

## ESSAI DE DATATION DES FORMES D'EROSION DANS LES CHUTES ET LES RAPIDES DU SHABA

par

J. Alexandre et A. Lequarré\*

### ABSTRACT

Erosion in the falls and the rapids is rather slow and very localized. The relative dating of the different observed forms is possible in intertropical regions thanks to thin coatings and some scarce sediments which cover them.

The coatings are composed of iron, manganese or silica. Almost all of them result from an intense evaporation, but the processes which have brought those substances to the outcrop surface can be rather different. Four types of coatings can be distinguished :

- a) the first type has a black or dark brown colour (iron and manganese), it is to be associated with the areas covered with water, especially channels and little pools.
- b) a second type has a reddish colour, where iron is brought by seepage at the lower part of alluvial deposits or saprolites.
- c) a third type is transparent and is composed of hydrated silica. It is due to a migration from the interior of siliceous rocks.
- d) finally, a last type has a rusty colour and is localized in the joints and comes from the migration of the iron oxides during a period when the bed-rock was covered with alluvia and saprolites.

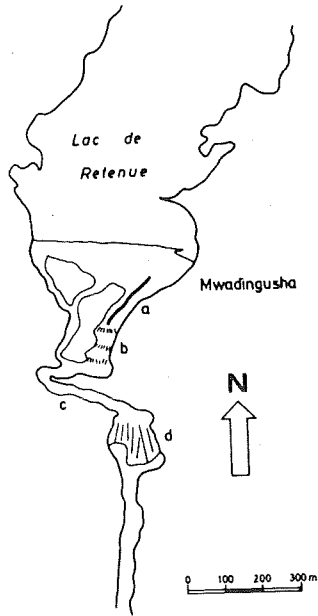
The first type is due to present-day processes. The second and the fourth type, on the contrary, seem to have been associated with a more humid climatic stage ; all of them cover areas where erosion is presently non-existent.

The sediments are very different with respect to their nature and their origin :

- a) on the one hand, ill-rounded pebbles cemented by iron oxides constitute the remaining part of an alluvial deposit of a dry climatic stage ; they are consequently rather ancient.
- b) on the other hand travertines built thanks to the high content of calcium of the Shaba rivers and also zoned calcite, which is formed in a subkarstic environment. They can be rather recent.

The absence or partial erosion of those coatings and deposits makes it possible to determine the zones of present-day erosion.

\* Laboratoire de Geomorphologie tropicale, Université, 7 Place du 20-Août, 4000 LIEGE, Belgique.



**FIGURE 1.**— Plan d'ensemble de la chute de la Lufira à Mwadingusha. a, seuil supérieur avec chenal (trait renforcé) ; b, chute supérieure à deux paliers ; c, gorge intermédiaire ; d, chute inférieure.

Chutes et rapides des régions chaudes et humides sont considérés comme évoluant très lentement. Cependant, dans la zone occupée aujourd'hui par la savane et la forêt claire, les rivières montrent les signes d'une reprise d'érosion presque généralisée. Il était donc intéressant d'observer le comportement récent des seuils rocheux, une partie de ceux-ci constituant des niveaux de base régionaux dont dépend l'enfoncement des rivières.

En principe, les formes où l'érosion semble l'emporter à tout moment sur l'accumulation, sont peu propices à conserver des traces d'une évolution antérieure. Toutefois, l'un d'entre nous avait attiré l'attention sur la variété de patines et de dépôts que l'on peut rencontrer sur de tels seuils rocheux (J. ALEXANDRE, 1975). Nous avons tenté, ici, d'en faire l'inventaire complet et tout en cherchant leur signification géomorphologique, de les utiliser pour préciser quels sont les processus encore actifs à l'heure présente.

Tous les seuils rocheux ne sont pas également riches en formations de types différents. Dans les rapides ainsi que dans les chutes de structure subhorizontale, elles sont beaucoup moins variées que dans les chutes sur substratum vertical où l'absence de recul assure une plus grande stabilité.

Les chutes de la Lufira moyenne à Mwadingusha en sont un exemple. Elles offrent à l'observation une grande diversité de sédiments sous forme de lambeaux ou de pellicules. Cette observation est d'autant plus aisée qu'une grande partie du débit de la rivière est détournée vers les conduites forcées d'une centrale hydro-électrique. D'autre part, ces chutes présentent sur une dénivellation d'une centaine de mètres, une succession de sections assez dissemblables :

- a) au sommet, plusieurs bras de faible profondeur à cause des grandes vitesses qui y sont atteintes (sur grès grossier).
- b) une suite de trois chutes (alternance de quartzite et de schiste).
- c) un chenal unique, étroit et profond (parallèle à la direction des bancs schisteux avec nombreuses intercalations minces de quartzite).
- d) et enfin, une chute assez haute et beaucoup plus large que les précédentes et où l'écoulement est, au contraire, très étalé.

