

Etude des sites majeurs d'érosion à Uvira (R.D. Congo)

Study of the main sites of erosion in Uvira (D.R. Congo)

L. ILUNGA¹

Abstract: The occurrence of "debris flow", the formation of flooded and alluvial zones by erosion, as well as rivers migrations contribute to the destruction of both the habitat and the infrastructures in the city of Uvira. Protection with gabions, regular dredging of rivers and a good canalization of rivulets as the dyke up of a ring channel are expensive but necessary solutions for maintaining the site in satisfactory conditions.

Key words: Congo D.R., Uvira, erosion

Résumé: la formation de « coulées des débris », de zones d'« inondation-alluvionnement » ainsi que la divagation des cours d'eau et le creusement de ravins conduisent à la destruction des habitations, des buses d'écoulement et des routes d'Uvira. Le gabionnage et le dragage régulier des cours d'eau importants de même qu'une bonne canalisation des petits ruisseaux ou l'établissement d'un fossé périphérique sont, quoique coûteuses, des solutions nécessaires au maintien du site.

Mots-clés : R.D.Congo, Uvira, érosion

INTRODUCTION

La cité d'Uvira (R.D.Congo) est située dans l'hémisphère sud sur le bord NW du lac Tanganyika, entre 3°21' et 3°27' de latitude sud et entre 29°7' et 29°12' de longitude est. Elle forme un replat géomorphologique étroit et allongé d'environ 1 km de large sur une douzaine de kilomètres de long. Ce replat est coïncé à l'est par le lac Tanganyika et à l'ouest par les escarpements de la chaîne des Mitumba à pentes très raides dépassant souvent les 100%.

Paradoxalement à cette exigüité territoriale, sa situation géographique particulière lui attire une population de plus en plus nombreuse. En effet, elle exerce sur les populations environnantes plusieurs attraits :

- les activités portuaires ;
- le commerce favorisé par la liaison routière directe avec la ville de Bujumbura (capitale du Burundi) située à moins de 30 km ;
- la liaison lacustre avec la ville portuaire de Kigoma en Tanzanie via la ville de Kalemie (R.D.Congo) ;
- les activités de pêche lacustre représentant une source potentielle de revenus relativement à la portée de tous ;
- et, plus récemment (depuis 1996), une relative sécurité pour les habitants des villages proches qui y affluent en fuyant les atrocités de la guerre.

Ce sont ces facteurs qui expliquent, actuellement, sa nette surpopulation. En effet, environ 150.000 habitants contre moins des 10.000 prévus sont concentrés sur une superficie d'environ 16 km² ce qui représente une forte densité de l'ordre de 9.350 hab. /km² (ACTED et Services techniques du Territoire d'Uvira, 2006). Il en résulte que cette population n'a plus

¹ Kigali Institute of Education, B.P. 5039 Kigali, Rwanda, email : ilungalutum@yahoo.fr

d'autre choix que de s'accrocher aux pentes raides des escarpements (figure 1) aussi bien pour y loger (constructions anarchiques) que pour y cultiver. Cela conduit au déboisement total des pentes (bois de chauffe, bois de construction), déclenche des feux de brousse et contribue à une nette réduction des terres exploitables qui ne représentent plus que 1 m²/habitant (ACTED et Services techniques du Territoire d'Uvira, op.cit.).

Une telle situation est venue exacerber les problèmes d'érosion aussi bien naturelle qu'anthropique dont la sévérité date déjà des années 70 - 80. Une très forte dégradation s'en est très rapidement suivie et a causé beaucoup de dégâts. Parmi ceux-ci nous pouvons citer :

- les débordements des cours d'eau et la formation de grands ravins qui emportent tout sur leur passage (maisons et routes)
- l'alluvionnement sablo-graveleux à sablo-limoneux qui entraîne l'ensevelissement des habitations, le bouchage des buses d'écoulement et la dégradation des routes.

Ce sont ces diverses calamités qui nous ont incité, en collaboration avec les ONG ACTED et BEST, à en déterminer les causes scientifiques et à proposer les solutions pour améliorer la situation.

CADRE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

La cité d'Uvira représente le prolongement méridional de la plaine de la Rusizi. Cette dernière appartient structurellement au système des rifts africains, plus précisément au Western Rift dont la formation aurait débuté à l'Eocène (H. BELLON et A. POUCKET, 1980).

Sa géologie comprend deux ensembles :

- Un ensemble précambrien fait principalement de quartzites et de micaschistes qui alternent en couches d'épaisseur variable. On y observe également des intercalations d'amphibolites, de gneiss, de pegmatites ainsi que des filons de quartz blanc. Ces roches forment des couches plissées fort redressées avec des pendages de 40° à 90° et des directions sensiblement méridiennes (G. WEISS, 1959).
- Un ensemble cénozoïque représenté par les formations détritiques fluvio-lacustres d'âge quaternaire.

Sur le plan structural, deux ensembles de failles sont visibles sur le rebord occidental du lac Tanganyika :

- la faille N-S dite occidentale qui domine directement le lac,
- plus à l'Ouest, vers le haut du versant actuel, une série de failles discontinues de direction NW-SE ou NNW-SSE.

Les déplacements verticaux liés aux failles ont déterminé une suite de reprises d'érosion qui se marquent sur le terrain par une série de 3 chutes d'eau visibles vers 1.200 m, 1.800 m et 2.500 m sur les cours d'eau. Ces derniers, notamment la Kalimabenge, la Mulongwe et la Kavimvira qui arrosent Uvira, sont de véritables torrents qui dévalent sur des pentes longitudinales de l'ordre de 10 à 12% et charrient des masses de débris alluviaux (G. WEISS, op.cit.).

CLIMAT

De par sa latitude comprise entre 3°21' et 3°27'sud, la cité d'Uvira se situe entièrement dans la zone équatoriale dont la température moyenne avoisine les 30° (au niveau de la mer). Son altitude moyenne d'environ 800 m adoucit ces températures à raison d'environ 0,65°C tous les 100 m. Les moyennes mensuelles extrêmes oscillent entre 24,4° en juillet à 25,1° en novembre-décembre. La moyenne de l'année est de 24,2° et l'amplitude thermique annuelle, très faible, de l'ordre de 0,7° C . Le climat est de type Aw6 selon les critères de Köppen.

