai vu en Amazonie péruvienne. Lorsque descendant des Andes par la route vertigineuse qui s'enfonce de la ville de Tarna (3.000 m) jusqu'à la rivière Péréné (600-800 m alt. l), affluent du rio Ucayali lui-même affluent de l'Amazone, en pleine forêt amazonienne (de type montagnard oriental), on arrive devant la petite localité de La Merced, on aperçoit la silhouette découpée d'un massif montagneux boisé, dont les sommets sont marqués de nombreuses bandes jaunâtres descendantes au travers du manteau vert forestier. Les pentes sont très abruptes. Ma première idée fut qu'il s'agissait de bandes déforestées par les agri-

culteurs, défrichées en dépit de la raideur des versants. En approchant je dus reconnaître qu'il n'en était rien. Ce massif n'était pas occupé par l'homme, des glissements de terre se produisaient à partir des cimes, et celle-ci était finalement apportée par des torrents pour s'épandre en cônes de déjection dans la vallée étroite de la rivière Péréné. Ce qui est étonnant c'est cette généralisation du phénomène dans un pays amazonien, à la limite de la pénétration de la civilisation moderne. Presque tous les sommets sont atteints par cette lèpre du sol. Certains sont complètement dénudés. Cependant ces éboulements finissent par être envahis et apparemment fixés par les herbages. Les anciennes coulées enherbées se reconnaissent. Les savanes de montagnes s'appellent ici des pajonal. La carte indique même dans la région un « gran pajonal » sur lequel je n'ai d'ailleurs pu obtenir aucune information. Je me demande si tous ces pajonal ne sont pas dus à ce phénomène de descente des sols. Précisons encore que nous sommes ici sous un climat amazonien occidental, très pluvieux avec un indice pluviométrique considérable, probablement de l'ordre de 3 m, sans saison sèche. Je n'ai fait que traverser ce pays du bout du monde où au delà de ces petites localités péruviennes commence la grande sylve amazonienne habitée par quelques tribus indiennes. Je n'ai donc pas pu observer de près ces curieux phénomènes spontanés d'érosion généralisée en pays montagneux boisés, cette savanisation naturelle inhabituelle, dont je ne connais aucun autre cas.

M. le Professeur HUMBERT a signalé aussi sur les pentes les plus abruptes du massif du Marojejy à Madagascar garnies d'une couverture ligneuse dense, à l'époque des pluies, des décapages de terres avec leur revêtement épais d'arbrisseaux et de lianes, découvrant la roche. La végétation ensuite se réinstalle avec persévérance.

Erosions spontanées certes, où l'homme n'a aucune part même dans leur déclenchement, mais isolées, limitées, localisées dans quelques forêts de montagne sous des climats très humides. Mais du fait de la réalité de ces glissements de terre sous forêt primaire, certains esprits sophistiqués voudraient mettre le doute sur le rôle antiérosif reconnu de la forêt en général, et de là mettre en cause une politique de protection des forêts que l'on s'efforce de faire adopter dans les pays tropicaux. Si la forêt en effet ne jouait

pas ce rôle efficace protecteur des sols, pourquoi classer des forêts, pourquoi prendre cette peine de défendre les forêts classées contre les défricheurs ! Certains ont tellement pris l'habitude de lier les augmentations de la production agricole tropicale à une extension des défrichements en forêt vierge que la politique de limitation de ces derniers par la constitution de forêts classées et de réserves naturelles les choque comme susceptible de limiter l'expansion de l'agriculture. Si l'agronomie tropicale n'avait vraiment pas d'autres possibilités ce serait à désespérer de l'avenir agricole des pays tropicaux. Nous ne le croyons pas, mais comme il existe, bien que peu répandue et un peu sournoise, une tendance à minimiser le rôle protecteur des forêts tropicales pour mettre en brèche l'idée de la protection de la Nature et de la Forêt, il m'a paru opportun de mettre en plein jour ces raisonnements faux à partir de quelques faits vrais.

Et d'ailleurs s'il est bon d'établir d'après des mesures faites dans quelques parcelles expérimentales, la valeur antiérosive comparée des diverses couvertures végétales du sol, il est beaucoup plus démonstratif encore d'observer le développement des phénomènes d'érosion dans des pays récemment déforestés, entièrement ou presque. Là où la forêt aujourd'hui manque, parce qu'elle a été détruite par l'homme directement ou indirectement, on peut quelquefois constater une ampleur spectaculaire de l'érosion. Les exemples foisonnent.

Le plus remarquable, le plus triste aussi, est celui des hauts plateaux de Madagascar. Person-



Lavaka à Madagascar.

