

## L'ÉROSION DANS LA VILLE DE BUKAVU

par

Ilunga Lutumba\*

### ABSTRACT

In some parts of the town of Bukavu (Zaire) as the Kadutu zone, erosion phenomena due to man are particularly important. Climate is wet but not too much (1,300 mm) with a short dry season (4 months). Natural vegetation would have been a woodland. Nevertheless, basaltic rocks are here deeply weathered with spheroidal jointed boulders and many red clay layers.

Different progressive phases of erosion are here recognized : sheet wash, rill wash and than gullying. The latter is locally developed in relation with soil underflow and suffosion. Landslides are also numerous and associated with gullies. Impervious layers of clay are partly responsible for gullying and landsliding. Some remedies are proposed.

### A. LE MILIEU

#### I. *Le substratum*

La nature des roches formant le soubassement des sols soumis à l'érosion est basaltique. Il s'agit de basaltes à olivine (A. MEYER, 1954), épais de 300 m et dont la mise en place se serait faite au Pléistocène moyen ou supérieur, âge qui, selon l'auteur, concorderait avec le modelé d'érosion des champs de lave qui est observé sur les contreforts du Mikeno et du Sabinoy, les volcans les plus anciens des Virunga.

\* Institut Supérieur de Pédagogie, B.P. 854, BUKAVU, Zaïre.

A l'examen macroscopique, ces basaltes, là où ils sont assez frais, car leur altération est profonde, présentent une texture vacuolaire peu développée et, par endroits, une structure prismatique. Sous le microscope, ils présentent une texture microlithique porphyrique. De grands phénocristaux de plagioclase et d'olivine sont dispersés dans une pâte faite de microlithes dispersés dans une matière vitreuse.

L'argilisation des roches est très poussée. La profondeur de l'altération est de l'ordre de plusieurs mètres, notamment dans les endroits où l'érosion n'est pas accentuée. Les caractères les plus notoires sont d'une part, l'altération en boules associée à une desquamation en "pelures d'oignon" épaisse de plusieurs millimètres et, d'autre part, la présence de nombreux lits argileux rouges intercalés à diverses profondeurs. L'épaisseur moyenne de ces derniers est de l'ordre du mètre. Une coupe que nous avons faite à partir du Centre Préuniversitaire jusqu'aux Cliniques en compte huit dont deux représentant des sources d'eau.

## II. *Les conditions bioclimatiques*

### 1. Le climat

A Bukavu, les pluies sont abondantes mais sans excès (1320 mm par an). Selon nos estimations, plus de 80 % de ce montant tombent sous forme d'averses. Il aurait été souhaitable de pouvoir bénéficier de données pluviographiques plus détaillées, afin de déterminer leur intensité qui est un élément déterminant de l'érosion.

En utilisant l'indice d'aridité de Martonne, nous avons pu établir qu'il existe à Bukavu :

- a) trois mois secs : juin (10, juillet (7) et août (11),
- b) deux mois humides : mai (33) et septembre (39),
- c) et enfin sept mois très humides : octobre (53), novembre (70), décembre (64), janvier (52), février (50), mars (61) et avril (58).

Le fait que le climat connaît deux saisons bien tranchées favorise l'érosion en ce sens que pendant la saison sèche le sol se dessèche, se crevasse et facilite la tâche à l'eau de ruissellement qui va arracher des mottes de terre sans trop d'efforts pendant la saison humide.

### 2. La couverture végétale

En essayant de mettre en relation l'indice d'aridité moyen annuel avec la formation végétale correspondante on devrait selon H. PERRIN, repris par R. THOMAS (1949), avoir comme climax, une végétation forestière. <sup>(1)</sup>

(1) En effet, Thomas écrit ceci : " Selon H. PERRIN, la valeur 20, en tant qu'indice annuel est le minimum exigé par la végétation ligneuse ; lorsqu'elle dépasse 30, la végétation forestière tend à prédominer et se développer parfaitement ; quand cette valeur excède 40, la végétation forestière qui constitue alors la formation climatique finale (climax) tend à exercer un règne exclusif".