Après que le comportement récent et actuel de chacune de ces sections ait été déduit de la position et de l'extension des dépôts qui subsistent, les conclusions seront confrontées aux autres observations faites dans le haut Shaba.

Les sédiments détritiques sont rares : des galets arrondis au fond des marmites et des *plunge pools*, des blocs déchaussés, brassés puis éjectés du chenal principal dans la zone supérieure (a)<sup>1</sup>. Des galets et des graviers anguleux subsistent très localement grâce à une cimentation calcaire (rare) ou ferrugineuse qui les lie au *bed-rock*. Leur origine plus ou moins lointaine, leur faible émoussé et leur mauvais classement en font les témoins d'alluvions déposées sous un climat plus sec que l'actuel. Ces alluvions ont pu être plus épaisses que ne le laissent présumer les vestiges actuels car la cimentation des nappes alluviales récentes est assez lâche.

Les formations carbonatées sont des travertins et des dépôts qui leur sont associés. Déterminer si un travertin se forme encore aujourd'hui n'est pas toujours chose aisée. En effet, sauf pour les travertins de source -qui sont encore en cours d'édification-, les autres sont installés dans des sites où la turbulence entraîne des destructions locales alors même que l'accroissement s'effectue encore par ailleurs. Ici également, les accumulations de débris à peine soudés voisinent avec les constructions aux zones concentriques. Toutefois, les niveaux actuels très bas n'aident pas l'imagination à replacer ces formations dans leur milieu propre. Quelques incrustations se produisent, cependant, à l'heure actuelle le long de cascates.

Les travertins sont favorables à une colonisation végétale (de graminées notamment) qui, par l'intermédiaire de l'humus, est responsable d'une érosion chimique de leur support. Les eaux de suintement donnent, après évaporation, de longues traînées blanches.

1 Afin de ne pas alourdir le texte et d'éviter toute ambiguïté, les différentes sections de la chute de Mwadingusha seront désignées par la lettre minuscule qui a servi à leur énumération.

Il existe d'autres précipitations qui semblent s'être formées sans l'intervention des algues. Elles se présentent sous la forme d'une superposition de lits très fins (1 mm d'épaisseur) et quelquefois très nombreux (plus d'une centaine). La régularité de leur épaisseur suggère une périodicité (annuelle ?) d'autant mieux que chaque joint de stratification peut être souligné par une mince pellicule brun-noirâtre d'hydroxydes de fer et de manganèse. Lorsque l'érosion ultérieure des formations carbonatées n'a pas été trop importante, on peut se rendre compte que ces lits fins ont une géométrie cylindrique aux formes de détail contournées : il s'agit en fait de précipitations sur les parois de galeries souterraines à faible profondeur. Cette disposition suggère deux phases de formation, une première où domine l'érosion chimique locale et une seconde qui en soit dépourvue. Il y a, en effet, peu de stratifications entrecroisées dans le dépôt lité et par ailleurs le carbonate de calcium peut provenir de l'amont du bassin. En saison sèche, les eaux de la rivière actuelle sont riches en calcium (30 à 40 mg/l, J.J. SYMOENS, 1968).

Les patines qui couvrent le *bed-rock* en maints endroits appartiennent à quatre types principaux. Certains peuvent se combiner entre eux.

### 1.- Les patines brun foncé à noir.

(dans les gammes 7,5 Y R à 10 Y R de la *Munsell Colour Chart*). Ces couleurs sombres et mates sont dues aux hydroxydes de fer et de manganèse, selon des proportions qui semblent s'être modifiées avec le temps : les plus anciennes étant plus brunes, les récentes plus noires.