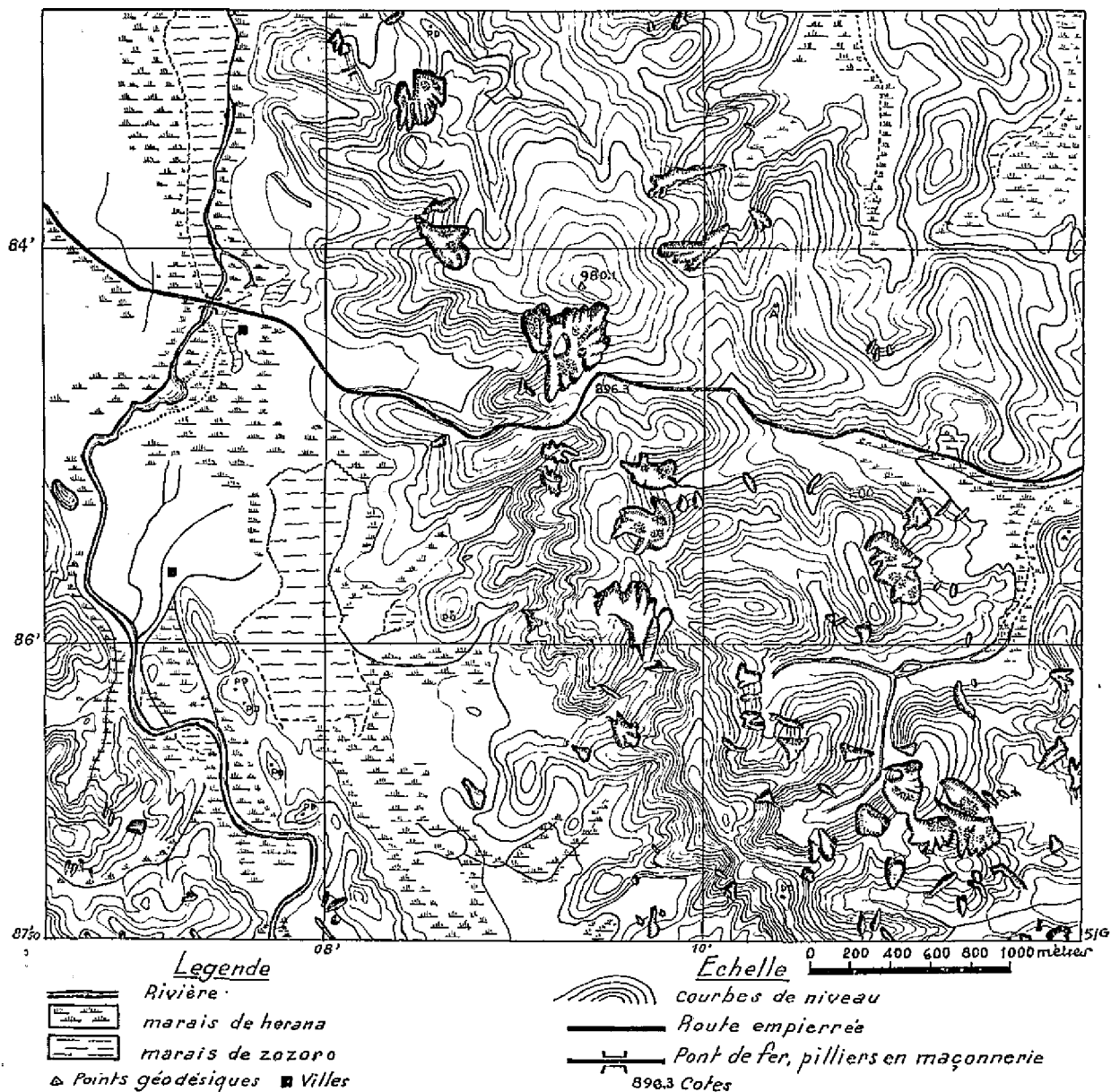
Photo Letourneux

nellement je ne connais aucun autre pays où l'érosion atteigne de telles ampleur et gravité. Toutes les formes d'érosion s'y voient, érosion par griffage sur les crêtes, par longues tranchées qui lézardent des versants faiblement ondulés et surtout par lavaka. Ce terme local désigne des cirques d'érosion qui se creusent parfois en très grand nombre au travers d'une terre latéritique rouge dans des paysages de collines à pentes parfois légères. Aucun rapport donc entre ce type d'érosion et ceux qui

sont décrits plus haut. Ces lavaka sont l'effet de glissements de terre qui se produisent sur les flancs des collines. Ils débutent par une crevasse qui s'ouvre à peu près suivant une ligne de niveau et qui est la trace du décollement de la masse de terre qui commence à glisser. Puis cette masse gonflée d'eau s'écoule par un exutoire raviné étroit et elle s'épand dans le thalweg. Il reste ce trou béant, aux parois rouges verticales de plusieurs mètres de hauteur. Il progresse d'année en année vers l'amont,

LES LAVAKA DE LA RÉGION D'AMBATONDRAZAKA

D'après les levés Longuefosse en 1915.