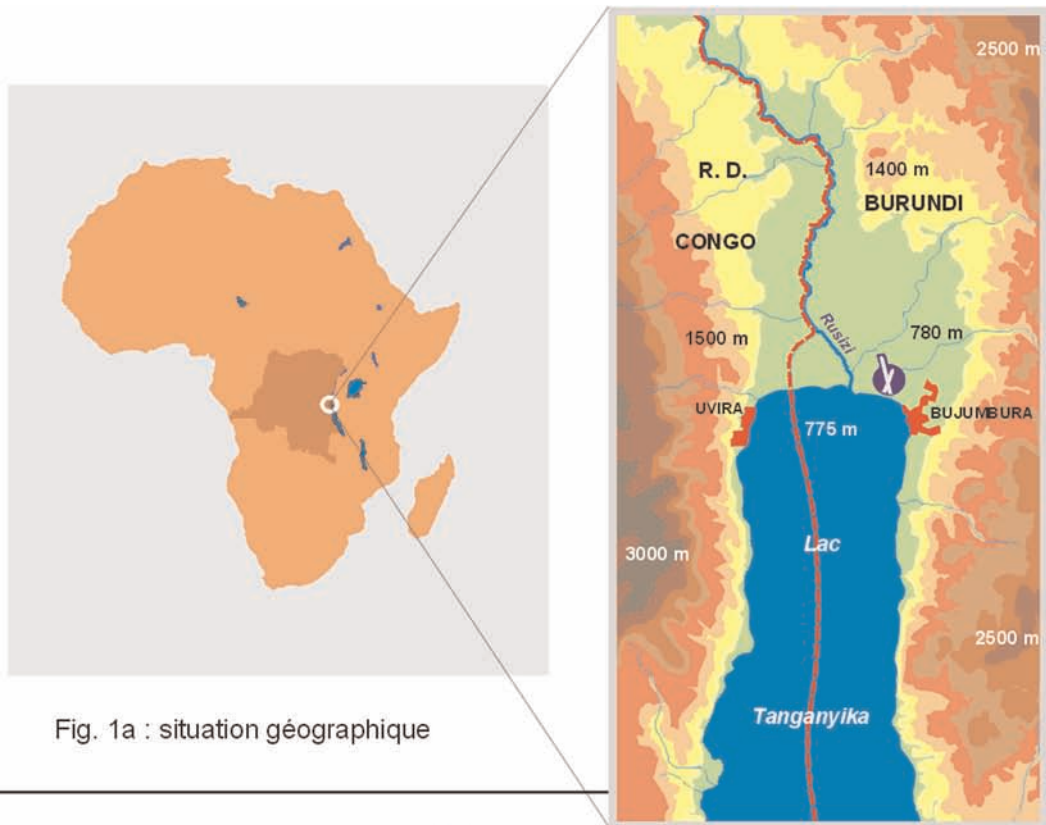


Fig. 1a : situation géographique

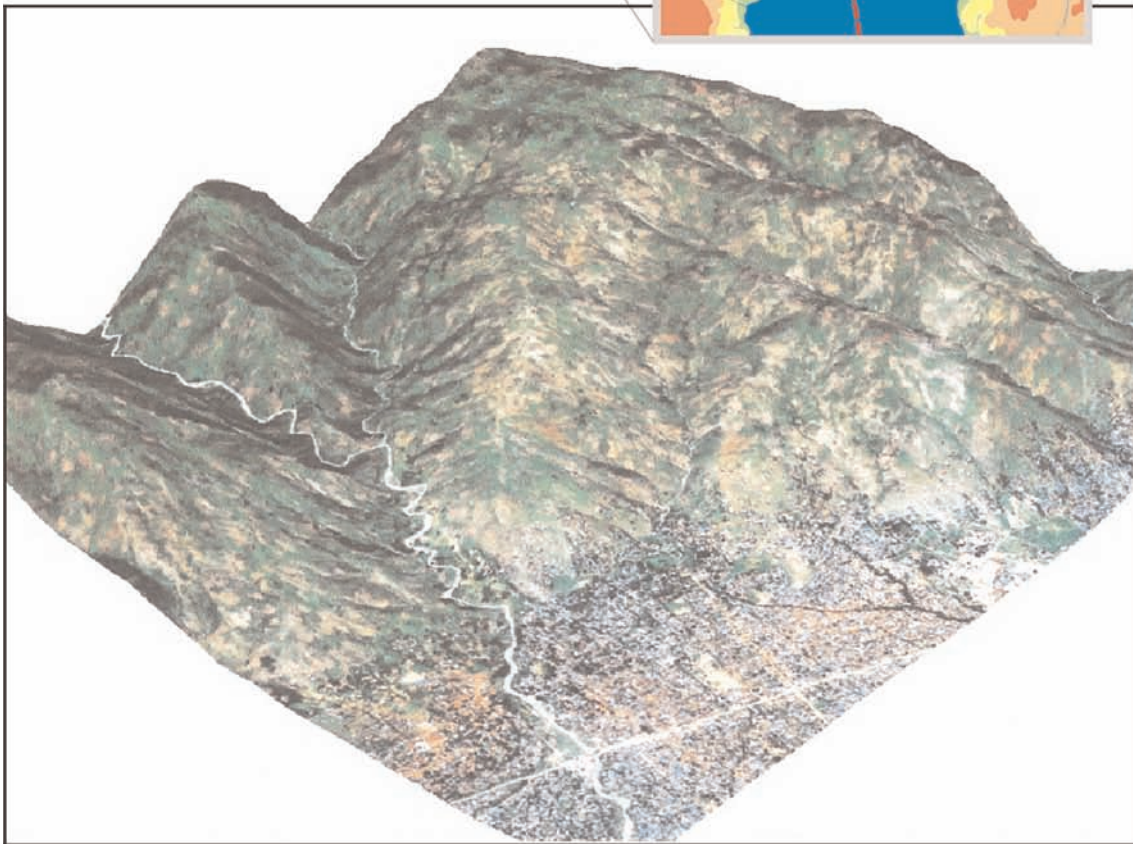


Fig. 1b : Image Ikonos d'Uvira (vraies couleurs) à la sortie de la Kalimabenge

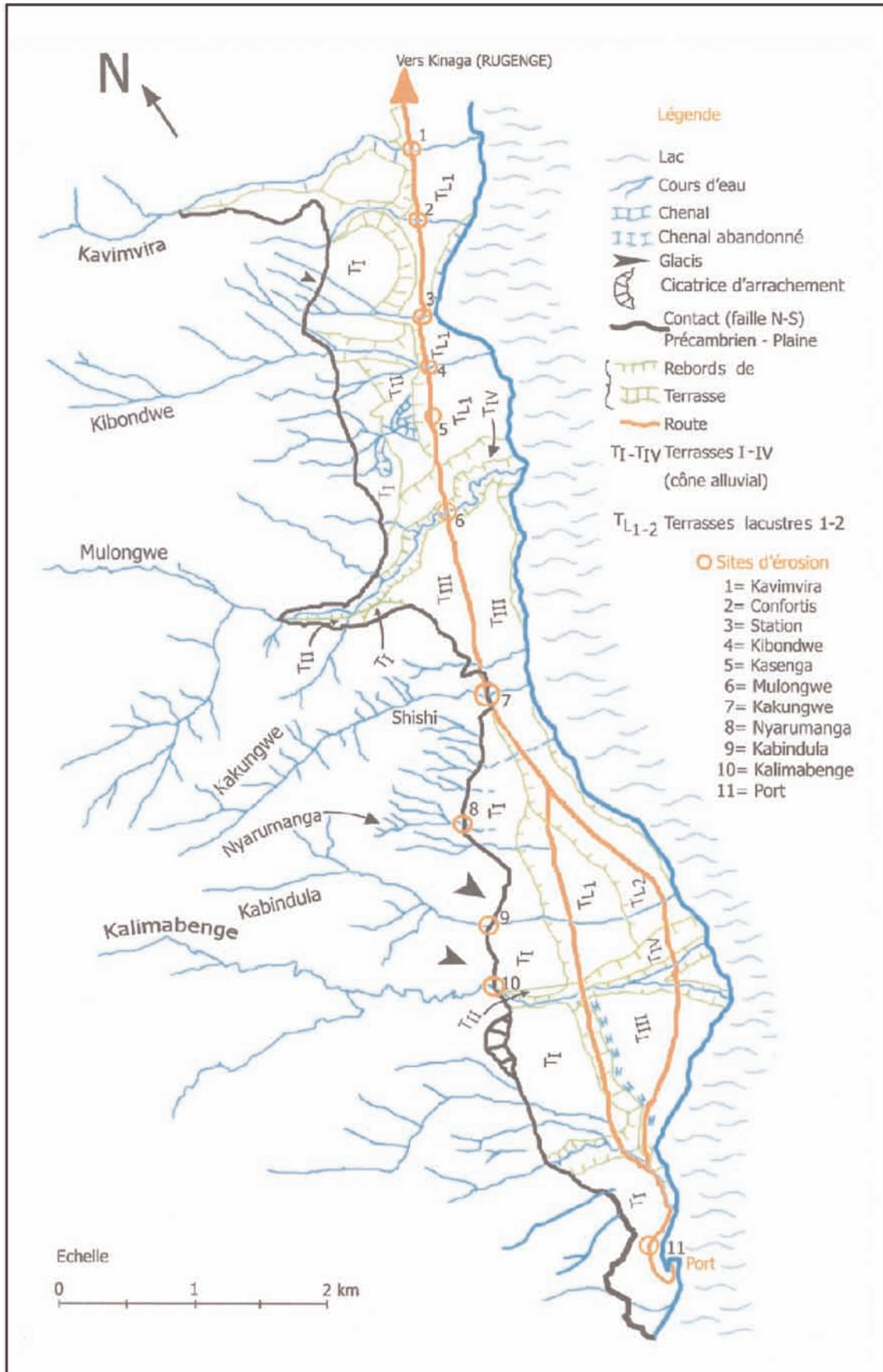


Fig. 2 : carte géomorphologique d'Uvira

Tab. I : Distribution moyenne des températures et des pluies Le tableau I ci-contre donne la distribution

Température	Pluies
t ₁ = 24,4 juillet	p ₁ = 2,4 juillet
t ₂ = 24,7 juin	p ₂ = 14,1 août
t ₃ = 24,7 août	p ₃ = 18,1 juin
t ₄ = 24,7 novembre	p ₄ = 32,2 septembre
t ₅ = 24,8 février	p ₅ = 49,9 octobre
t ₆ = 24,9 janvier	p ₆ = 70,1 novembre
t ₇ = 24,9 mars	p ₇ = 92,2 février
t ₈ = 24,9 septembre	p ₈ = 93,7 mai
t ₉ = 25,0 octobre	p ₉ = 111,2 janvier
t ₁₀ = 25,0 décembre	p ₁₀ = 114,3 décembre
t ₁₁ = 25,1 avril	p ₁₁ = 133,9 mars
t ₁₂ = 25,1 mai	p ₁₂ = 138,9 avril

moyenne des températures et des pluies au cours de l'année (R. GERMAIN, 1952).

Comme on peut le voir, à l'opposé des températures qui sont pratiquement constantes et autour de 24,2°, les pluies, par contre, varient fortement. En effet, le module pluviométrique mensuel le plus bas est celui de juillet avec seulement 2,4 mm de pluie contre celui d'avril, le plus élevé, avec 138,9 mm.

L'utilisation des courbes P/4T, P/3T et P/2T a permis de différencier 3 types de sécheresse (R. LAMBERT, 1979) :

