

L'ÉROSION RAVINANTE DANS LA VILLE DE KOLWEZI AU SHABA (ZAÏRE)

MBENZA M., MITI T. et ALONI K.*

ABSTRACT

Like many intertropical towns with a sandy substratum (Kinshasa, Brazzaville), Kolwezi is the theater of a man-induced gullyng, sometimes spectacular as the one which is menacing the only transcontinental railway of Central Africa. Conditions and processes of an accelerated erosion as well as those of a stabilization are examined in detail with the goal of helping the responsible authorities.

RÉSUMÉ

Comme la plupart des villes intertropicales sur substrat sableux (Kinshasa, Brazzaville), Kolwezi est le théâtre d'une érosion ravinante d'origine anthropique parfois spectaculaire telle celle qui menace la seule voie ferroviaire transcontinentale de l'Afrique Centrale. Les conditions et les processus d'une érosion accélérée ou au contraire d'une stabilisation sont examinées dans le détail afin d'éclairer les pouvoirs responsables.

INTRODUCTION

La ville de Kolwezi, fondée en 1937, est un grand centre d'extraction minière situé à l'extrémité occidentale du Copperbelt zaïro-zambien. Son espace urbain est formé d'un grand nombre d'îlots d'habitation (villes modernes, cités des travailleurs, centres d'autoconstruction, villages interurbains) plus ou moins éparpillés en une structure polynucléaire sur une grande partie de la concession minière en exploitation (BRUNEAU & MANSILA, 1986).

L'extraction intense en carrière et en mines, des minerais s'y observent au travers de vastes excavations, d'importants affaissements ainsi que d'énormes monticules de déblais stériles (Fig. 1) Ces transformations font de Kolwezi une ville parmi les plus menacées par l'érosion anthropique au Zaïre. Plusieurs quartiers situés à l'intérieur des polygones miniers touchés par cette érosion, sont même appelés à disparaître selon le

* Département de Géographie, Laboratoire de Pédologie et de Géomorphologie, Université de Lubumbashi, B.P. 1825, Lubumbashi, Zaïre.

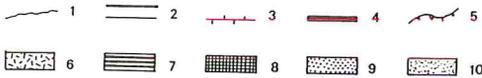
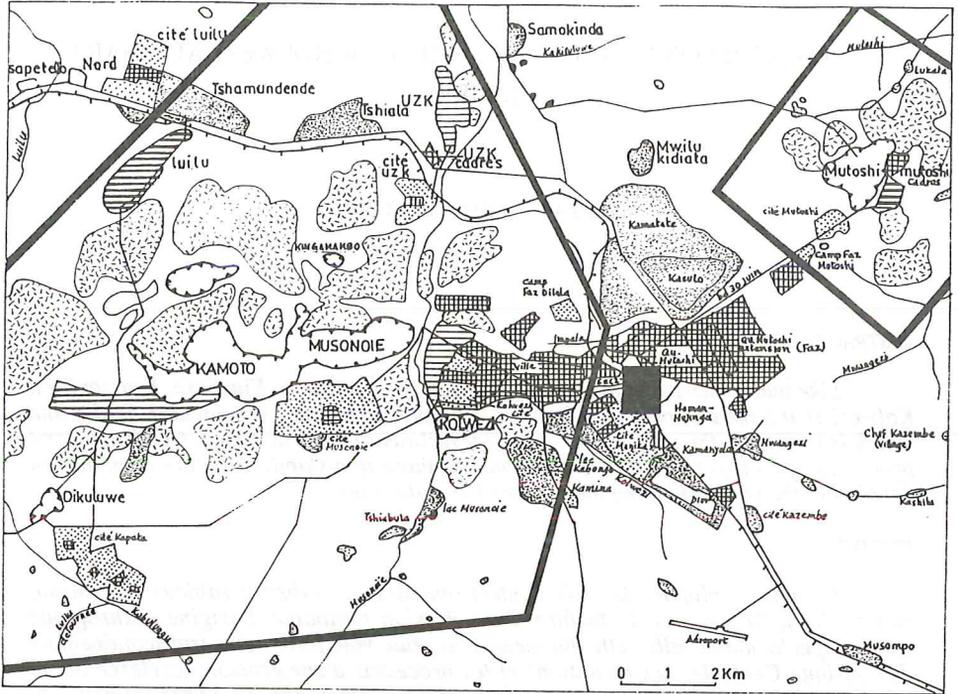


Fig. 1 : L'espace polynucléaire de la ville de Kolwezi et la localisation de l'espace étudié.

1. Réseau hydrographique; 2. axe routier; 3. axe ferroviaire principal; 4. limite de polygone minier; 5. carrière en exploitation; 6. remblais stériles; 7. aire industrielle; 8. quartiers de la ville moderne; 9. quartiers aménagés d'habitat populaire; 10. quartiers populaires d'autoconstruction. Le site de l'étude est marqué d'un rectangle noir.

plan directeur d'aménagement de cette ville élaboré avec le concours du B.E.A.U. (BRUNEAU & MANSILA, 1986).