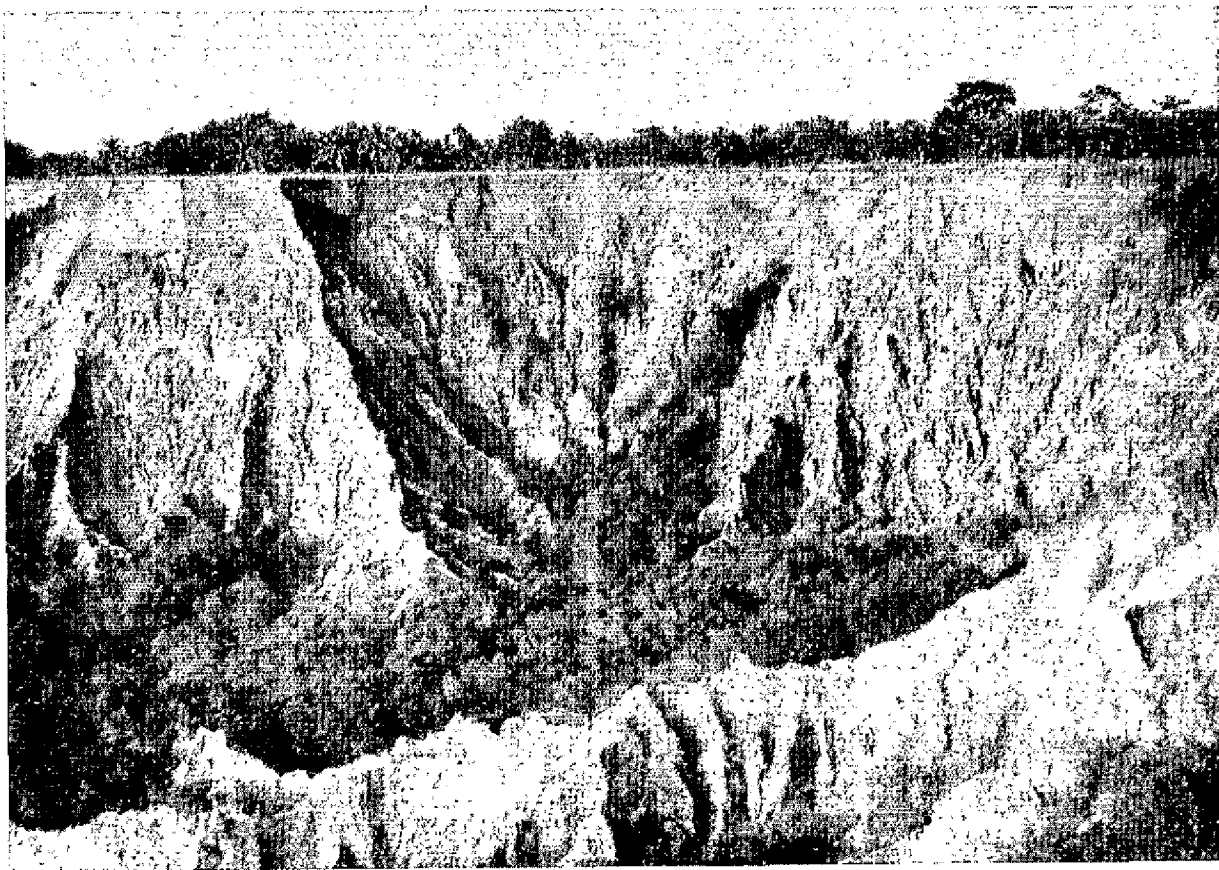


Photo Le Ray.

Cirque d'érosion de Diosso près de Pointe Noire. République du Congo.

se ramifie aussi latéralement, se creuse encore, puis se stabilise généralement avant d'atteindre la crête. Cependant parfois il la tranche. Il arrive que deux lavaka progressant sur les versants opposés d'une colline, finissent par se rejoindre en coupant la ligne factière. Quand ils sont stabilisés au moins partiellement, une végétation herbacée et ligneuse s'installe. Deux questions se présentent : pourquoi les lavaka sont-ils à un moment donné arrêtés dans leur progression ? Pourquoi ces hauts plateaux de Madagascar sont-ils le siège d'une érosion aussi intense et généralisée ? Il est possible que le lavaka se stabilise lorsque la surface de glissement atteint en profondeur des couches de sol imperméable, voire la roche sous-jacente. La « lavakose » véritable maladie du sol se produit sur des sols ferro-latéritiques de très grande épaisseur (jusqu'à 30 m). La nature du sol, le climat, la grande épaisseur de la couche d'argile latéritique, sont également en cause. Sur les terres volcaniques de Madagascar, très profondes aussi, la lavakalisation ne se manifeste pas (Ankaratra). Une autre condition est également requise : la dénudation du sol. Ces terres ne sont couvertes que d'une strate herbeuse peu épaisse, ce sont des steppes. En réalité ce sont