Ces patines couvrent les points bas du *bed-rock*, toutes les zones où l'eau subsiste très longtemps lors de l'étiage : chenaux d'écoulement, cuvettes de toutes tailles. Le niveau supérieur atteint par la patine est contrôlé par celui de l'exutoire. Il peut dépasser deux mètres de haut dans le chenal principal. Les fonds en sont entièrement tapissés sauf là où l'érosion récente (fonctionnement des marmites, martèlement des schistes, déchaussement de blocs) a rafraîchi localement l'affleurement du *bed-rock*. Des recouvrements nouveaux indiquent un dépôt qui se forme -encore actuellement- en concurrence avec une destruction concomitante. Certaines de ces patines se trouvent à présent à plus de 2 m au-dessus du fond du lit, à des niveaux qui ne sont plus atteints à l'étiage. Elles peuvent couvrir un *bed-rock* schisteux crevasé par une dessiccation après altération partielle (observables dans le secteur intermédiaire, c). Il y a donc eu plusieurs générations de patines sombres dont certaines, anciennes, sont associées à des climats différents de ceux qui se sont produits récemment. Malgré certains signes d'aridité, il est peu plausible qu'il ait fallu un assèchement complet du lit de la Lufira pour que cette patine puisse s'installer dans les parties les plus basses. L'intervention d'algues installées sur le *bed-rock* à faible profondeur est beaucoup plus vraisemblable. On observe aujourd'hui encore une telle colonisation dans un chenal encore actif du bas de la chute (d). L'enduit est ici rouge violacé, mais il est susceptible de se transformer. Une recherche sur ce sujet est en cours.



## 2.- Les patines rouges.

(10 R) se rencontrent presque exclusivement sur les points hauts de la partie supérieure de la chute (a). Ces points hauts peuvent se regrouper en un niveau d'abrasion fluviatile dans lequel se sont encaissés les chenaux. Ce niveau à la microtopographie assez complexe est couvert d'un enduit rouge très imparfait de telle façon que toute interruption de la patine ne peut être identifiée à une plage d'érosion. Il n'existe, dans les processus actuels, aucune indication quant à l'origine de ces patines rouges. Leur position en surface, au bas de versants –que ce soit en marge du lit majeur ou au pied d'îles portées en relief– les fait coïncider avec la zone où devait s'étaler l'eau des sourcins et où les sels de fer réduits se précipitent sous forme de gel colloïdal orange vif grâce à l'intervention d'une certaine algue. Le phénomène a été observé ailleurs en maints endroits, toutefois la température et le pouvoir desséchant de l'atmosphère ne sont plus actuellement suffisants pour entraîner la cristallisation des hydroxydes de fer.

## 3.- Les patines brillantes.

Transparente la plupart du temps se rencontrent sur les bancs gréseux ou quartzitiques, dans une zone altitudinale directement au-dessus du niveau d'étiage. Dans les parties atteintes par les éclaboussures, les eaux –riches en base– semblent avoir mobilisé sélectivement la silice de la roche pour donner ensuite une sorte de vernis brillant. Ce vernis peut se superposer aux patines rouges ou même aux patines noires, ce qui suppose que la silice puisse migrer à travers ces dernières. Sur les roches riches en sel de fer, le vernis s'accompagne d'une teinte brun clair (7,5 Y R) qui tranche sur le rouge violacé du *bed-rock*.

## 4.- Les enduits jaunes et rouille.

(de 2,5 Y à 5 YR) sont en certains endroits assez diffus, en d'autres assez intenses. Il ne s'agit pas ici d'une patine apparue à l'air libre mais de précipitations formées à une certaine profondeur, le long des joints du *bed-rock*. La venue des enduits jaunes en affleurement est ici l'indice d'une érosion par déchaussement de blocs. Comme c'est probablement aussi le cas pour les patines rouges, ces enduits supposent des conditions climatiques suffisamment humides avec quelque hydromorphie pour procurer les sels de fer réduits.

La signification paléogéographique probable et l'ancienneté relative de chacun des dépôts vont nous permettre de tenter une restitution de l'évolution géomorphologique récente des chutes de Mwadingusha.

Dans le secteur supérieur de la chute (a), les sédiments anguleux épars indiquent que la partie supérieure du *bed-rock* a été momentanément fossilisée, au plus tard lors de la dernière phase climatique sèche. La formation

d'un complexe de patines rouge et brun foncé, donne un nouveau repère dans le temps. Ces patines peuvent être considérées comme contemporaines car si la rouge couvre les points hauts et si la brun foncé se trouve en contrebas, il existe une zone intermédiaire où les deux sont superposées dans un ordre indifférent. La production locale des sels de fer nécessaires à ces patines pourraient impliquer un environnement réducteur, plus humide que sous le climat actuel. D'autre part, avant que le complexe de patines ne témoigne de l'immunité ultérieure d'une très grande partie du *bed-rock*, ce dernier avait été découpé des sédiments de phase sèche et l'abrasion sous l'impact des cailloux avait repris son usure, laissant un chenal central continu, fait d'une juxtaposition de marmites.