atmosphérique (4T), pédologique (3T) et hydrologique (2T). Leur interprétation a conduit aux résultats ci-après :

- La sécheresse atmosphérique présente une durée de 6,6 mois allant de mai à mi-décembre.
- La sécheresse pédologique de 5,8 mois s'étend de la 2^e semaine de mai à novembre.
- La sécheresse hydrologique couvre 4,4 mois soit de la 3^e semaine de mai à fin septembre.
- Les mois de février et de mai ne connaissent pas les véritables sécheresses pédologiques et hydrologiques qui affectent plus sérieusement la végétation. Toutefois, leurs déficits agricoles (ETP-ETR) restant très faibles, respectivement de 8,3 mm en février et de 0 mm en mai, ces 2 mois pourraient donc être assimilés aux mois humides ; ce qui ferait un total de 6 mois humides et 6 mois secs.

Le calcul de bilan hydrique selon THORNTWAITE (Ch. PEGUY, 1970) a abouti au tableau ci-après avec les symboles que voici :

- ETP : évapotranspiration potentielle ;
- P : module pluviométrique moyen annuel ;
- P-ETP : précipitations utiles ;
- s des déficits : somme des déficits pluviométriques ;
- RU : réserve utile ;
- dRU : différence des réserves utiles mensuelles successives ;
- ETR : évapotranspiration réelle ;
- ETP-ETR : déficience ou déficit agricole ;
- S : surplus qui constitue l'écoulement des eaux.