d'anciens sols forestiers. Les hauts plateaux malgaches furent autrefois occupés entièrement par une forêt tropicale hétérogène montagnarde. Aucun doute à ce sujet ; il en subsiste des témoins en voie de disparition ; ce sol profond décomposé le fut sous forêt. Comment ces forêts disparurent-elles sur des étendues aussi considérables, laissant ces hauts plateaux steppiques. Elles étaient, comme le sont leurs vestiges, très vulnérables aux incendies. M. VIGNAL dans un récent numéro de « Bois et Forêts des Tropiques » (1) a décrit avec précision comment une forêt vestige de 1.500 hectares a été détruite en quelques jours en 1955, par l'action d'un feu allumé dans la steppe voisine, progressant souterrainement dans les racines et souches et dans la litière forestière. Les traces du feu sont visibles partout sur les lisières de ces forêts reliques : franges de fougères, fûts calcinés ; le feu pénètre aussi en profondeur. La forêt montagnarde malgache fut très sensible au feu, ses espèces étaient inadaptées au feu contrairement à de nombreuses espèces des forêts sèches denses de l'Afrique continentale. Le climat comportant une longue saison de 5 mois

(1) N° 49, sept-oct. 1956.

écologiquement secs favorise les incendies. L'homme, le pasteur a mis le feu pour faire de l'herbe.

Dans les forêts de montagne, sur le versant oriental de la Grande-Ile, couvrant les mêmes sols rongés, les lavaka ne se produisent pas ou très exceptionnellement. La lavaka se constate après que la forêt a disparu. Le fragment de la carte de Longuefosse établie en 1915 dans la région du lac Alaotra (Ambatondrazaka), où il a figuré minutieusement tous les lavaka, montre bien quelle est l'intensité de cette dégradation du sol. J'ai pu vérifier sur un lavaka près d'une piste l'exactitude de la carte et que 40 ans après les levés la configuration de celui-ci n'avait pas sensiblement changé. Le bassin de la plus grande rivière de Madagascar, la Betsiboka est ainsi criblé de cirques béants et rouges; le fleuve rouge de tous ces limons les abandonne en de grands bancs de vase rougeâtre qui obstruent la baie de Majunga. Voilà la plus grandiose manifestation de l'érosion dans un pays qui fut anciennement pratiquement intégralement déforesté.

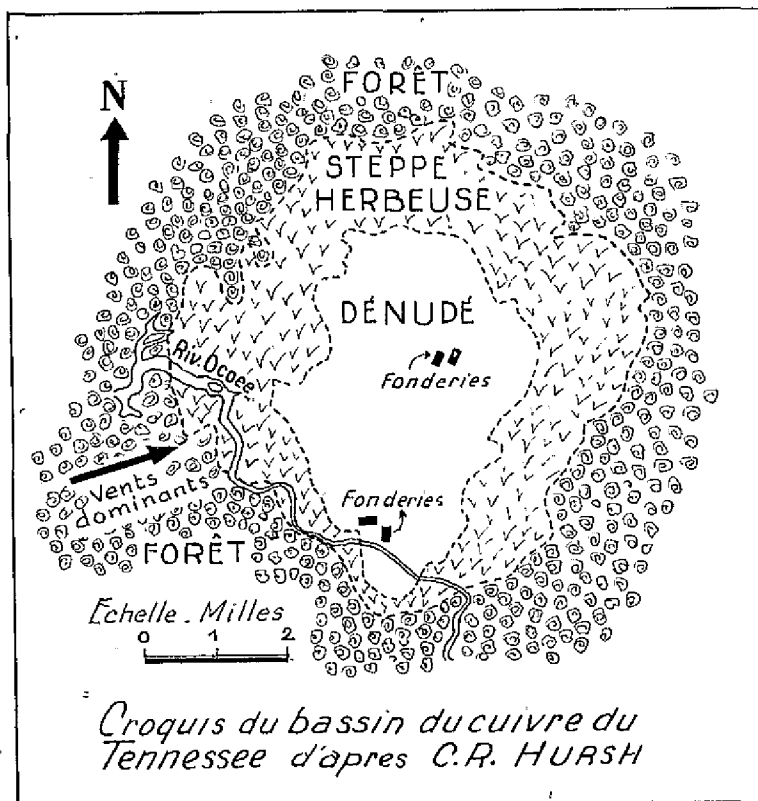
Madagascar n'a pas seule ce peu enviable privilège de spectaculaires lavaka. Entre l'estuaire du Gabon et le Congo dans une formation sédimentaire strictement littorale, appelée par les géologues la série des cirques on peut voir notamment aux environs de Pointe Noire près du rivage de la mer des cirques aux falaises impressionnantes. D'autres au Gabon à l'intérieur des terres dans les « plaines »,

ont des diamètres de plusieurs kilomètres (1). Toujours ces cirques sont creusés dans des collines au revêtement herbeux steppique. La végétation forestière progresse vigoureusement dans les fonds sur ces grès et argiles latéritiques découverts, mais elle ne dépasse jamais — à ma connaissance — les lèvres de ces entonnoirs géants.