R. THOMAS, prolongeant les travaux de H. PERRIN a abouti provisoirement aux conclusions suivantes pour le Zaïre :

Un indice annuel dépassant 50 correspond à une ombrophilie franche des formations forestières.

Un indice annuel compris entre 40 et 50 indique une tropophilie plus ou moins marquée des formations forestières.

Pour un indice annuel compris entre 40 et 30, la végétation est toujours ligneuse mais la formation est du type "ouvert", englobant toutes les formes de ce type, depuis la savane-parc et la savane boisée, jusqu'aux savanes arbustives très claires et très basses, lesquelles n'offrent au sol qu'une protection très faible.

La conclusion est que, selon l'un ou l'autre de ces auteurs, nous devrions donc avoir comme formation végétale dans la ville de Bukavu, une végétation forestière. La preuve en est qu'il a existé en certains endroits des vestiges de ces forêts mais présentant une tropophilie plus marquée (R. THOMAS, 1949). Mais pourquoi la forêt a-t-elle disparu dans la région ?

Plusieurs explications se présentent : soit les feux de brousse, soit les pâturages (facteur anthropique), soit encore le sol (facteur édaphique). Le fait que le reboisement a donné de bons résultats nous fait écarter la cause édaphique et laisse tomber l'accusation uniquement sur le facteur anthropique.

De ce fait, il n'est pas rare de voir les feux de brousse et le cheptel ravager la maigre végétation qui recouvre le sol et faire disparaître par la même occasion l'humus et la litière dont le rôle est évident dans la protection du sol.

## B. LE MODELE DU A L'ACTION DE L'EAU

Le modelé est représenté par des formes causées par différentes sortes d'érosions superficielles et par celles dues aux glissements de terrain. Nous allons les classer d'après le degré de progression de l'érosion.

### I. *Phase de sheet erosion (érosion en nappe)*

Cette érosion est pernicieuse et difficile à déceler. En effet, dans des champs cultivés, nous n'avons remarquer ni les teintes claires du sol ni le dégagement superficiel des cailloux recommandés par J. POUQUET (1952 et 1967) comme critères de mise en évidence de l'érosion en nappe. Cependant, l'un des critères du même auteur, l'analyse granulométrique du sol, nous semble applicable.

Il n'est pas rare, cependant, de pouvoir faire une observation telle que celle-ci : un champ fraîchement labouré laisse apparaître de nombreuses mottes de terre ; après une averse de deux heures sur ce champ dont la pente

moyenne était de 20°, une partie des mottes de terre avaient été désintégrées sous le choc des gouttes de pluie, libérant des éléments fins que le ruissellement en nappe avait entraînés.

## II. Phase de rill erosion (ravinement élémentaire)

Cette phase ainsi que la suivante sont les plus importantes.

Nous l'avons rencontré un peu partout. Un exemple typique est celui de la zone située en contrebas de l'Institut Wima, près du quartier industriel. Cette zone limitée par deux ravins profonds est parcourue par plusieurs sillons dont la profondeur et la largeur sont de quelques décimètres. Certains sont subparallèles, d'autres convergent puis divergent alternativement. L'orientation générale se fait suivant la pente. Nous avons aussi constaté que la densité de ces rills s'accroissait au fur et à mesure que l'on descendait la pente.

Quant à l'installation des rills en général, nous avons remarqué, par temps de pluie, que le ruissellement débute dans des sentiers, le long des routes qui n'ont pas de caniveaux et dans les sillons séparant les champs. Nous n'avons pas observé une seule fois un ruissellement débutant directement en plein champ. De ce fait, le sol étant assez profond et présentant une structure grumeleuse absorbe pas mal d'eau. Les sentiers, par contre, constituent l'endroit de prédilection du ruissellement car le passage répété des hommes a contribué à compacter le sol et ainsi à en diminuer la porosité. Les empreintes de pas laissées par le cheptel sont, nous semble-t-il, une autre cause de l'installation du rill. Ces empreintes facilitent la concentration de l'eau et occasionnent l'établissement de rills associés au ruissellement diffus. Toutefois, là où le rill n'est pas installé, nous pensons que ces empreintes ont dû favoriser la reptation du sol.