Pour rendre compte de ces manifestations, un exemple-type a été décrit dans le présent travail. Il a été choisi non seulement en raison de l'ampleur du phénomène, mais aussi parce que tous les mécanismes de développement de l'érosion s'y trouvent représentés. Il s'agit en l'occurrence de l'érosion qui se développe plus particulièrement à l'entrée de la gare de Kolwezi et qui, malgré les mesures de lutte déployées, menace

de couper à très court terme la voie ferrée pourtant si vitale pour l'ensemble du Copperbelt. ALEXANDRE-PYRE (1971, 1978), MBUYU & SOYER (1981) et KABULO (1985) ont décrit de telles érosions au Shaba respectivement au plateau des Bianco, à Kalemie et à Kasenga. D'autres exemples semblables sont connus dans les villes de Kikwit, Kananga, Mbuji-Mayi, Kinshasa également bâties sur sable de type Kalahari.

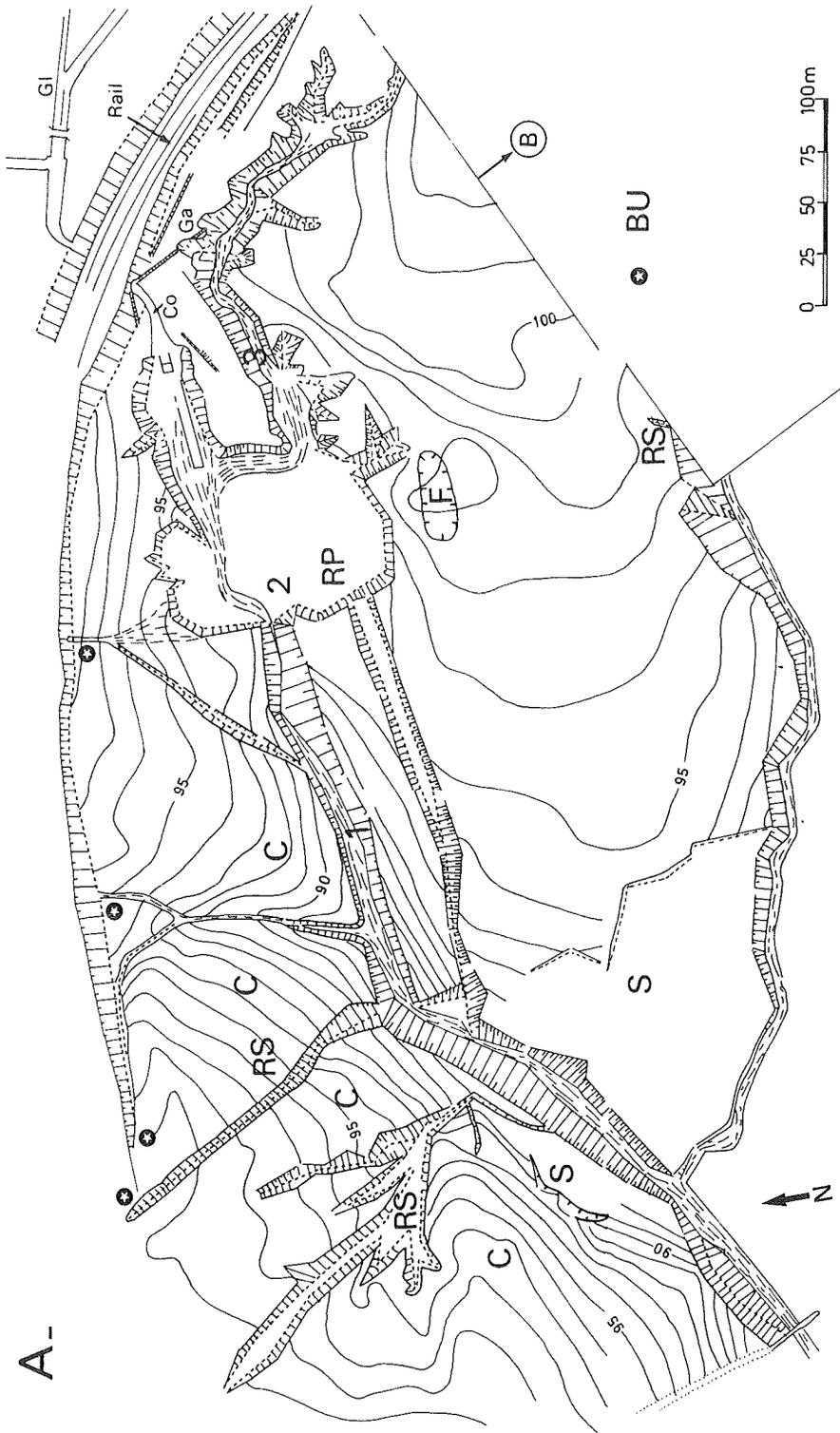
Enfin, comme des synthèses plus ou moins exhaustives à propos des différents facteurs d'érosion, tant au laboratoire que sur le terrain, dans différents types de substrat et sous diverses conditions climatiques ont été réalisées par de nombreux auteurs notamment CHAKELA (1981), CHAKELA *et al.* (1986), JANSSONS (1981) et BRYAN (1987), nous n'insisterons donc pas sur cet aspect de la question. Les observations décrites confirment ces acquis quant aux formes, aux mécanismes ainsi que quant à l'influence des caractéristiques du site.