J'ai revu au Congo Belge, au Brésil dans l'Etat de Minas Geraes, et sur des sols sablonneux dans celui de São Paulo, de ces paysages de terres anciennement ou récemment déforestées, ou apparaissent des cirques d'érosion, non pas avec la densité extraordinaire observée à Madagascar, mais indices certains d'une maladie des anciens sols forestiers profonds aujourd'hui couverts de maigres steppes herbeuses.

L'exemple le plus démonstratif de ce que peut faire l'érosion de terres récemment déforestées est incontestablement celui du Copper Basin dans le Tennessee aux U. S. A. Nous ne sommes plus là dans la zone tropicale, mais toute l'histoire de la déforestation puis de l'érosion des terres étant contemporaine et connue avec précision, il n'est pas au Monde une preuve plus éclatante et indubitable des dangers de l'érosion sur certains sols déforestés, et en conséquence je crois utile de la faire mieux connaître aux défenseurs comme aux détracteurs de la forêt, en France.

Cette histoire commence en 1843 au cœur de la forêt des montagnes des Appalaches, belle forêt feuillue de chênes, dogwood, sourwood, black tupelo avec en mélange quelques pins (short leaf, pitch, white pine) couvrant des chaînons montagneux parallèles séparés par de larges vallées (450750 m alt.). C'est l'ancien pays des indiens Cherokees qui furent les alliés des français. Un colon découvrit alors du cuivre presque pur sur une colline. Vers 1850 l'exploitation minière débuta. Le minerai excessivement riche en cuivre était transporté par mules et chariots jusqu'au chemin de fer sur de grandes distances, 40 miles sur Cleveland (Tenn.); 70 m sur Dalton (Ga.). Mais bientôt, comme les gisements de minerai riche s'épuisaient, le transport du minerai plus pauvre devint impossible et il fallut traiter le minerai sur place. Les premiers fourneaux fonctionnèrent à Ducktown en 1854. Le martyre



(1) Voir la description du « Grand Ban Ban » dans mon étude sur les « Forêts de l'Afrique équatoriale française et du Cameroun ». Bull. Sc. n° 2 de la S. T. A. T., mai 1948.