Pour terminer, parlons brièvement du stade des calanchis qui n'est, en fait, qu'un des aspects de l'évolution des versants.

Nous avons rencontré ce stade surtout le long des routes, sur les fronts de taille des déblais à pentes fortes entièrement aménagés dans les sols épais et homogènes. Il s'agit d'arêtes croûlantes installées dans la terre qui s'est détachée par glissement de ces fronts. Notons que les conditions d'installation des calanchis avancées par J. POUQUET (1952) sont réalisées. Cet auteur écrit en effet ceci : "... ce qui nous permet de situer deux des facteurs nécessaires à l'élaboration de ce système d'érosion : le facteur pétrographique, marnes, argiles, terrains facilement délayables ne comportant que très peu d'éléments hétérogènes tels que débris caillouteux, et le facteur topographique, valeur de la pente. Il est difficile de donner une précision à ce sujet mais on peut avancer que les pentes faisant un angle inférieur à 15 - 20° avec l'horizontale ne sont pas favorables à l'établissement des arêtes croûlantes, pas plus d'ailleurs que celles supérieures à 50 - 55°, auquel cas l'évolution se fait par glissement de paquets volumineux ; les tranches res-

tantes étant alors affectées par un rill temporaire". Dans notre cas, les pentes des fronts de taille étant très fortes (60 - 80°), il y a d'abord eu glissement du talus à une valeur comprise entre la pente moyenne de 30° et 40°. Et c'est dans cette dernière pente faite de matériaux homogènes que se sont formées les arêtes croûlantes.

### III. Phase de gully erosion (ravinement installé)

C'est le stade ultime de l'érosion. Il convient de distinguer deux sortes d'érosion : les ravins dus uniquement au ruissellement et ceux dus à l'activité conjuguée du ruissellement et de l'écoulement hypodermique.

Les premiers sont des ravins assez profonds représentant les zones d'écoulement superficiel. En les parcourant, nous avons constaté que leurs pentes ne sont pas régulières mais coupées d'abrupts de 1 à 2 m en moyenne. Ceux-ci correspondent à une corniche dans la roche basaltique. Ils se terminent vers le bas par une encoche dans les lits argileux qui forment aussi des sortes de replats.

Quant à l'évolution de ces ravins, nous avons distingué deux cas. Le premier est celui du ravin établi dans une roche assez saine. Dans ce cas, son évolution est étroitement liée aux ruptures de pente successives dues aux lits rouges qui constituent ainsi des zones de départ pour l'érosion régressive. Le deuxième cas est celui des ravins établis dans une zone de sol épais. Le sol des versants raides (70° à 90°) présente, à la fin de la saison sèche, des fissures de dessiccation béantes et assez profondes. Dès les premières pluies, une partie de ces versants va glisser au fond des ravins pour être finalement emportée par les eaux.

Le second type de ravinement installé est, comme nous l'avons dit, celui des ravins dus à l'effet conjugué du ruissellement et de l'écoulement hypodermique. Il consiste en une série de ravins profonds de plusieurs mètres, plus longs que larges, et qui sont surtout l'oeuvre de l'érosion souterraine. Un bon exemple de ce type a pu être examiné à Funu 1er. Il s'agit d'une route macadamisée qui est coupée sur plusieurs dizaines de mètres par un ravin. L'examen minutieux du lieu nous a révélé la présence d'une source d'eau liée à un écoulement souterrain peu profond. Les eaux de cette source entraînent un certain nombre de particules minérales (suffosion). Ce départ de substances peut même se prolonger assez loin sous le niveau du sol et provoquer la mise en porte-à-faux des terres surincombantes.

Nous attribuons à cette crypto-érosion le fait que les maisons s'enfoncent dans le sol, que les routes s'affaissent, se détériorent et que les conduites d'eau se coupent, accentuant ainsi par l'effet de leurs eaux cette érosion souterraine.