LE SITE D'ÉTUDE

La zone étudiée couvre une aire de 1 km² environ. Elle est située à la jonction du quartier résidentiel de Mutoshi et de la zone de Manika, dans l'îlot urbain le plus ancien de la ville de Kolwezi. Dans cet espace se trouvent réunies différentes actions anthropiques toutes susceptibles de déclencher ou d'entretenir l'érosion. Il s'agit notamment (Fig. 2) :

- des systèmes d'évacuation des eaux dont une glissière publique (collecteur) mal entretenue qui débouche sur le versant du site; deux petits drains encombrés qui longent la voie ferrée, plusieurs tranchées creusées perpendiculairement à la voie dans le sens de la plus grande pente,
- des champs de culture sur le versant,
- un réseau serré de pistes piétonnes,
- des carrières d'extraction de sable et
- un terrain de football.

Jadis couvert d'une végétation naturelle de savane arbustive touffue (visible sur les anciennes photos aériennes au 1/40.000) et, planté d'eucalyptus dans les zones hydromorphes le site est actuellement très dégradé. De même, des mesures rigoureuses autrefois appliquées pour garantir sa protection, il ne subsiste plus que des vestiges d'une ancienne clôture en fils barbelés qui en interdisait l'accès, la traversée et la mise en exploitation de toute sorte.



