

L'érosion sous la forêt tropicale : Gabriel Rougerie, *Le façonnement  
actuel des modelés en Côte d'Ivoire forestière*

Georges Bertrand

---

Citer ce document / Cite this document :

Bertrand Georges. L'érosion sous la forêt tropicale : Gabriel Rougerie, *Le façonnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire forestière*. In: Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tome 32, fascicule 4, 1961. pp. 373-378;

[https://www.persee.fr/doc/rgpso\\_0035-3221\\_1961\\_num\\_32\\_4\\_2056\\_t1\\_0373\\_0000\\_2](https://www.persee.fr/doc/rgpso_0035-3221_1961_num_32_4_2056_t1_0373_0000_2)

---

Fichier pdf généré le 05/04/2018

précision, si le mythe du nuage « poche d'eau qu'on crèverait » est dénoncé comme il faut, il nous semble qu'il aurait fallu insister davantage, ou plus vigoureusement, sur les causes fondamentales des précipitations, à savoir sur les trois types d'ascendance : frontale, d'instabilité verticale (convection), orographique. Trop d'étudiants, et même de manuels en usage dans l'enseignement secondaire, expliquent la pluie par le refroidissement sans préciser la cause de celui-ci; ils disent ou écrivent que la vapeur d'eau se condense « au contact des continents froids » ou sur les montagnes « parce qu'elles sont froides ». Mais le contact froid ne donne que brouillard ou givre et il a un effet d'inhibition à l'égard de la pluie puisqu'il stabilise les masses d'air en refroidissant leur base. S'il pleut beaucoup dans les montagnes, ce n'est pas parce qu'elles sont froides mais parce qu'elles sont hautes et qu'elles forcent l'air à s'élever. Ce qui compte, ce n'est pas l'altitude mais la dénivellation. On sait du reste que les hauts plateaux sont souvent secs, plus même que les plaines en contre-bas.

Les remarques qui précèdent ne doivent pas cependant faire perdre de vue les qualités considérables de ce Précis. On dira bientôt « le Péguy » comme on dit déjà « le Derruau » et, par cette formule familière, seront consacrés les mérites scientifiques et pédagogiques d'un ouvrage bien fait.

G. VIERS.

#### L'ÉROSION SOUS LA FORÊT TROPICALE

Gabriel ROUGERIE, *Le façonnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire forestière*. Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire, n° 58, 1960, IFAN-Dakar, 542 p., 130 tableaux, 134 fig., 36 pl. phot.

C'est une redécouverte de la morphologie tropicale. Cinq cent quarante pages, très denses, résument 9 années d'observations, d'analyses, de réflexions sur un territoire immense -- 110 000 km<sup>2</sup> -- et malaisé à pénétrer : la grande forêt de la Côte d'Ivoire. Par une conception personnelle de l'enquête géographique, M. Rougerie apporte des faits, des idées entièrement neufs.

L'auteur se propose de « définir une dynamique et des modelés climaciques » (p. 493), c'est à-dire d'étudier l'évolution actuelle du relief à l'échelle des processus et dans ses rapports avec le milieu biogéographique. Il part de l'analyse scrupuleuse des mécanismes élémentaires de l'érosion. Les phénomènes les plus humbles sont examinés et mesurés : l'impact d'une goutte de pluie, le battement d'une nappe d'eau... Cette micro-analyse n'est pourtant pas de la « micro-manie ». L'auteur s'élève du processus au système d'érosion qu'il confronte alors avec le relief. Ainsi s'éclaire le plan adopté qui, au premier abord, n'est pas sans surprendre. La première partie (86 p.) est consacrée à une mise en place du « milieu forestier

ébournéen » : climat tropical humide, forêt hygrophile, socle cristallin arasé. L'auteur insiste sur la puissance déterminante du climat, avec ses températures élevées et constantes (26° C), son atmosphère imprégnée d'humidité (1) et voilée de brouillards. Les précipitations abondantes — 1 à 4 m — et souvent violentes, sont rythmées par le balancement du Front intertropical : deux saisons de pluies de mousson, de durée très inégale, alternent avec deux saisons sèches où règne l'*harmattan*. La forêt vit en équilibre avec ce climat. Dans une longue deuxième partie (287 p.), l'auteur aborde la « vie morphogénétique actuelle ». C'est le cœur de l'ouvrage. Y sont analysées successivement la « phase pédogénétique préparatoire », la « destinée des eaux de pluie » et « l'action des eaux sur le matériel ». Ce n'est que dans une troisième partie relativement brève (72 p.) que l'on en arrive, enfin, à l'examen des formes. Cette méthode d'exposition est assez déconcertante. Pendant 468 p., l'auteur adopte une méthode inductive et analytique qui étudie des processus sans références au relief : l'absence d'une étude topographique détaillée est d'autant plus gênante qu'il n'y a pas suffisamment de cartes morphologiques (2). La méthode offre cependant un avantage : elle permet d'éviter le « cercle vicieux » de toute enquête morphologique, c'est-à-dire partir de la forme pour en dégager le processus et, par celui-ci, expliquer la forme. L'auteur a su saisir la chance d'avoir à étudier un relief vivant. Une idée fondamentale se dégage de cette étude des processus, celle de l'action prépondérante des facteurs biologiques (sols, climat, végétation) sur le modelé. L'auteur en arrive même à la notion de climax appliquée au relief. Il parle de « modelés climaciques ». Cette conception synthétique ne peut qu'enrichir la morphologie.