Tableau II: Bilan hydrique à Uvira

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
1 T°	24,9	24,8	24,9	25,1	25,1	24,7	24,4	24,7	24,9	25	24,7	25	24,2
2 i	11,37	11,302	11,371	11,509	11,509	11,233	11,026	11,233	11,371	11,44	11,233	11,44	136,038
3 etp	3,65	3,6	3,65	3,75	3,75	3,55	3,4	3,55	3,65	3,7	3,55	3,7	
4 K	30,84	27,93	31,19	30,48	31,56	30,75	31,56	31,47	30,39	31,02	30,03	30,93	
5 ETP	112,6	100,5	113,8	114,3	118,4	109,2	107,3	111,7	110,9	114,8	106,6	114,4	1334,5
6 P	111,2	92,2	133,9	138,9	93,7	18,7	2,4	14,1	32,2	49,9	70,1	114,3	871,6
7 P-ETP	-1,4	-8,3	20,1	24,6	-24,7	-90,5	-104,9	-97,6	-78,7	-64,9	-36,5	-0,1	
8 Σdéficits	499,3	507,6			24,7	115,2	220,1	317,7	396,4	461,3	497,8	497,9	
9 RU	1	1	20,1	44,7	20	13	10	4	2	1	1	1	
10 dRU	0	0	-19,1	-24,6	14,7	7,0	3,0	6,0	2,0	1,0	0	0	
11 ETR	111,2	92,2	114,8	114,3	79,0	25,7	5,4	20,1	34,2	50,9	70,1	114,3	
12 ETP-ETR	14	8,3	0	0	0	88,2	96,9	97,6	78,7	64,9	36,5	0,1	
13 S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La réserve utile est estimée ici à 100 mm d'eau ; elle représente le seuil de saturation du sol au-delà duquel tout excédent de pluie est disponible pour l'écoulement et la percolation (A. KERGREIS & J. CLAUDE, 1991).

D'après le tableau II, la comparaison des P et ETP (bilan hydrique = P-ETP) montre des excédents d'eau du sol uniquement pour les mois de mars (20,1 mm) et avril (24,6 mm). Les autres 10 mois sont déficitaires, ce qui atteste le caractère sec du climat d'Uvira. Toutefois, de ces 10 mois secs, deux présentent un relatif équilibre. Il s'agit du mois de décembre avec 114,3 mm de P contre 114,4 mm d'ETP et de janvier avec 111,2 mm de P contre 112,6 mm d'ETP. Le mois de février se rapproche de ces deux derniers avec un déficit relatif faible de 8,3 mm (P = 92,2 mm et ETP = 100,5 mm) suivi du mois de mai avec 24,7 mm (P=93,7 mm et ETP = 109,2 mm). Vu la position du mois de février dans la saison humide, il pourrait faire partie de cette dernière.

Les déficits les plus prononcés concernent les mois de juillet (104,9 mm), d'août (97,6 mm), de juin (90,5 mm), de septembre (78,8 mm) et d'octobre (64,9 mm). Ils représentent ainsi la véritable saison sèche à laquelle on peut rattacher le mois de novembre dont le déficit est de 36,5 mm. La somme des déficits est ainsi énorme, totalisant 507,6 mm au mois de février. Au vu de tout ce qui précède, le climat d'Uvira serait un climat tropical à longue saison sèche de l'ordre de 7 mois (type A_{w7}), proche des climats semi-arides ou sahéliens.

Quant à la réserve utile (RU), elle reste très faible au cours de l'année et ne parvient même pas à atteindre le seuil de saturation proposé ici (100 mm). En effet, seuls les mois de mars, d'avril et de mai présentent une RU supérieure ou égale à 20 mm, ce qui est très loin du seuil de saturation. Aucun surplus n'est donc possible, ce qui exclut totalement le ruissellement. Cette situation est d'autant plus accentuée que le sol est très perméable du fait de sa texture sablo-graveleuse à sablo-limoneuse. Ainsi, aucune possibilité de ruissellement et donc d'érosion n'est envisageable sur le replat d'Uvira.

L'origine de l'érosion à Uvira est donc à chercher ailleurs et certainement dans les eaux de ruissellement issues des escarpements plus humides. Ainsi, la lutte contre l'érosion à Uvira consisterait à contrôler ces eaux au pied des escarpements. Il en résulte donc que la construction de la route (projetée) à la base des escarpements en serait la solution grâce à son fossé d'évacuation des eaux. La question que l'on peut alors se poser, est de savoir quelle quantité de pluie tombe sur ces hauteurs représentant l'escarpement du dernier replat qui surplombe directement la cité d'Uvira.

Si nous nous référons aux données pluviométriques du Rwanda étudiées par L. ILUNGA *et al* (2004), nous pouvons supposer, en exagérant un peu, compte tenu de l'humidité concentrée sur le lac par les alizés du SE, qu'il pleut environ 1.400 mm d'eau par an avec une température moyenne d'environ 22° C. Une telle hauteur pluviométrique n'est pas très éloignée de celles enregistrées aux pieds des escarpements similaires mais situés plus au nord, notamment à Nyamunindi (1201,2 mm ; 4 ans), et à Lubarika (1253,4 mm ; 24 ans), voire même à Kalambo au centre de la plaine (1326,0 mm ; 31 ans). Le coefficient d'accroissement pluviométrique serait ainsi d'environ 1,6 et le facteur de diminution des températures de 2°. Les calculs faits sur ces deux bases, nous ont conduit aux données pluviométriques théoriques ci-après utilisées dans le calcul du bilan hydrique, lui aussi théorique.

L'analyse du tableau III nous permet de faire plusieurs constatations importantes. La comparaison des P et ETP (bilan hydrique) montre des excédents d'eau du sol pendant 7 mois de l'année (de novembre à mai) et des déficits pendant 5 mois, soit de juin à octobre. La période particulièrement humide irait de décembre à mai. C'est pendant cette période qu'on observe le surplus susceptible d'entraîner le ruissellement, cause de l'érosion à Uvira. Les mois de mars et d'avril sont les mieux indiqués pour cela : 120,2mm en mars et 128,2mm en avril. Ils sont talonnés par les mois de janvier avec 84,9 mm, de février avec 64,3 mm et enfin de mai avec 52,5 mm. C'est donc pendant ces mois qu'on peut rencontrer beaucoup de problèmes d'érosion dus aux eaux de ruissellement mais aussi aux « coulées des débris ».

Tab. III : bilan hydrique théorique des escarpements surplombant la cité d'Uvira.

Mois Eléments	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
1 T°	22,9	22,8	22,9	23,1	23,1	22,7	22,4	22,7	22,9	23	22,7	23	22,2
2 i	10,01	9,95	10,01	10,15	10,15	9,88	9,68	9,88	10,01	10,08	9,88	10,08	119,75
3 etp	3,015	2,98	3,015	3,085	3,085	2,945	2,84	2,945	3,015	3,05	2,945	3,05	
4 K	30,84	27,93	31,19	30,48	31,56	30,75	31,56	31,47	30,39	31,02	30,03	30,93	
5 ETP	93,00	83,2	94,0	94,0	97,4	90,6	89,60	92,7	91,60	94,60	88,40	94,30	
6 P	177,9	147,5	214,2	222,2	149,9	29,9	3,8	22,6	51,5	79,80	112,2	182,9	1394,4
7 P-ETP	84,9	64,3	120,2	128,2	52,5	-60,7	-85,8	-70,1	-40,1	-14,8	23,8	88,6	
8 Σdéficits						60,7	146,5	216,6	256,7	271,5			
9 RU	100	100	100	100	100	39,3	22,0	10,4	7	6,5	30,3	100	
10 dRU	0	0	0	0	0	60,7	17,3	11,6	3,4	1,5	-23,8	-69,7	
11 ETR	93,0	83,2	94,0	94,0	97,4	90,6	21,1	34,2	54,9	81,3	88,4	94,3	
12 ETP-ETR	0	0	0	0	0	0	68,5	58,5	36,7	13,3	0	0	
13 S	84,9	64,3	120,2	128,2	52,5	0	0	0	0	0	0	18,9	469

L'étude des déficits agricoles (ETP-ETR) ne révèle que 4 mois secs (juillet à octobre) pour 8 mois humides. Le mois de juin profiterait ainsi de la grande réserve d'eau de la période précédente. Quant à la réserve utile, elle atteint la saturation pendant 6 mois soit de décembre à mai.