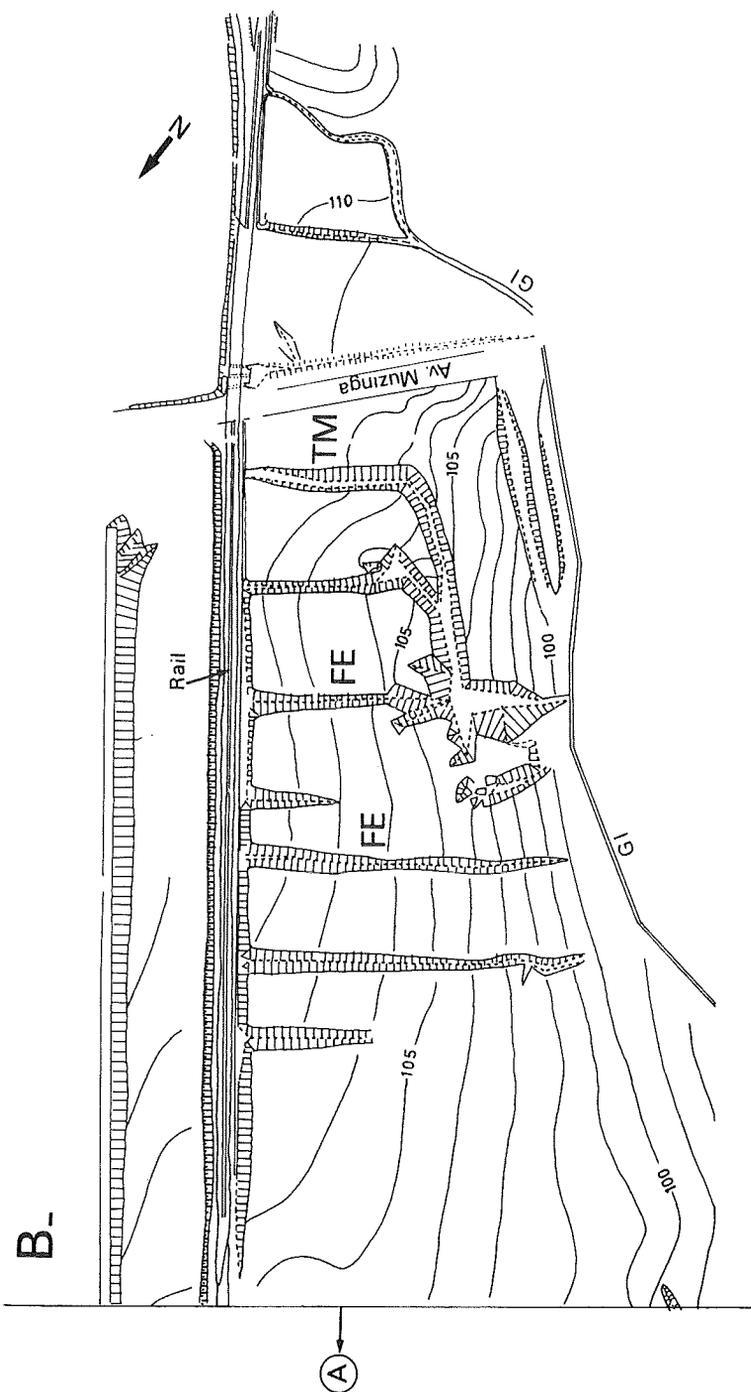


Fig. 2 : Zone de ravinement de la gare de Kolwezi. L'équidistance des courbes de niveau est de 1 m. La cote de référence est à un niveau conventionnel.

BU, caniveaux sous le rail; C, champ de culture; Co, collecteur; F, terrain de football; FE, formes élémentaires; GA, gabions; G1, glissement public; RE: ravinement avec formes évoluées; RP, ravin principal : 1, 2, 3, parties inférieures, médiane et supérieure; RS, ravinement avec formes stables; S, sablière; TM, ravin Muzinga.

Le site subit aussi des effets induits par la voie ferrée qui accroissent la sensibilité du sol à l'érosion. Il s'agit principalement :

- des vibrations provoquées par le passage des trains qui amplifient les mouvements de masse en relation avec la thixotropie très marquée des sables,
- des graviers du ballast qui, une fois au fond du ravin, constituent des outils très efficaces d'érosion verticale.

Du point de vue géomorphologique, la région de Kolwezi fait partie d'un plateau d'altitude moyenne d'environ 1400 m (DE DAPPER, 1981), incisé par de nombreux cours d'eau à pentes bordières variant de 4 à 7°. Le niveau de base local pour l'érosion dans la ville est en grande partie contrôlé par un lac artificiel situé à quelque 2 km au sud-ouest du site. En ce qui concerne plus particulièrement le site ce rôle est joué par un caniveau calibré (chenal) de pente moyenne, aménagé à l'emplacement d'un ancien ruisseau (Co sur la Fig. 2).

Le soubassement géologique de la région est constitué de formations précambriennes du Katanguien dans lequel le Kundelunguien schisteux charrié partiellement sur le Roan schisto-dolomitique minéralisé (FRANÇOIS, 1973). Ces roches très altérées sur une grande profondeur (ALEXANDRE, 1978) sont recouvertes, par endroits, d'une couche plus ou moins épaisse de sable du Kalahari d'âge tertiaire (CAHEN, 1954). Ces derniers affleurent dans toute la partie méridionale du Zaïre jusqu'au plateau des Batéké à l'ouest (DE PLOEY, 1965; DE PLOEY *et al.*, 1968) et près de Brazzaville au Congo où des érosions similaires ont été décrites par SCHWARTZ (1991, SCHWARTZ et LANFRANCHI (1991) ainsi que par SITOU et TCHICAYA (1992). Ils comprennent deux séries : les grès polymorphes à la base et les sables ocres au sommet. C'est cette dernière série, constituée de sables fins de classe modale d'environ 184 micromètres (ALEXANDRE-PYRE, 1971), très thixotropiques et fluants à l'état humide, qui affleurent dans la plus grande partie du territoire de Kolwezi

Le paléoenvironnement aurait évolué, d'après la structure du dépôt visible sur les parois des ravins, au départ d'un fond de plaine alluviale avec un cours d'eau à méandres. Ceux-ci auraient favorisé une importante accumulation de sédiments sableux très riches en matières organiques, atteignant plus de 2 m d'épaisseur par endroits.

FORMES ET MÉCANISMES D'ÉROSION

Les formes observées s'apparentent aux phases d'évolution des ravinements reconnus par ALEXANDRE-PYRE (1978) sur le plateau des Bianco, à savoir : la phase de formation, la phase de développement et la phase de stabilisation.

FORMES ÉLÉMENTAIRES

A ce stade, les formes observées sont de simples griffes d'érosion, soit des incisions étroites et superficielles soit encore des morsures des parois. Elles affectent respectivement les espaces de sol nu, les pistes piétonnes, les parois des ravins et les tranchées. Ces formes élémentaires évoluent plus ou moins rapidement suivant l'état hydrique local qui dépend à son tour des facteurs tels que l'épaisseur des sables, la pente locale, l'étendue des microbassins de réception et le débit des écoulements hypodermiques.