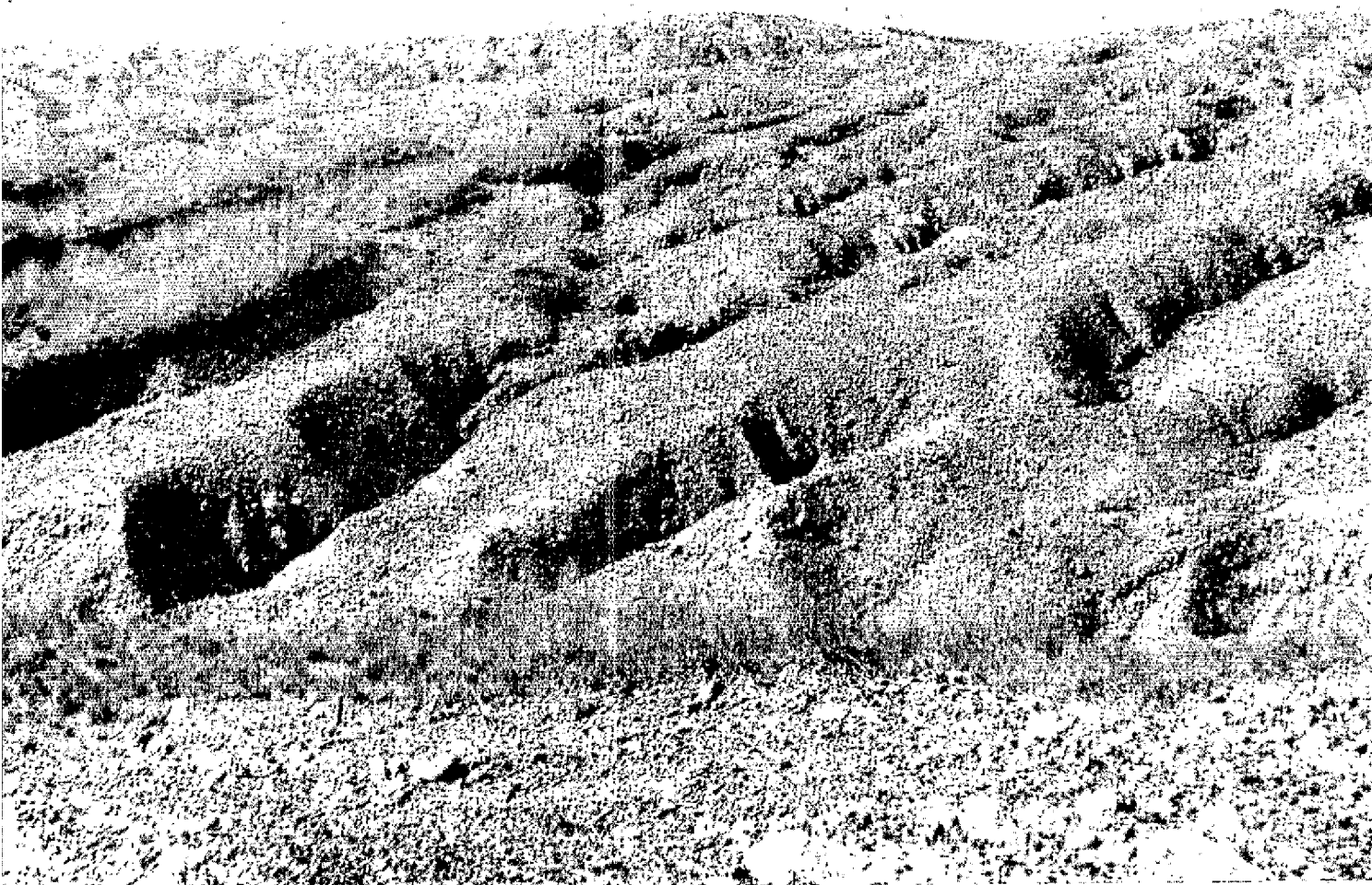


Photo Letourneux.

L'aire centrale dénudée et ravinée du Copper Basin-Tennessee-USA.

de la forêt environnante commence ici. Pour griller le minerai en plein air dans de grands bûchers où alternaient des lits de minéral et de bois, d'énormes quantités de bois étaient nécessaires. La forêt fut donc exploitée. Mais surtout d'épaisses fumées sulfureuses provenant du grillage se répandirent sur le pays, anéantissant la végétation. La plus grande activité des fonderies de cuivre à four ouvert se place vers 1890-1895. En 1904 le pays tout autour était dépouillé de sa végétation. Le sol constitué d'une épaisse couche d'argile friable était donc pleinement exposé à l'érosion, d'autant plus que les pluies sont abondantes et régulières (1375 mm) ; il est devenu rapidement le désert rouge raviné que j'ai visité. Au début du siècle, la C^{ie} exploitante fut dans la nécessité d'interrompre le grillage du minerai à l'air libre et en raison de la pauvreté de ce dernier en cuivre, elle fabriqua de l'acide sulfurique.

Lorsqu'on se dirige vers le bassin du cuivre venant de la Caroline du nord, on traverse la belle forêt des Appalaches puis brusquement à la fron-

tière du Tennessee apparaît un paysage de collines, absolument nues, rouges et effroyablement lézardées de centaines de milliers de ravines profondes. C'est le Copper Basin avec des cheminées et des puits de mine qui se dressent çà et là dans la désolation de la terre écorchée. La terre rouge est dépouillée de sa végétation sauf quelques lambeaux d'une steppe herbeuse entre les crevasses. L'érosion a creusé profondément, parfois jusqu'à la roche. On a l'impression d'un pays qui aurait été dévasté par un grand tremblement de terre. Cependant le relief est peu accentué, la hauteur relative des collines n'est que de 30 à 60 m. Le centre du bassin est à l'altitude de 480 à 540 m.

L'aire centrale du bassin du cuivre d'une superficie de 2.800 hectares est entièrement nue. Elle est entourée d'une zone de steppe herbeuse de 1,5 à 3 km de large, couvrant environ 5.800 hectares, au sol également crevassé. La forêt est rejetée au loin. Entre elle et l'aire dévastée s'étend encore une zone de transition de 12.000 hectares aux limites indéfinies, partiellement boisée et partielle-

ment herbeuse, en cours de reconstitution forestière par des feuillus et des pins. Ensemble il y a donc là un vaste champ d'une expérience involontaire, d'environ 25.000 hectares. Les conclusions sont évidentes, la disparition totale de la forêt a été suivie en moins de 50 ans d'une érosion catastrophique.

Il y avait en outre dans cette aire une magnifique occasion d'étudier l'influence de la forêt sur les pluies en comparant la pluviométrie du bassin dénudé à celle des forêts qui l'entourent. Des stations météorologiques furent installées dans les trois zones concentriques, forêt, steppe herbeuse, sol nu. On y mesurait également les températures et la vitesse du vent. Des rapports ont été publiés sur les premiers résultats. Malheureusement les mesures ne furent entreprises que durant une période de 4 ans. Elles sont intéressantes, mais de trop courte durée pour être statistiquement pleinement significatives. Je les

commenterai peut-être un jour, mais dans cet article sur l'érosion une analyse ne serait pas à sa place.