La classification d'un tel climat selon Köppen serait de type A_{w4}. Il s'agirait ainsi d'un climat de type tropical humide lequel incite aux activités agricoles sur ces régions à fortes pentes. Malheureusement cela entraîne la déforestation et l'aggravation des phénomènes d'érosion par l'absence totale des pratiques anti-érosives.

Dans un tel climat, le processus pédogénétique majeur est la ferruginisation qui se caractérise par la coexistence de la kaolinite et des argiles de type 2/1 telles que les illites et la montmorillonite, lesquelles 2/1 justifient la présence des horizons argiliques (B_t). L'analyse des minéraux argileux effectuée sur les dépôts rouges d'épandage des escarpements similaires de Bujumbura a montré 50% d'illites, 30% de kaolinite, 5% de smectites et 15% d'interstratifiés (L. ILUNGA, 1984). L'existence de grands glissements de terrain « rotationnels » pourrait être conforme à une telle pédogenèse. La présence de la kaolinite est suggérée par la couleur blanchâtre des cicatrices d'arrachement tandis que celle des argiles 2/1 par la fréquence plus élevée des glissements. En effet, alors que la kaolinite se caractérise par un coefficient de retrait faible, les argiles 2/1, par contre, se fissurent fortement sous l'effet de la sécheresse permettant ainsi une infiltration rapide et profonde. C'est cette dernière qui provoque l'acquisition de l'état de liquidité, entraînant la mise en marche des glissements brusques et le déclenchement des « foirages » (J. TRICART, 1974).

Notons toutefois que d'autres causes sont possibles (M.F. THOMAS, 1974) :

- Les fortes précipitations concentrées sur une saison humide qui font que le régolite devient saturé et surchargé d'eau ; ainsi, la pression de l'eau des pores augmente au point de causer la rupture ;
- La destruction du couvert végétal qui supprime l'ombre, favorisant la dessiccation, la fissuration et donc une profonde et forte infiltration d'eau, responsable des glissements de terrain ;
- Les pentes raides proches de 100% induisant :
 - les processus graduels de ruissellement et de creep pouvant conduire au déchaussement des grosses boules avec, comme conséquence, la formation de
 - talus instables susceptibles de foirer ;
 - les décollements et les avalanches accompagnés des flux de sols ;
 - le rajeunissement des sols suite au décapage par le fait de l'érosion.

L'observation des glissements de terrain à Uvira a montré que ces derniers sont localisés dans les bassins de réception. Les eaux des sources observées au pied des cicatrices sont, en aval, bloquées par les loupes de glissements qui ferment le passage (chenal) d'écoulement. Il en résulte que lors des fortes pluies combinées à l'effet des fortes pentes, notamment aux mois de mars et avril, ces loupes saturées et surchargées d'eau connaissent

plusieurs glissements de terrain successifs et donnent lieu à d'importantes « coulées de débris » suggérant des courants laminaires caractérisés par une assez forte viscosité.

Comme on le sait, de tels mécanismes supposent des roches mères qui s'altèrent de façon à produire une proportion substantielle de fins débris et de fortes pentes qui favorisent le ruissellement et une érosion rapide. La grossièreté des éléments s'expliquerait par le fait que les « coulées de débris » se déplacent comme des masses denses et visqueuses dans lesquelles la force est assez importante pour supporter et transporter des blocs de plusieurs mètres de diamètre (4 - 5 m).

La présence de faciès sommitaux pauvres en matrice (Kalimabenge) serait à mettre en relation avec d'éventuelles inondations, connues comme faisant suite aux processus de « coulées de boue » sur les récents cônes alluviaux ; ce qui peut ainsi expliquer le vannage de la fraction fine du cailloutis (SHARP & NOBBLES, 1953 et FAHNSTOCK, 1963 cités par R.J. STEEL, 1974).

ETUDE DES PHOTOS AERIENNES DE 1959

Les photos aériennes de 1959 présentent Uvira comme une plaine alluviale coincée entre le lac Tanganyika à l'est et l'escarpement de la faille occidentale du Tanganyika à l'ouest.

Trois cours d'eau majeurs la drainent : la Kavimvira au nord, la Mulongwe au milieu et la Kalimabenge au sud. Ce drainage permet de subdiviser cette plaine en 4 parties :

- la plaine septentrionale au nord de la Kavimvira ;
- la plaine médiane septentrionale entre la Kavimvira et la Mulongwe ;
- la plaine médiane méridionale entre la Mulongwe et la Kalimabenge ;
- la plaine méridionale au sud de la Kalimabenge.

L'analyse topographique minutieuse de cette plaine montre une série de replats représentant les terrasses aussi bien fluviales que lacustres (figure 2).

Les terrasses fluviales sont les mieux observables à l'endroit où la Kalimabenge et la Mulongwe sortent des escarpements ; 4 niveaux de terrasses y sont visibles. A la Kalimabenge par exemple, ces terrasses présentent des replats topographiques avec un décalage moyen d'environ 5 m.

La terrasse T_I (la plus vieille) se trouve représentée partout au bord de l'escarpement et se caractérise par sa couleur générale rouge. Sa texture est faite de très gros blocs qu'accompagne un faible pourcentage (<10%) de matrice sablo-graveleuse suggérant un mécanisme de type « coulées de débris » (MIALL, 1978, cité par W.E. GALLOWAY et D.K. HOBDAI, 1983). Sa grande extension au bord de l'escarpement correspond à un relief de type « talus » formé par la coalescence de plusieurs cônes alluviaux, ce qui implique un climat semi-aride. Un tel climat semble aussi suggéré par le profil topographique que nous avons fait à partir d'un plan à courbes de niveau de M. BOLLE donné par WEISS (1959). En effet, ce profil topographique montre deux tronçons : le tronçon aval de 4% et le tronçon amont de 8%. Ces pentes sont comparables à celles de 6 à 7% données par W.E. GALLOWAY et D.K. HOBDAI (1983) pour des cônes alluviaux des climats semi-arides et arides. Selon ces mêmes auteurs, les pentes des cônes alluviaux des climats plus humides sont de l'ordre 1,5%.