En rapport avec les tranchées par exemple, deux situations liées à l'état hydrique ont été observées. Là où le sol est bien drainé, les incisions sont linéaires et restent confinées dans les tranchées. Leur évolution est freinée par une infiltration qui, favorisée à la fois par la texture grossière du sol et l'épaisseur relativement grande des sables surmontant le substrat schisteux, réduit considérablement le volume du ruissellement et, du même coup, diminue son efficacité dans l'érosion.

Dans les secteurs hydromorphes par contre, les ravins incipients affectent tout le chenal des tranchées qu'ils élargissent surtout en aval. Ici, l'érosion procède tant par ruissellement dans les tranchées que par écoulement hypodermique, affouillant les sables au contact avec le substrat peu perméable. Dans ces cas, les formes bien que coalescentes parfois pour deux ou trois tranchées, restent néanmoins de dimensions modestes (surface érodée inférieure à 10m^2 ; une profondeur d'incision ne dépassant guère le demi-mètre). Leur faible développement est lié au niveau peu profond d'affleurement de la nappe qui bloque l'érosion verticale.

D'autres formes au stade élémentaire sont créées par les chenaux d'écoulement des eaux canalisées par les buses posées sous le remblai de la voie ferrée (BU sur la Fig. 2). Ces entailles peu profondes (moins de 0.5 m) en amont à cause de la cohésion des sables assurée par l'humus et par un tapis continu de mousse sur le sol, constituent néanmoins dans la partie encaissée en aval, des voies propices à la progression du ravin principal. On observe en effet, des affaissements en terrassettes de la tourbe

échancrant les parois aux endroits où ces écoulements alimentant les infiltrations le long de leurs chenaux, débouchent dans le ravin principal.

FORMES ÉVOLUÉES

Ce stade concerne deux ravins : le ravin principal (RP sur la Fig. 2) qui menace le plus directement de couper la voie ferrée et le ravin né de la tranchée contiguë à l'avenue Muzinga (TM sur la Fig. 2). S'il apparaît à première vue que les causes et l'origine anthropique de deux ravins sont quasi les mêmes, les éléments qui influencent leur évolution sont par contre fort différents.

1. Le ravin principal

On distingue trois parties selon la géométrie des formes, la vitesse de l'évolution, les types d'écoulement ainsi que des caractéristiques des parois (1, 2 et 3 sur la figure 2).

- La partie inférieure : constitue le thalweg actuel. Il est d'allure rectiligne, peu large et encaissé dans les schistes en place. Il collecte toutes les eaux provenant de l'amont du site.
- La partie centrale s'étend du chenal à la bouche du collecteur près de la voie ferrée. Large de plus de 100 m, bordée par des parois raides, dépassant 5 m de hauteur par endroits. Son plancher, une surface plus ou moins unie, de pente faible, est colonisée dans ses parties déprimées, hydromorphes, par une végétation hygrophile de cypéracées, polygonacées et typhacées.
- La partie supérieure correspond à la progression actuelle, la plus avancée du ravin vers la voie ferrée. Elle est séparée du reste de l'excavation en amont par un éperon rendu plus ou moins résistant par un travertin bien conservé. C'est une incision large de 2 à 15 m, profonde de 1 à 5 m et longue de plus de 200 m. Ses bras se ramifient dans sa partie supérieure qui longe le chemin de fer à moins de 50 m.. Son fond est plat et en pente très faible. Il est parcouru par un écoulement persistant en nappe ou en filets anastomosés suivant l'importance du débit des sous-écoulements et du ruissellement qui l'alimentent.

Les deux derniers biefs montrent, comme au Bianco (ALEXANDRE-PYRE, 1978), une nette tendance à l'accumulation du fait de la charge souvent trop grande des écoulements, ce qui traduit un taux d'érosion très élevé du site. Le système d'évolution est conforme aux processus généralement décrits (ALEXANDRE-PYRE, 1978; ILUNGA, 1978; QUEIROZ NETO, 1978; CHAKELA, 1981; CHAKELA *et al.*, 1986; JANSSONS, 1982; SAVAT & DE PLOEY, 1982; BRYAN, 1987; SCHWARTZ, 1981; SCHWARTZ &

LANFRANCHI, 1991; SITOU & TCHICAYA, 1992; MBENZA *et al.*, 1992; MOEYERSONS, 1992).

L'ensemble du ravin, très spectaculaire tant par l'importance de l'étendue affectée que par l'envergure de ses parois liée à la grande épaisseur de la couche sableuse, se développe surtout par le recul rapide de la tête de vallée principale, de celle de ses ramifications ainsi que par érosion latérale des parois. L'enfoncement de l'incision est, comme pour les formes élémentaires, contrôlé par l'affleurement de la nappe ou celui du substrat schisteux.