Ces exemples confirmeraient j'espère dans leur juste opinion ceux qui croient à la vertu antiérosive de la forêt et qui estiment qu'un déboisement excessif, en pays tropical humide, sur des sols d'argile latéritique, peut entraîner tôt ou tard une érosion grave. Dès qu'elle est déclenchée, l'homme ne peut pratiquement plus l'arrêter, sauf sur des points particuliers et à grands frais. La meilleure politique est donc de prévenir le mal, en protégeant les forêts sur les sols exposés à la dégradation érosive et à appliquer des techniques de conservation antiérosive là où les sols ayant une vocation agricole caractérisée doivent être cultivés.

Il me reste à examiner une objection possible susceptible de jeter encore un doute sur l'action protectrice de la forêt sur les sols en envisageant celle-ci dans le cours d'une très longue durée. Cette érosion sous forêt que nous estimons nulle ou inapparente ou peu appréciable est-elle cependant assez importante pour être susceptible comme toute érosion lente de modeler le relief avec le temps. Le problème ici est à l'échelle du temps géologique et non plus à l'échelle du temps présent ou du proche futur. En effet la forêt tropicale dense humide couvre aussi bien des vallées d'érosion que des plateaux et des plaines et garnit même des versants aux pentes fortes. D'anciennes pénéplaines très érodées et découpées en buttes sont intégralement boisées. Faut-il en conclure ou que la forêt installée depuis des temps très anciens ne peut remplir finalement son rôle stabilisateur du sol, qu'elle retarde simplement la vitesse de l'érosion qui est de règle générale inéluctable, ou encore que l'érosion s'est exercée d'une façon intense avant l'installation de la forêt sur des sols non boisés au cours de périodes climatiques sèches. C'est, en dehors des pays à relief jeune très accentué, dans les régions désertiques ou les régions semi-arides avec saison de pluies violentes que l'érosion s'exerce le plus vigoureusement. La question n'a évidemment qu'un intérêt de géographie physique dynamique, mais elle mérite je crois d'être posée. Que de petites érosions aboutissent à la longue au même modelé qu'une érosion plus intense mais de plus



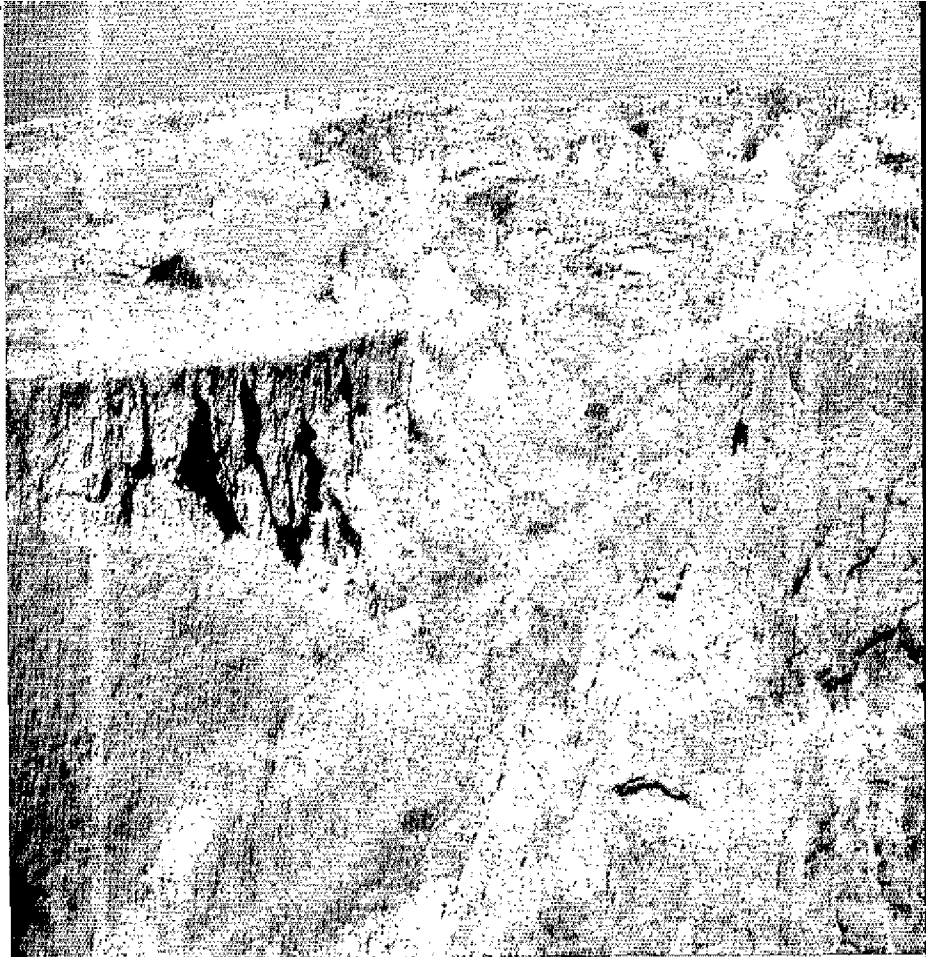
Cirque d'érosion (grand lanaka) dans la région de Pointe Noire dans des collines déforestées couvertes de steppes herbeuses. Rép. du Congo.