Il y a aussi beaucoup à retenir de ses techniques de travail (pp. 513-533). L'appréciation quantitative est l'un des soucis constants de l'auteur qui a accompli dans ce domaine un labeur considérable. Il a effectué des analyses granulométriques et chimiques (3) et des analyses de débits solides. Des stations expérimentales installées en forêt lui ont permis de mesurer d'une part les ablations et les apports le long d'un versant, d'autre part les transports en solution ou en suspension, soit une abondante moisson de chiffres qui ont servi à dresser plus de cent tableaux et graphiques. Les conclusions qui s'en dégagent, simples et fermes, donnent de la réalité une explication qui paraît très satisfaisante.

Cette explication ne correspond pas à la conception classique de la morphologie tropicale (4). Tout au long d'une discussion serrée,

(1) 80 % d'humidité relative.

(2) Une seule carte, sur un total de 134, représente les grands ensembles topographiques (fig. 33 bis, p. 111).

(3) Dosage de la matière organique, de Si, Ca, Fe, Mg, K, Na.

(4) M. DERRUAU, *Précis de géomorphologie*, pp. 192-200 et P. BIROT, *Précis de géographie physique générale*, pp. 216-229.

L'auteur propose une nouvelle interprétation des reliefs tropicaux. La Côte d'Ivoire peut être considérée comme une région type des Tropiques humides. C'est un ensemble monotone de plateaux et de plaines (100 à 400 m) taillés dans les roches cristallines et métamorphiques du socle africain. Très anarchique dans le détail, le relief se résout en croupes convexes que séparent de larges cuvettes à fond plat où paressent les eaux. De loin en loin, surgissent les *bokas*, pitons cuirassés de latérite. Sur l'horizon NW se dessinent les formes alourdis des massifs de Nimba et de Man (1 300 m). Toutes les roches sont ensevelies sous une épaisse couche de sols qui peuvent atteindre plus de 20 m. Ces sols, gorgés d'eau, sont l'élément vivant du relief. « Les manteaux d'altération représentant en milieux tropicaux humides le facteur déterminant de toute morphologie actuelle » (p. 490), l'auteur ramène l'essentiel de l'évolution morphologique à la pédogénèse. Il est ainsi conduit à rédiger une excellente mise au point de la pédologie tropicale.

S'il reconnaît l'action prépondérante des eaux, il s'attaque aux postulats classiques : l'acidité des eaux et la mobilisation de la silice. Les eaux de pluie sont souvent plus pures qu'en milieu tempéré (pH 5,1 à 7,4). Comme il s'agit de solutions non tamponnées, c'est en définitive les propriétés du sol sur lequel elles ruissellent qui importent avant tout. Or, il semble ressortir d'expériences que la minéralisation de la matière organique en forêt tropicale donne des produits alcalins. Le pH des eaux est très variable : 5,8 à 8,6 pour les eaux d'infiltration superficielles, 4 à 8,5 pour les nappes, 4,8 à 7,6 pour les marigots, 5 à 7,4 pour les grands cours d'eau (p. 127). De ce fait, le pouvoir dissolvant des eaux n'a rien de remarquable. Dans les solutions du sol, on trouve, par ordre d'importance, des éléments alcalins et alcalino-terreux, puis de la silice, enfin du fer et de l'alumine. La silice n'est donc pas mobilisée de manière anormale (5). « Dire que les eaux acides dissolvent la silice, rongent les blocs de quartz, c'est carrément une monstruosité » (pp. 128 et 349). De plus, la silice n'est pas exportable, car sa solubilité diminue avec la concentration acide. Elle se recombine presque sur place en donnant des produits de néoformation.