Ce recul suit l'axe de l'ancienne vallée colmatée. La concentration du ruissellement est favorisée par la pente laissée par cette ancienne vallée tandis que la vitesse est accrue à cause du sol lissé et tassé par le piétinement des personnes obligées de contourner le ravin de plus en plus large. Les écoulements hypodermiques résultent pour leur part, des suintements de la nappe (sourcins) au contact entre le substrat schisteux et les sables, ainsi que des infiltrations le long des aménagements hydrauliques mal entretenus.

Les ramifications les plus importantes sont des ravins secondaires longs de quelques mètres et profonds d'environ 1 m, qui se forment en rapport soit avec des pistes piétonnes soit avec des sources souterraines. Dans les deux cas, tout comme pour le recul de la tête de ravin signalé ci-dessus, l'action du ruissellement et de l'écoulement hypodermique se conjuguent. Le ruissellement se concentre sur les pistes où le moindre obstacle le rend turbulent, suffisamment pour affouiller les sables et créer des encoches qui finissent par provoquer des éboulements. Quant aux sous-écoulements, ils occasionnent également des éboulements par sapement des sables à la base, là où le débit le permet. Les sous-écoulements et les sourcins s'expliquent pour une partie par l'existence de nappes perchées. Celles-ci sont favorisées par la structure en synclinaux du Roan (FRANÇOIS, 1973) avec des couches imperméables (substrat schisteux) sur lesquelles reposent les sables tertiaires. L'autre partie des écoulements hypodermiques provient des infiltrations à partir du vieux réseau, maintenant fort défectueux, qui collecte l'eau de la ville. Le processus d'évolution est finalement entretenu par l'évacuation des matériaux éboulés au fur et à mesure de leur production. Ceci se fait d'autant plus aisément que pour la taille des sables affectés (184 μm), des courants de l'ordre de 0.7 m/s suffisent largement au transport (FORTIER & SCOBAY, 1926).

Le recul de la tête du ravin comme celui des ramifications peuvent atteindre de la sorte plusieurs mètres au cours d'une seule averse comme l'avaient aussi signalé

ALEXANDRE-PYRE (1978), au Bianco; VAN CAILLIE (1983) à Kinshasa; KABULO (1985) à Kasenga, dans des formations sableuses semblables à celles de Kolwezi.

En ce qui concerne les parois, les mécanismes de recul dépendent dans une large mesure de la structure des matériaux ainsi que de l'état hydrique de ceux-ci. Ces deux éléments varient localement de manière parfois très sensible.

Dans l'ensemble, les deux parois présentent un profil similaire à trois niveaux dont les caractéristiques sont schématiquement, de haut en bas :

- Un niveau de sable humifère à tourbeux, stratifié, localement parsemé de gravillons latéritiques, parfois soudés en cuirasse qui affleure en corniche (1,30 m environ).
- Un niveau de sable blanc, poudreux à l'état sec, fluant à l'état humide, avec une stratification finement entrecroisée, présentant localement des lentilles d'éléments plus fins, riches en matière organique (plus ou moins 0,90 m).
- Un niveau de sable rubéfié (rouge à jaune), très compact, reposant sur le substrat schisteux et séparé du niveau supérieur par une nappe de gravats plus ou moins importante (plus de 1,50 m).

L'épaisseur de ces trois niveaux, plus particulièrement celle du niveau humifère, varie localement en relation avec les conditions du drainage . Celles-ci sont contrôlées non seulement par la pente et l'épaisseur de la couche sableuse qui surmonte le substrat, mais aussi et surtout par les modifications introduites au site par les divers aménagements anthropiques.

En ce qui concerne l'état hydrique, il y a lieu de distinguer d'une part la paroi de droite (côté voie ferrée) dans l'ensemble plus hydromorphe à cause des sources et des suintements abondants qui en jaillissent et, d'autre part, la paroi de gauche (côté intérieur du site) beaucoup mieux drainée.

La paroi droite

Une grande partie de cette paroi est essentiellement formée par le remblai de limon tassé par les piétons et les engins de terrassement. Son évolution est de ce fait contrôlée principalement par le ruissellement qui dissèque sa partie supérieure en véritables bad-lands. Sa base est, au contraire, soumise au délayage du limon occasionné par les écoulements persistants du fond et les suintements souterrains. Ce délayage entraîne la formation de sortes d'encoches (renards) qui, par écroulement des voûtes, contribuent à raidir la pente dans le bas du talus. Divers matériaux encombrants (wagons de train, mitrilles de toutes sortes) ont été jetés dans le ravin en vue

d'endiguer l'érosion. Les observations ont montré que l'effet produit était l'inverse de celui attendu. Le recul de la paroi par délayage du sable était plus rapide au voisinage de ces engins du fait qu'ils obligeaient les eaux d'écoulement de s'accumuler derrière eux.