Après le dépôt des patines rouges et brun foncé, la partie aval du chenal central a été élargie et surtout approfondie par déchaussement. Au-dessus d'un certain niveau, la roche disparaît sous une patine noire et mate. Le travail se poursuit cependant en profondeur et les blocs qui en sont arrachés ne portent aucune patine même lorsqu'ils se sont déposés dans les petites dépressions basses qui se trouvent en marge du chenal.

Le secteur de transition entre les deux ensembles de chutes (c) ne possède en fait de dépôts que des patines noires. Celles-ci qui relèvent peut-être de deux générations successives subsistent assez largement même dans les endroits les plus vulnérables : marmites géantes dans les grès, fond nivelé sur schistes. Une érosion aussi limitée ne laisse de surprendre quand on considère la source potentielle de galets à l'amont et, nonobstant la pente longitudinale faible, la force vive des eaux lorsque le chenal est fonctionnel.

Les secteurs occupés par les chutes proprement dites, ont des réactions assez dissemblables. Dans le secteur amont (b) où l'écoulement est assez concentré, l'érosion actuelle est omni-présente ne laissant persister que çà et là un peu de noirci de patine ou un encroûtement peu épais de travertin. L'érosion serait même assez violente, si on en juge par le surcreusement de plus de dix mètres qui a affecté les bancs schisteux le long d'un chenal en amont d'un niveau plus gréseux.

Dans les chutes inférieures (d), les patines noires et les formations carbonatées montrent la multiplicité des sites. Un flot étalé avec de nombreux chenaux favorise, à l'étiage, la localisation des dépôts et, à la crue, celle de l'érosion mécanique. Cette dernière n'est que peu différente de la première, ce qui laisse peu de dépôts intacts dès le moment même de leur apparition. Certains chenaux finissent par être désaffectés au profit d'autres voies guidées par les joints du *bed-rock*. Ces variations se traduisent notamment par la superposition, sur les bancs gréseux, d'un vernis brillant et d'une patine noirâtre. D'autre part, ce déplacement des zones d'érosion entraîne un recul plus ou moins généralisé du *bed-rock*, recul qui dépasserait les dix mètres depuis la formation de la patine rouge, présente au pied-même de la chute.

Tout en posant une série de problèmes relatifs à leur genèse, les patines et les autres dépôts couvrant les seuils rocheux permettent donc de déterminer les processus qui ont agi en même temps dans les différents sites d'une chute complexe comme celle de Mwadingusha. Les processus agissant actuellement ont notamment pu être précisés.

Du fait de leur grande différenciation, les chutes de Mwadingusha ont livré une série de critères dont certains se retrouvent souvent seuls sur d'autres seuils rocheux du Shaba. Leur signification, qui aurait été restreinte lorsqu'ils sont isolés se trouve enrichie grâce à une connaissance améliorée des relations réciproques avec les autres critères. Il est maintenant possible d'établir la quasi-immunité des cascades de la Lubumbashi au Lido (placages de galets fluviaux de phase sèche), l'érosion continue du lit dans les rapides du Luvua près de Kiambi ou du Lualaba près de Nzilo II (uniquement patines transparentes sur sites élevés) ou l'évolution lente de la partie des chutes de la Kikapo dans la dépression de la Pande (plus d'un quart du *bed-rock* couvert d'une patine noire).

## BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE, J. - L'érosion des seuils fluviatiles sous différents climats intertropicaux. *Abhandl. der Akad. der Wissenschaften in Göttingen, Math. Phys. Klasse*, 3 Folge ; 29 pp. 174-184.
- BELLIÈRE, J. (1966) - Les sédiments kundelungiens dans l'arc Mwashia. Bunkeya. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 89, 8, pp. B 357-373.
- PUTZER, H. (1971) - Kolke in Cabora - Bassa - Canyon des mittleren Sambesi. *Zeitschr. für Geom.* 15, 3, pp. 330-338.
- SYMOENS, J.J. (1968) - La minéralisation des eaux naturelles. Exploration hydrobiologique du bassin du lac Bangweolo et du Luapala, vol. II, fasc. 1, Bruxelles 199 p.
- TRICART, J. (1959) - Observations sur le façonnement des rapides des régions intertropicales. Comité des Travaux historiques et scientifiques. *Bulletin de la Section de Géographie*, Paris, 71, pp. 289-313.
- ZONNEVELD, J.I.S. (1969) - Soela's in de Corantijn (Suriname) Kon Nrd Aardr. *Gen. Geog. Tijdschr.*, 3, pp. 45-55.