Quelles sont donc les modalités de l'évolution pédologique et de l'érosion en milieu tropical? L'auteur repousse le terme d'« érosion chimique ». « Nous nous refusons à considérer que ce qui crée le modelé, ici, c'est la dissolution des reliefs par cette eau du sol, la perte occulte des substances, l'évacuation définitive par les eaux de drainage » (p. 265). L'altération par hydrolyse est le processus majeur. L'attaque se situe à l'échelle moléculaire. Il y a destruction des liaisons ioniques qui assurent la stabilité des édifices chimiques et mise en solution des substances. L'échelle de résistance paraît

---

(5) 16,1 mg de silice par litre d'eau pour 100 g de substances dissoutes (chiffre moyen).

s'établir en fonction de la teneur en acide silicique : quartz, muscovite, feldspaths potassiques, plagioclases, biotite, amphibole, pyroxène. Peut-être faudrait-il tenir compte de la teneur en fer (6). L'hydratation s'effectue le long des surfaces de contact des cristaux. Les roches finement cristallines, où abondent les surfaces de discontinuité, vont donc être plus sensibles que les roches grenues. Le résultat final est une décomposition intense des roches, une dissociation plus poussée qu'en milieu tempéré, mais qui chimiquement en diffère assez peu. En effet, la silice est restée en place et la teneur en sesquioxydes n'est pas très élevée, surtout en ce qui concerne l'alumine. Tous ces éléments se combinent et donnent des minéraux argileux. « En milieu tropical humide, le sol est relativement pauvre en hydroxydes libres et riche en kaolinite » (pp. 148 et 408). Le terme de l'évolution est un profond manteau d'argiles rouges et presque jamais une cuirasse (7).

Les cuirasses ne pourraient se former qu'en climat tropical sec. Elles dérivent aussi de l'hydrolyse, mais les produits dissociés ont une évolution différente en fonction du climat, ou plutôt du microclimat du sol : la silice est exportée (milieu alcalin), les sesquioxydes de fer et d'alumine, libérés en plus grand nombre, sont déshydratés et oxydés (aérobiose), leur pectisation donne les cuirasses (p. 149). Il s'agit de deux évolutions pédologiques distinctes sans rapport direct avec la végétation. Dans ces conditions, la disparition du couvert végétal ne peut pas entraîner la *bowal*isation des argiles meubles formées sous forêt dense. La végétation peut donc se reconstituer. Seules, des variations climatiques à l'échelle géologique pourraient expliquer la présence de cuirasses à l'intérieur du domaine forestier. C'est poser en termes nouveaux le problème de la « savanisation » de l'Afrique.

La prépondérance de l'altération chimique ne doit pas masquer un autre aspect de l'évolution du relief : l'érosion mécanique des eaux de pluie sous couvert forestier. Malgré l'abondance des précipitations, les conditions paraissent assez peu favorables : densité du manteau végétal, lourd tribut prélevé par l'évapotranspiration. Cependant, les gouttes de pluie qui tombent sur les feuilles sont canalisées par les nervures, s'agglomèrent, forment des filets qui viennent s'écraser au sol. Or, ce dernier ne possède ni tapis herbacé, ni horizon humifère, et la minéralisation accélérée de la matière organique donne aux horizons superficiels une structure dispersée très fragile. L'érosion par impact des gouttes d'eau et par ruissellement est donc possible. Il s'agit d'un ruissellement pelliculaire diffus et anarchique, qui n'arrive jamais à se concentrer. Sa compétence

(6) Les couches sommitales du Nimba contiennent 67,4 % de Fe.

(7) Les seules cuirasses qui se formeraient en milieu tropical humide seraient celles qui se trouvent dans les bas de versants où il y a concentration de hydroxydes (p. 357).

est surtout liée aux impacts des gouttes qui augmentent la turbulence de la lame d'eau. L'auteur estime que l'érosion commence à se manifester sur des pentes de plus de  $10^\circ$  lorsque tombe une averse supérieure à 10 mm. L'ablation moyenne serait de 1 mm à 3,5 mm par an, mais les mesures sont trop peu nombreuses pour donner une idée de l'efficacité de ce processus. Enfin, l'eau qui s'infiltré est à l'origine de mouvements de masse. Les manteaux d'altération sont entraînés sur les versants qui se boursoufflent de loupes et de coulées. Par opposition au dynamisme des eaux à l'intérieur des sols, l'auteur insiste sur l'extrême faiblesse de l'écoulement linéaire. Dans ce pays plat, dépourvu de nappes phréatiques profondes, les rivières, très lentes, sont étouffées par l'évapotranspiration et l'infiltration. Les coefficients d'écoulement sont très bas, de l'ordre de 8 à 18 %. Les débits sont très irréguliers et les crues brutales. Ces eaux n'ont cependant aucun potentiel érosif, car le ruissellement ne leur livre que des produits en solution ou en suspension, au plus quelques sables. Les rivières se traînent de cuvettes et cuvettes, franchissant les seuils sans les entamer. « Tout se passe en définitive comme si ces rivières étaient des artères où se concentrent les pulsations furtives du ruissellement, non de vrais cours d'eau ayant leur vie propre, mais seulement des sortes de gouttières dont l'approvisionnement est laissé aux hasards météorologiques » (p. 246). En revanche les nombreuses nappes phréatiques superficielles ont une grande importance morphologique. Elles servent de niveaux de base locaux et évacuent les substances. Au moment des crues, elles sapent le pied des versants.