Après avoir parcouru les formes causées par les différentes phases d'érosion par l'eau courante, voyons celles dues aux glissements de terrain. Nous n'allons pas parler ici des formes occasionnées par des mouvements lents

(soil creep ou slow flowage), ni par des coulées boueuses (rapid flowage), mais uniquement par des décollements massifs (sliding, slumping). Dans la ville de Bukavu, ces derniers présentent généralement des niches de décollements, des formes concaves dont la concavité est tournée vers l'aval de la pente. Leur valeur de commandement est de l'ordre d'une trentaine de mètres. La zone de slumping ne présente nulle part des blocs basculés mais une topographie concave se reliant directement à l'aval, à la forme convexe moutonnée caractéristique de la zone où s'est déposée une partie de la matière emportée par le glissement de terrain accompagné de coulées boueuses. Ce mouvement de masse correspond pratiquement au type 1b de J. POUQUET (1952) établi dans les conditions ci-après :

1. manque de couverture végétale,
2. pente supérieure à 30°.

Bien que ces deux conditions soient réalisées dans le cas présent, nous avons trouvé d'autres causes beaucoup plus importantes que voici :

- les lits argileux rouges jouant un rôle de couches lubrifiantes,
- la pression hydrostatique,
- des fissures internes,
- l'alternance des saisons,
- l'altération profonde des basaltes (argilisation des basaltes).

Ce sont ces cinq causes, qui, ajoutées aux deux premières, sont responsables des glissements.

En parcourant la base des amphithéâtres de décollement, nous avons constaté chaque fois qu'ils étaient occupés par des sources d'eau localisées dans les lits argileux rouges. Nous avons conclu que les eaux d'infiltration passent à travers les basaltes qui sont perméables en grand et viennent s'accumuler au niveau des lits argileux rouges. Là elles exercent une forte pression qui, conjuguée avec les effets de la forte pente (30° aux endroits non affectés par l'érosion) et des couches lubrifiantes, contribuent au glissement des roches que les fissures internes ont déjà séparées en blocs.

Notons en passant que d'autres lits argileux rouges se rencontrent au sein même de la masse emportée par le glissement. Il nous semble donc que tous ne remplissent pas la condition de piège vis-à-vis de l'eau. Ces lits argileux sont subhorizontaux, ce qui entraîne un alignement des sources ainsi que des amphithéâtres, de sorte que l'on pourrait penser à un affaissement rectiligne dû à une faille.

Au terme de cette étude qui nous a conduit à rechercher les causes de l'érosion dans la ville de Bukavu et principalement dans la zone de Kadutu, nous sommes arrivés aux conclusions et propositions suivantes :

## A. CONCLUSIONS

1. La zone de Kadutu étant bâtie sur les zones de glissement est aisément la proie de l'érosion exercée par l'eau courante. Il est donc normal que cette dernière y soit plus poussée que dans les autres parties de la ville.
2. L'absence de la végétation forestière serait due à des causes anthropiques, notamment aux feux de brousse et aux pâturages.
3. Le manque de couverture végétale intense, les fortes pentes, le rôle de couche-savon des lits argileux rouges et la perméabilité en grand des basaltes entraînant une forte pression hydrostatique nous semblent être les facteurs qui ont joué un grand rôle dans la formation des glissements de terrains.
4. L'argilisation très poussée des basaltes explique la vulnérabilité à l'érosion des terrains. Ce phénomène joint à l'absence de couverture végétale suffisante et à la culture des fortes pentes, explique la très grande charge solide des eaux de ruissellement. Cette charge aura elle-même comme effet d'obstruer les collecteurs et d'entraîner leur destruction.
5. L'existence de l'inféro-flux et de sa crypto-érosion ont eu une influence déterminante dans les glissements de terrains entraînant ensuite la formation de véritables lavakas.
6. L'alternance des saisons entraîne les grandes fissures béantes qui affectent les lits argileux rouges et déterminent ainsi l'apparition de l'évolution du ravinement.

## B. PROPOSITIONS

D'après tout ce que nous venons de voir, les solutions suivantes pourraient être envisagées dans la zone de Kadutu.