L'évolution de l'autre partie de cette paroi, encore sous couvert d'un tapis herbeux dense, possède un niveau humifère épais qui amorti considérablement les effets du ruissellement tout en favorisant une infiltration importante. Son recul est de ce fait entièrement sous le contrôle des sous-écoulements et des sources souterraines qui privilégient les mouvements en masse. Parmi ceux-ci les éboulements liés à la suffosion qui s'opère au contact des sables blancs avec les sables rubéfiés plus compacts, des affaissements en terrassettes là où infiltration sature la base de la couche tourbeuse, des coups de cuiller. A ces mécanismes il faut ajouter ici la thixotropie des sables amplifiée par les vibrations dues aux passages des trains.

La paroi de gauche

L'évolution de cette paroi à la structure, dans l'ensemble plus homogène, est essentiellement sous le contrôle du ruissellement. Les indentations observées sont des incisions étroites et profondes associées aux pistes piétonnes qui se concentrent les eaux du ruissellement. La paroi reste plus raide à cause de son recul principalement par pédimentation, processus auquel contribuent efficacement les graviers de la nappe de gravats ainsi que les gravillons de la cuirasse qui affleure localement en corniche dans le niveau humifère.

2. Le ravin le long de l'avenue Muzinga

Il s'agit d'un vallon plus ou moins évasé, profond de plus de 5 m dans sa partie centrale, large d'environ 10 m avec un fond rétréci en pente douce et occupé par un écoulement permanent.

La tête recule sous l'action combinée des écoulements hypodermiques et du ruissellement collecté dans les drains encombrés qui longent la voie ferrée. L'érosion latérale sévit seulement là où les talus restent nus. L'incision verticale a été arrêtée grâce aux blocs de pierres entassés dans le fond du ravin. L'évolution a été, dans l'ensemble, rendue beaucoup plus lente sinon bloquée uniquement par la recolonisation des parois par la végétation. Il est, à ce sujet, remarquable de constater que la végétation recolonise très rapidement le ravin dès que la fréquence des passages diminue sensiblement.

Les formes stabilisées

Comme l'a fait remarquer ALEXANDRE-PYRE (1978) au Bianco, la stabilisation n'est pas liée à un stade de développement donné. Plusieurs cas peuvent être décrits, mais ici ils sont tous situés à la périphérie ou en dehors de la ville. A l'intérieur de celle-ci, les cas observés concernent plutôt les formes évoluées. Il faut sans doute associer ce fait à l'influence anthropique très élevée dans le déclenchement et le développement du ravinement.

Les causes principales de cette stabilisation sont de deux ordres : le drainage s'améliore dès que l'on est en dehors de la zone de suintements. En ce qui concerne la fréquentation par les piétons, il a été constaté qu'elle diminuait chaque fois que les formes devenaient trop larges et les parois trop abruptes pour être franchies aisément. Peu de temps après, une végétation de graminées et lycopodes envahissent le sol.

CONCLUSION

Comme dans les autres agglomérations urbaines du Zaïre, les actions anthropiques viennent, ici également, largement en tête dans le déclenchement de l'érosion ravinante. Celles-ci procèdent généralement à l'affectation de zones à risques à des activités autrefois interdites : cultures intraurbaines, constructions, déboisement et surtout création de passages par les piétons qui offrent les premiers sillons dans lesquels les eaux vont se concentrer. Le relâchement dans les entretiens des équipements du réseau d'évacuation des eaux usées a transformé certains en agent d'érosion qu'ils étaient pourtant sensés empêcher

Dès que les caractéristiques physiques sont altérées les eaux entaillent le versant. Lorsque les couches imperméables sont atteintes, les écoulements hypodermiques, les suintements provenant des nappes perchées ou des infiltrations à partir des drains mal entretenus prennent le relais et ajoutent leurs actions à celles du ruissellement. A ce stade, du moins en ce qui concerne Kolwezi, les mouvements de masse se généralisent et commencent l'élargissement du ravin dont l'arrêt n'intervient qu'au-delà d'un seuil tel qu'il entrave le passage des piétons. La coalescence des ravins secondaires participe à cet élargissement. Les moyens de lutte exigés deviennent alors trop onéreux et généralement peu efficaces, les eaux se déjouant des ouvrages d'art les plus imposants.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une étude financée par la SNCZ sur la stabilisation des assises de la voie ferrée à Kolwezi. Les auteurs sont redevables envers

M. MBATSHI BATSHIA, PDG de cette société ainsi qu'envers M. NGULU NKIAMA, Directeur du Département des Installations Fixes (DIF).