Cette remarquable mise au point du système d'érosion des pays tropicaux humides permet de reconsidérer l'élaboration des formes. Les versants ne fondent pas sur place. Ils obéissent à des lois précises que l'auteur s'efforce de dégager. Les versants sont indépendants du niveau de base général et de l'enfoncement linéaire. Ils évoluent en fonction des nappes superficielles qui constituent des niveaux hydrostatiques locaux mal reliés entre eux et sujets à de fortes variations saisonnières. « Nous croyons que la loi qui régit l'évolution des formes... réside dans le développement d'états d'équilibre circonscrits, étroitement localisés et dans la difficulté, sinon l'incapacité, à parvenir à un état d'équilibre d'ensemble basé sur l'écoulement des eaux courantes » (p. 433). Le versant évolue toujours sous une couverture de débris et c'est « l'altération pédologique » qui règle la marche de l'érosion. Il n'y a pas amenuisement des débris le long de la pente, car les produits de décomposition, très fins, sont fournis dès le haut du versant. Sur les sommets se forment des argiles riches en silice et en fer. Il n'y a jamais de cuirasse. L'abaissement se produit par migration des éléments alcalins et ablation mécanique. Les pentes sont l'objet du lessivage oblique, du ruissellement aréolaire et de la solifluction. C'est au bas du versant, au niveau de la nappe, que se situe l'érosion la plus intense.

A la dissolution chimique des eaux de la nappe s'ajoute le sapement mécanique au moment des crues. Les débris sont étalés ou exportés. Le versant recule parallèlement à lui-même. En période dite de « maturité », il présente un angle basal très net, une pente raide qui devient convexe vers le sommet. Si l'évolution continue, la convexité se généralise le long du versant. Dans les régions tropicales humides, la surface d'érosion terminale se présente donc comme formée de « volumes qui semblent posés sur des planchers horizontaux » (p. 450). Cette interprétation conduit à reconsidérer le problème de la genèse des surfaces posthercyniennes ou éogènes des massifs primaires d'Europe où, jusqu'à maintenant, on a surtout vu des pédiplains à *inselberg* développées en climat semi-aride.

Mais la forme du versant varie avec la nature des sols, qui elle-même dérive du degré d'altérabilité des roches. En définitive, c'est l'érosion différentielle qui détermine les paysages tropicaux. « La seule hiérarchie décelable repose sur la nature différentielle des roches » (p. 425). En plein domaine de la « morphologie climatique », c'est donc la « morphologie structurale » qui vient dicter ses lois. L'auteur ne manque pas de souligner l'inanité d'une telle distinction. Les reliefs dominants sont donnés par les roches vertes du Birrimien (Nimba). Les micaschistes résistent mieux que les granites. Ceux-ci se morcellent en croupes convexes que séparent de larges cuvettes aux versants en auge. Les variétés à hypersthène (massif de Man) donnent des reliefs plus élevés et des pentes plus fortes que les granites leucocrates, qui sont souvent « en creux ». Les schistes, très fragiles, forment des plaines découpées en interfluves allongés.

Ainsi, l'auteur en arrive à s'attaquer au concept de zonalité. Au nom des impératifs climatiques, on a uniformisé l'évolution des reliefs de la zone tropicale humide. Il existe cependant de nombreux facteurs de différenciation. Parmi ceux-ci, il y a surtout les sols. Responsables des types de formes, ils introduisent aussi une certaine variété dans la forêt dense où l'on découvre certaines associations liées au sol (8). Enfin, la forêt éburnéenne leur doit, dans une large mesure, ses limites septentrionales. Les forêts-galeries paraissent surtout liées aux sols alluviaux meubles, humides, et « sur les sols d'altération des schistes » (profonds et riches en eau), « la forêt dépasse le seuil d'ordre climatique » (p. 86).

Ainsi, cette grande thèse de géographie renouvelle les idées sur la genèse des formes du relief en pays tropical humide et apporte de nouveaux thèmes de réflexion.

G. BERTRAND.

---

(8) Association à *Diospyros* et *Mapania* sur sols fins et humides et forêt à *Turraeanthus* sur les sols arénacés plus secs.