Les terrasses T_{II} et T_{III} ont une extension variable. Si, le long de la Kalimabenge, elles restent cantonnées au bord de son chenal (E-W), plus au nord, entre la Mulongwe et la Kabondwe, elles ont une extension N-S faisant penser à un talus formé par la coalescence des cônes alluviaux de ces 2 cours d'eau.

La quatrième terrasse T_{IV} est mieux visible sur les bordures septentrionales de la Mulongwe et de la Kalimabenge où elle recoupe la terrasse lacustre. Cette dernière présente une grande extension N-S visible sur toute la plaine. Sa limite occidentale suit approximativement la route Uvira-Bukavu tandis que sa limite orientale suit plus ou moins le bord du lac,

sauf dans la région entre l'hôpital général et la Kabindula où elle est éloignée du lac d'environ 0,5 km.

ETUDE DES SITES A PROBLEMES

Plusieurs sites à problèmes majeurs d'érosion ont été étudiés en vue de comprendre les mécanismes géomorphologiques en action et de proposer des solutions éventuelles.

Les sites de la plaine septentrionale

La plaine septentrionale se localise au nord de la rivière Kavimvira. Cette partie de la plaine n'est pas observable sur les photos aériennes mises à notre disposition, raison pour laquelle elle n'a pas pu être cartographiée.

La partie que nous avons visitée correspond au village de Kinaga (Quartier Rugenge). Elle est limitée au nord par les sources d'eau chaude situées au pied d'un promontoire en roches précambriennes qui s'avance dans la plaine. La partie entre la Kavimvira et ce promontoire représente une indentation caractérisée par une topographie relativement basse par rapport à la route Uvira-Bukavu. Il s'agit là d'une véritable dépression qui reçoit ses eaux de l'escarpement tout proche. Le plus méridional de ses rus présente un bassin de réception issu d'un grand glissement rotationnel mais vidé totalement de sa loupe. Le second, plus septentrional présente deux glissements rotationnels en activité dotés encore de leurs loupes susceptibles de causer des « coulées de débris » lors d'éventuelles averses violentes. Les eaux des ruisseaux viennent alors se déverser dans la région de piedmont y entraînant des inondations et des alluvions provoquant la destruction du Quartier Rugenge.

Il n'est pas évident que le fossé aménagé et qui conduit ses eaux à travers une buse sous la route soit réellement efficace. En effet, la pente topographique, orientée vers l'ouest est opposée à celle du fossé orienté, lui, vers l'est.

Il serait donc utile qu'une étude minutieuse du système de drainage soit faite sur base d'une bonne analyse topographique

Les sites de la plaine médiane septentrionale

Cette partie de la plaine s'étend entre la Kavimvira, au nord et la Mulongwe, au sud. Elle est marquée essentiellement par des phénomènes d'inondation-alluvionnement comme dans le cas du Quartier Rugenge (Runaga). Cinq sites ont été étudiés à savoir la Kavimvira, l'Institut Confortis, la Station moderne, Kibondwe et Kasenga-reboisement.

Le site de Kavimvira

Ce site correspond au chenal de la rivière Kavimvira, lequel est profondément encaissé dans les alluvions fluvio-lacustres représentant la terrasse T₁ juste en amont du pont. La berge septentrionale, située sur un seuil rocheux, présente une quarantaine de mètres de haut à partir du talweg contre une vingtaine de mètres pour la berge méridionale. Une nette rupture de pente N-S d'une dizaine de mètres est visible juste en aval du pont suggérant l'existence d'une faille N-S à cet endroit.

En aval du pont, déjà suffisamment affouillé, la Kavimvira décrit quelques méandres divagants entraînant la destruction des habitations et la formation de bancs sableux de coudes (point bars). Plus en aval, à son embouchure sur le lac, l'excès de sa charge lui fait adopter un comportement de « rivière à tresses » (braided river) favorisant la mise en place d'un delta qu'élargit la divagation des ses chenaux.

La solution à cette divagation destructrice consisterait à contrôler la mobilité du chenal probablement par des gabions étanchés et par un dragage régulier.

Le site de l'Institut Confortis

Ce site est observable sur le bord occidental de la route Uvira-Bukavu, à 0,5 km au sud du pont sur la Kavimvira. Il s'agit, en fait, d'une zone basse située non loin du pied de la rupture de pente (± 5 m) de la terrasse T_I qui forme un rentrant topographique à cet endroit. Ce dernier est entaillé par un ravin qui est le prolongement d'un ru venant de l'escarpement et qui déverse ses eaux dans la zone basse au bord de la route. Plusieurs ravins et ravineaux sont également visibles sur le haut de ce rentrant d'où chutent les eaux vers la zone basse d'inondation-alluvionnement ; ce qui a nécessité l'établissement d'une buse calibrée sous la route afin de pouvoir évacuer les eaux.

Un canal avec piège à sédiments (régulièrement entretenu) en amont de la buse calibrée semble être la solution pour améliorer l'écoulement, sans oublier le contrôle aval des eaux.

Le site de la station moderne

Comme le site précédent, ce dernier se situe sur le bord ouest de la route Uvira-Bukavu, mais à 1,3 km au sud du pont de la Kavimvira. Il correspond également à l'ouverture d'un autre rentrant topographique de la terrasse T_I. Le talus de cette dernière, haut d'environ 5 m, voit s'écouler les eaux de ruissellement diffus sur les roches gneissiques à peine entaillées. L'origine de ces eaux est à mettre en relation avec l'existence, à l'ouest, d'un ru sur l'escarpement. Ce sont ses eaux qui viennent former, au piedmont du rentrant, une zone d'inondation-alluvionnement.

La solution au problème posé semble être la même que dans le cas précédent.

Le site de Kibondwe

Ce site se situe aussi à l'Ouest de la route Uvira-Bukavu, à environ 1,7 km au sud du pont sur la Kavimvira. Il s'agit d'une grande indentation de la terrasse T_I dans laquelle une autre terrasse est visible, la terrasse T_{II}. Au pied de cette dernière, haute d'environ 5 m, la non canalisation des eaux conduit à la formation d'un cône alluvial surbaissé sur la bordure occidentale de la route. Ces eaux chargées de sédiments sablo-graveleux à sablo-limoneux ont bouché la buse et se sont déversées par-dessus la route pour aller ensevelir les habitations en aval jusqu'à la hauteur des fenêtres (~ 1,5 m). L'origine de ces eaux est l'existence d'un ruisseau important, la Kibondwe, issu de l'escarpement, et dont les eaux sont grossies par celles des rus voisins, plus petits, situés plus au sud.

Un canal avec piège à sédiments (régulièrement entretenu) en amont de la buse calibrée, serait la solution, sans non plus oublier le contrôle aval des eaux.