Photo Aubreville.

courte durée est incontestablement admissible à une échelle de durée géologique. Mais d'autres explications sont possibles. Lorsqu'il se produit un soulèvement général du sol ou si le niveau des océans s'abaisse — ce qui s'est manifesté pendant les glaciations quaternaires —, c'est-à-dire dans les deux cas lorsqu'il y a une élévation du niveau de base des fleuves par rapport au niveau des mers, il y a une reprise de l'érosion, un surcreusement et une progression vers l'amont des vallées. Si le pays est boisé, la forêt ne peut s'opposer à l'affouillement des bas des pentes et aux glissements de terre consécutifs. De nouvelles pentes d'équilibre s'établissent que la forêt fixe. L'érosion peut donc s'exercer très activement durant ces périodes, en dépit de l'état boisé, la forêt demeurant en place, cicatrisant en définitive tous les sols érodés, et restant toujours accrochée aux pentes. Cette hypothèse me paraît applicable à la morphogénèse dans la période quaternaire de beaucoup de terrains très vallonnés et couverts de forêt dense humide.

Il me paraît évident que dans les pays où se sont produits ainsi des régressions marines la forêt n'a pu qu'adapter avec souplesse son emprise aux nouveaux profils des terres. Mais dans les périodes stables, quand les profils d'équilibre sont rétablis, la forêt s'oppose avec succès à l'érosion qui tend constamment à les modifier jusqu'à l'aplatissement.

Un cas spécial est celui de ces « bad lands » où l'érosion a sculpté dans la terre à vif un relief hérissé où des ravins profonds indéfiniment ramifiés sont séparés par des croupes à arêtes vives, sans qu'il subsiste la moindre parcelle plane. Le plus extraordinaire que je connaisse par son étendue et son découpage aigu est celui qui s'étend autour du



De haut en bas :

Grand lavaka creusé jusqu'à la roche et fixé. Madagascar.

Photo Aubréville.

Le massif dénudé du Haut Sambirano, au-dessus des bad lands. Madagascar.

Photo Aubréville.

massif de Tsaratanana, le plus élevé de Madagascar, notamment dans la haute vallée du Sambirano. Le climat est très humide et les pluies ne s'interrompent que durant une très courte saison sèche. Certaines parties du massif sont cependant intégralement boisées, y compris les plus hauts sommets, quelle que soit la déclivité. C'est-à-dire que sous le revêtement forestier le relief est pratiquement le même que dans le « bad land » des pentes inférieures. A Madagascar, sous le climat très humide de l'Est, en dehors de toute intervention humaine, une forêt de type fourré plus ou moins rabougri, couvre toujours les montagnes et leurs pentes les plus raides (voir les descriptions du massif du Marojejy de M. le Professeur HUMBERT). Les hautes parties du Tsaratanana sont de même boisées. Alors pourquoi ces « bad lands » tout autour ? L'occupation humaine me paraît hors de cause. Il n'y a aucune raison actuelle climatique ou édaphique qui expliquerait la dénudation des « bad lands », il faut donc admettre qu'ils furent autrefois boisés comme le sont encore certains chaînons montagneux et tirer cette conséquence que le

revêtement forestier n'a pas pu empêcher à quelque époque une reprise agressive de l'érosion qui a sculpté et dénudé à vif ces « bad lands ». Deux hypothèses me paraissent possibles. De gigantesques incendies auraient partiellement déforesté les pentes inférieures du Tsaratanana et l'érosion aurait repris l'assaut de ces terres sans protection, ou encore la formation des bad lands est due à un mouvement tectonique contemporain du sol qui a bouleversé la topographie et donné le départ à une érosion très active emportant avec la terre une couverture boisée déjà peu stable sur des pentes abruptes. Nous sommes dans le cas général que j'envisageais ci-dessus, mais plus particulier de phénomènes contemporains accélérés en raison des hautes altitudes de montagnes proches de la mer. Il est compréhensible que dans ces cas extrêmes la forêt ne puisse entraver avec la moindre chance de succès les attaques de l'érosion ; le climat lui-même s'il est favorable à la forêt, ne l'est pas moins à l'érosion par le moyen des fortes précipitations de la saison pluvieuse.