1. Pour lutter contre l'érosion superficielle, il faut
  - par mesure de prévention :
    - 1) établir tout un système de canalisations à partir de chaque parcelle ;
    - 2) chaque habitant plante du paspalum dans sa parcelle pour diminuer la charge solide qui obture et détruit les canalisations ;
    - 3) ne pas cultiver sur les pentes fortes et y planter des arbres antiérosifs.
  - pour remédier, distinguer trois cas :
    - 1) contre l'érosion en nappe (sheet erosion), il est préférable de cultiver en terrasses et de ne pas beaucoup ameublir le sol ;
    - 2) contre le ravinement élémentaire (rill erosion), l'égalisation des ravins ainsi que la plantation d'arbres et d'herbes antiérosifs est à recommander ;
      - a) de détourner les eaux à l'amont des ravins pour qu'ils restent à sec,
      - b) d'adoucir les pentes de leurs versants afin d'éviter les éboulements,
      - c) et enfin de planter sur ces mêmes versants les arbres et les herbes antiérosifs.

2. Pour combattre l'inféro-flux, il faut créer un système de puits bétonnés placés de préférence en quinconce et remplissant les conditions ci-après :
  - 1) arriver jusqu'au niveau de l'inféro-flux,
  - 2) être ouverts à l'amont et fermés à l'aval pour permettre à l'eau souterraine d'entrer et non de sortir. De la sorte, l'eau montera petit à petit dans les puits d'où l'on pourra la pomper.

## BIBLIOGRAPHIE

- DUCHAUFOR, P. (1970).- Précis de Pédologie. Paris, 481 p.
- JUNG, J. (1969).- Précis de Pétrographie, Paris, 332 p.
- MEYER, A. (1954).- Les basaltes du Kivu Méridional, *Serv. Géol. du Congo belge*, Léopoldville, 52 p.
- PEGUY, Ch. P. (1970).- Précis de Climatologie. Paris, 347 p.
- POUQUET, J. (1967).- L'érosion des sols. Paris.
- POUQUET, J. (1952).- Les monts du Tessala. Paris.
- THOMAS, R. (1949).- Petite contribution à l'étude de l'écologie de la région de Costermansville. *Bull. Agr. Congo Belge*, vol. 40, n° 1.
- THOMAS, R. (1949).- Contribution à l'étude de l'Ecologie des formations forestières et savanes congolaises. *Bull. Agr. Congo Belge*, vol. 40, n° 1.
- TRICART, J. (1974).- Le Modelé des régions chaudes, forêts et savanes. Paris, 322 p.

## DISCUSSION

**I. Douglas :** In your fine contribution you rightly insisted on the importance of subsurface water movement in basaltic and volcanic rocks. In examining the geomorphological problems of cities, the evaluation of the paths taken by water towards streams is particularly important. I would therefore suggest that in addition to the suggestions you have made for the reduction of geomorphological hazards, that you should consider ways slowing down the rate at which run-off reaches urban streams.

**J. Dresch :** Demande au citoyen Ilunga quelles sont les relations entre les pentes, leurs variations sur les versants et les types d'érosion, en nappe, par ruissellement ou solifluxion.

**Cit. Ilunga Lutumba :** Je n'ai pas fait l'étude systématique des pentes, ce qui ne me permet pas de les mettre en relation avec les types d'érosion.

**G.E.K. Ofomata :** Did you observe any difference in the type and degree of erosion over the various sectors of your study area ? If so, would you not attribute such variation to other factors other than man ? I ask the question because in Southeastern Nigeria, we observe such variations which result mainly from physical factors. Would this be the case in the Bukavu area ?

**Cit. Ilunga Lutumba :** Si. En effet, dans ma communication, j'ai donné plusieurs causes non anthropiques telles que :

- la perméabilité en grand des basaltes,
- le rôle de couche-savon des lits argileux rouges intercalés dans les basaltes et la pression hydrostatique s'exerçant à leur niveau.

Cependant, ces facteurs physiques ne nous permettent pas de différencier les types d'érosion d'un endroit à l'autre.