Le site de Kasenga-reboisement

Ainsi que le précédent, ce site se localise à l'ouest de la route Uvira-Bukavu, au pied de la terrasse T_{II}. Il s'agit également d'une zone d'inondation-alluvionnement. Ses eaux proviennent de 4 rus qui descendent de l'escarpement et viennent se joindre dans la plaine. Plusieurs cônes alluviaux sont visibles sur les deux terrasses mais le problème majeur semble se localiser au pied de la terrasse T_{III} qui constitue actuellement une vaste zone d'inondation - alluvionnement détruisant et ensevelissant des habitations.

Ici comme dans le cas du Quartier Rugenge (Kinaga), une étude minutieuse du système de drainage doit être faite sur base d'une bonne étude topographique dans le but d'évacuer ces eaux chargées de sédiments.

Les sites de la plaine médiane méridionale

Il s'agit ici de la partie de la plaine qui s'étend entre la Mulongwe au nord et la Kalimabenge au sud. Elle est subdivisée en deux par le ruisseau Kakungwe :

- la partie septentrionale représentant l'ancien cône alluvial de la Mulongwe qui coule actuellement vers son extrémité nord. Aucun problème majeur n'existe sur cette partie de la plaine à l'exception de la région riveraine de la Mulongwe.
- la partie méridionale au sud de la Kakungwe où l'on observe plusieurs cas de ravinements et de « coulées de débris » présentant de véritables menaces pour les habitations et la population. Nous pouvons citer ici le cas des ravins Kakungwe, Nyarumanga et Kabindula.

Le site de la Mulongwe

Le site de la Mulongwe représente la zone riveraine de cette dernière qui a migré vers la bordure nord de son cône alluvial. Deux régions à problèmes sont observables :

- la région à la sortie de la Mulongwe des escarpements,
- la région en aval du pont sur la route Uvira-Bukavu.

La région à la sortie des escarpements

A sa sortie des escarpements, la Mulongwe s'encaisse d'une cinquantaine de mètres dans son cône alluvial et notamment dans la terrasse T₁ de couleur rouge et à très gros blocs.

Au lieu de s'écouler directement d'ouest en est, elle est déviée vers sa gauche dans la direction NE sur une distance d'environ 0,5 km avant de se diriger vers l'Est, dans la direction du lac Tanganyika, à la hauteur de l'usine de traitement d'eau de la REGIDESO construite par la société Nord-France.

Ce changement de direction, juste à la sortie des escarpements (± 30 m), à l'endroit où la Mulongwe dispose encore d'une grande énergie est à la base de la destruction partielle de la dalle du déversoir du captage de la REGIDESO et d'un épais mur de protection du Quartier de la rive droite. Plus en aval et sur la même rive, les eaux torrentielles ont détruit partiellement le grand gabion de protection de l'usine de traitement d'eau.

Dans ce cas, on n'a pas d'autre solution que la reconstruction régulière du mur et des gabions. Heureusement que des destructions de cette ampleur arrivent généralement avec une récurrence moyenne d'une vingtaine d'années.

La région en aval du pont sur la route Uvira-Bukavu

La région en aval du pont est une région d'alluvionnement sablo-graveleux important qui oblige la Mulongwe à adopter un comportement de type rivière à tresses (braided river) avec des bancs longitudinaux, linguoïdes et transversaux. Cette charge importante, non contrôlée lors de fortes crues, cause la migration du chenal de la rivière dans la zone deltaïque. C'est cette migration qui occasionne la destruction des habitations riveraines. Un gabionnage étanche du lit accompagné d'un dragage régulier s'avère indispensable. L'emplacement actuel de la Mulongwe ne correspond pas à la situation cartographique établie sur base des photos aériennes de 1959.

Le site de Kakungwe

La Kakungwe est un ruisseau qui se localise à environ 1,3 km au sud du pont sur la Mulongwe à un endroit où la région des escarpements forme un léger promontoire. Ce dernier s'avance dans la plaine fluvio-lacustre, elle-même réduite à une largeur de moins de 300 m, étant donné la proximité du lac. La route Uvira-Bukavu est située juste au contact de l'escarpement et de la plaine alluviale. A cet endroit, les eaux du ruisseau passent sous la route

par trois buses qui dirigent les eaux dans un chenal non maçonné en aval de la route. Ces eaux non contrôlées créent des dégâts énormes aux habitations, notamment par la migration du chenal près du delta.

Le gabionnage du lit de la Kakungwe et son dragage régulier, constituent la solution à ces inconvénients.

Les sites de Nyarumanga-Kabindula

Les sites de Nyarumanga-Kabindula sont sous le contrôle direct des eaux qui descendent des escarpements. Plusieurs rus y sont visibles qui rassemblent leurs eaux dans la plaine, au pied de l'escarpement. Cette concentration des eaux cause un profond ravinement. Trois ravins se détachent ainsi et sont du nord au sud, les ravins Shishi, Nyarumanga et Kabindula. Leurs mécanismes de fonctionnement restent les mêmes : l'existence de grands glissements dans les bassins de réception des rus, le blocage des eaux des sources par les loupes de glissements, qui connaissent elles-mêmes plusieurs glissements de terrain et le déclenchement des « coulées de débris » lors de pluies torrentielles. Ce sont ces « coulées de débris » dont la dernière a eu lieu en 2005 (Nyarumanga) ainsi que les eaux torrentielles qui détruisent tout au passage. Plusieurs habitations ainsi que le cimetière situé non loin de l'Institut Zawadi et de l'hôpital général d'Uvira ont été ainsi, soit détruits, soit fortement endommagés.

Les dégâts étant causés par le rassemblement des eaux des ruisseaux au piedmont des escarpements, la solution idéale serait de contrôler ces eaux au sortir de ceux-ci, peut-être par un fossé périphérique, notamment pour les rus au nord de la Nyakariba. Une solution alternative serait de canaliser ces ravins. Dans les deux cas, il s'agirait des solutions coûteuses. Par ailleurs, la construction d'une route périphérique serait une alternative, dans la mesure où son fossé permettrait le contrôle des eaux de ruissellement venant des escarpements.

Les sites de la plaine méridionale

Cette partie de la plaine se localise au sud de la Kalimabenge. Elle comprend deux sites, celui de la Kalimabenge et celui du glissement rotationnel près du port de Kalundu.

Le site du port de Kalundu

Le site du port de Kalundu correspond à une gigantesque loupe de glissement de terrain rotationnel qui a eu lieu en 1987 et qui a obstrué la route vers le port. Il s'agit d'une énorme masse de terrain qui s'est déplacée en bloc sans dérangements apparents. Il faut donc, comme dans les autres cas, attendre une forte concentration des masses d'eau des sources au pied de l'amphithéâtre pour voir la loupe donner lieu, lors de violentes averses, à des « coulées de débris » qui vont certainement bloquer totalement le passage, non seulement vers le port, mais aussi vers les régions méridionales de Fizi.