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE, J., 1978. Les stades de formation des cuirasses latéritiques en Haut-Shaba (Zaire) et leur signification géomorphologique. In : M. BOYE Ed., Géomorphologie des reliefs cuirassés dans les pays tropicaux chauds et humides, *Trav. et Doc. de géographie tropicale*, CEGET, Bordeaux, 33, 133-149.
- ALEXANDRE-PYRE, S., 1971. *Le plateau des Bianco*. Acad. roy. Sc. Outre-Mer, Sc. Nat. et Méd., Mémoires, XVII-3, 151 p.
- ALEXANDRE-PYRE, S., 1978. Stades d'évolution des ravinements sur les haute plateaux sableux du Haut Shaba. *Geo-Eco-Trop*, 2, 2, 155-160.
- BRUNEAU, J.C., & MANSILA, F.K., 1986. Kolwezi : l'espace habité et ses problèmes dans le premier centre minier du zaire. *Cah. Sc. Hum.*, 22, 2, 217-229.
- BRYAN, R.B., 1987. Rill erosion processes and significance. *Catena sup. Bd.* 8, 160 p.
- CAHEN, L., 1954. *La géologie du Congo belge*. Liège, 577 p.
- CHAKELA, Q.K., 1981. Soil erosion and reservoir sedimentation in Lesotho. *Depart. Physic. Geogr. Uppsala Univ., Rap.*, 54, 150 p.
- CHAKELA, Q.K., LUNDEN, B. & STRÖMQUIST, 1986. Sediment sources, sediment residence time and sediment transfer-case studies of soil erosion in the Lesotho lowlands. *Depart. Physic. Geogr. Uppsala Univ. Rap.*, 64, 168 p.
- DE DAPPER, M., 1981. Geomorfologische studie van het plateau complex vond Kolwezi (Shaba-Zaire) *Verh. van de Kon. Acad. voor Wetenschappen, letteren en schone Kunsten België*, Kl. Wetens., 43, 172, 203 p.
- DE PLOEY, J., 1965. Position géomorphologique, genèse et chronologie de certains dépôts superficiels au Congo occidental. *Quaternaria*, Vol. 7, 131-159.
- DE PLOEY, J., LEPERSOONE, J. & STOOPS, G., 1968. Sédimentologie et origine des sables de la série des sables ocre et de la série des grès polymorphes "système du Kalahari" au Congo occidental. *Mus. Roy. Afr. Centr. Tervuren, Belgique, Ann. Sc. Géol.*, 61, 71 p
- FORTIER, S. & SCOBAY, F.C., 1929. Permissible and velocities. *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.*, 89, 940-984.
- FRANÇOIS, A., 1973. L'extrémité occidentale de l'arc cuprifère shabien. Etude géologique. Likasi, Départ. Géol. Gécamines, inédit, 113
- ILUNGA, L., 1978. L'érosion dans la ville de Bukavu. *Geo-Eco-Trop*, 2, 2, 221-228.

- JANSSON, M.B., 1982. Land erosion by water in different climates. *Depart. of Physic. Geogr. Uppsala Univ., Rap.*, 57, 151 p.
- KABULO, K., 1983. Sur les ravinelements aux environs de Kasenga (Shaba-Zaïre). *Ann. Fac. Sc. Univ. Lubumbashi*, 3, 47-58.
- MBENZA, M., MITI, T. & ALONI, K., 1992. Considérations géomorphologiques sur les dépôts de colmatage des vallons du bassin supérieur de la Luafi au Shaba méridional (Zaïre). *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 27, 93-107.
- MBUYU, N. & SOYER, J., 1981. Problèmes d'érosion à Kalemie (Shaba, Zaïre), *Geo-Eco-Trop*, 5, 2, 73-86.
- MOEYERSONS, J., 1992. La recherche géomorphique au Rwanda. *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 27, 49-68.
- QUEIROZ NETO, J.P., 1978. Les problèmes de l'érosion accélérée dans l'état de Sao Paulo (Brésil). *Geo-Eco-Trop*, 2, 2, 205-220.
- SAVAT, J. & DE PLOEY, J., 1982. Sheet wash and rill development by surface flow. In : BRYAN R. et YAIR, A. (Eds) *Badlands geomorphology and piping. Geo Books*, Norwich, Sup. Bd., 113-126.
- SCHWARTZ, D., 1991. Les podsols de Lousséké : une pédogenèse quaternaire sur sable Batéké. In : LAFRANCHI, R. & SCHWARTZ, D. : *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*, ORSTOM, 185-191.
- SCHWARTZ, D. & LAFRANCHI, R., 1991. Les remaniements des sols sur sables Batéké dans la région de Brazzaville (Congo), une mise au point. In : LAFRANCHI, R. & SCHWARTZ, D. (Eds) : *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique*, ORSTOM, pp. 167-182.
- SITOU, L. & TCHICAYA, J., 1992. L'érosion en cirques dans la région côtière du Congo. *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 27, 77-91.
- VAN CAILLIE, X., 1983. *Hydrologie et érosion dans la région de Kinshasa. Analyse des interactions entre les conditions du milieu, les érosions et le bilan hydrologique*. Ohain, 554 p.