Aucune solution n'est envisageable pour la route, vu la proximité du Tanganyika et l'énergie colossale accompagnant les « coulées de débris » qui s'avanceront jusque dans le lac pour y former un cône-delta. L'éventuel déplacement du port de Kalundu ne serait pas une véritable solution car il va toujours falloir relier Uvira aux régions méridionales. Il s'avère donc nécessaire, dès à présent, de commencer l'étude d'un tracé de route de secours vers ces régions.

Le site de la Kalimabenge

Ce site correspond à la région riveraine de la Kalimabenge. Cette dernière a conservé un tracé W-E à travers un important cône alluvial fait de très gros blocs de pierres dont certains dépassent 4 m d'épaisseur. L'apport de pierres de telles dimensions résulte

certainement de mécanismes de type « coulées de débris » qui impliquent de gigantesques énergies. L'origine de ces « coulées de débris » est à chercher probablement sur la rive droite (sud) de la Kalimabenge au contact de l'escarpement et de la terrasse T₁. Les blocs formant cette dernière seraient remobilisés par les eaux de ruissellement des escarpements. Ces dernières se seraient infiltrées et auraient trouvé un soubassement rocheux imperméable sous la terrasse T₁ qui aurait ainsi favorisé le glissement de terrain et les « coulées de débris ». Celles-ci, accompagnées de crues, ont alors encombré le chenal et détruit les habitations sur leur passage allant du piedmont des escarpements jusqu'à plusieurs centaines de mètres en aval du pont.

Plus en aval, au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'embouchure de la Kalimabenge, la taille des éléments détritiques diminue nettement jusqu'à atteindre celle du sable. Le lit apparent (chenal principal), chargé de ce sable et à faible hauteur d'eau, forme des méandres divagants qui détruisent les habitations malgré leur protection, assurée parfois par des murs maçonnés et des gabions. Il en est de même des chenaux secondaires en tresses (braided) qui se forment dans ce chenal principal par excès de charge et diminution de pente longitudinale. Tout en formant des bancs sableux (bars) longitudinaux, transversaux et linguoïdes, ces chenaux secondaires divagants mordent sur les berges du chenal principal qu'ils reculent progressivement, menaçant les habitations.

Deux problèmes se posent donc : lutter contre les « coulées de débris » de la terrasse T₁ et contre les divagations du chenal principal.

La lutte contre les « coulées de débris » consisterait à :

- contrôler la circulation des eaux hypodermiques dans la terrasse T₁ et les diriger vers la Kalimabenge par un système de drainage bien étudié ;
- draguer régulièrement le chenal principal de la Kalimabenge.

La lutte contre la divagation du chenal principal consisterait en même temps à draguer régulièrement la charge sableuse et à cantonner le chenal principal par des gabions étanchés.

CONCLUSIONS

La cité d'Uvira, située sur un replat géomorphologique étroit et allongé, exerce plusieurs attraits sur les populations environnantes, ce qui implique sa nette surpopulation : 150.000 habitants contre moins de 10.000 prévus. Ceux-ci, prisonniers d'une superficie de 16 km² n'ont plus d'autre choix que de s'accrocher aux pentes raides des escarpements aussi bien pour y loger (constructions anarchiques) que pour y cultiver (déboisement).

Son climat de type A_{w7} de Köppen est plus proche des climats semi-arides. Son bilan hydrique ne montre aucun surplus susceptible d'entraîner le ruissellement sur un sol très perméable de texture sablo-graveleuse à sablo-limoneuse.

L'origine de l'érosion à Uvira est donc à chercher ailleurs ; certainement dans les eaux de ruissellement issues des escarpements plus humides. Théoriquement, ces derniers connaîtraient un climat de type tropical humide à période particulièrement pluvieuse allant de décembre à mai, susceptible de créer un surplus d'eau dans le sol. Ce surplus causerait alors un ruissellement, principalement aux mois de mars et d'avril.

Un tel climat favoriserait la ferruginisation conduisant à la coexistence de la kaolinite et des argiles 2/1 ainsi que le suggèrent l'existence de grands glissements de terrain rotationnels dans les bassins de réception des ruisseaux. Les eaux des sources observées aux pieds des cicatrices d'arrachement sont, en aval, bloquées par les loupes de glissement qui ferment le passage d'écoulement. Ces loupes deviennent ainsi saturées et surchargées d'eau et par l'effet conjugué de fortes pentes donnent lieu à des glissements de terrain successifs et à

des « coulées de débris ». Ce sont ces dernières qui expliquent le transport d'énormes blocs de pierres dont certains atteignent le diamètre de 4 à 5 m.

Les rus qui descendent des escarpements transportent des alluvions qu'ils déposent aux pieds des terrasses, occasionnant les zones d' « inondation-alluvionnement » détruisant les maisons en briques adobes par excès d'humidité. Quand les inondations sont importantes, elles bouchent les buses d'évacuation, débordent sur les routes et vont ensevelir partiellement l'habitat situé en aval. Là où les ruisseaux sont plus importants et plus encaissés, ils forment de profonds ravins qui détruisent les habitations sur leur chemin. Les cours d'eau plus importants connaissent vers leurs embouchures respectives la divagation des chenaux qui n'épargnent rien sur leur passage.

Plusieurs solutions sont ici proposées pour régler les différents cas constatés :

- Pour les zones « d'inondation-alluvionnement » il est conseillé d'effectuer une étude topographique détaillée et sérieuse, de renforcer la canalisation des eaux avec des pièges à sédiments et l'installation de buses correctement calibrées tout en assurant le contrôle aval des eaux ;
- Pour les régions riveraines situées en aval des grands cours d'eau qui adoptent un comportement divagant, il est nécessaire d'en assurer le contrôle par une action conjuguée du gabionnage et du dragage régulier des rivières ;
- Enfin, en ce qui concerne les eaux de ruissellement qui descendent des escarpements, leur contrôle par la canalisation ou par un important fossé périphérique représente une solution coûteuse, mais indispensable à la sauvegarde de la localité.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent à Mr. Philippe TREFOIS du Musée Royal de l'Afrique Centrale de Tervuren pour la mise à notre disposition des photos aériennes de 1959 et aux ONG ACTED et BEST qui nous ont facilité la réalisation de la présente étude.

BIBLIOGRAPHIE

- ACTED ET SERVICES TECHNIQUES D'UVIRA, 2006. Compte rendu de la réunion entre ACTED et les services techniques du territoire d'Uvira, inédit.
- BELLON, H. & POUCKET, A., 1980. Datation K-Ar de quelques laves du Rift-Ouest de l'Afrique Centrale : implications sur l'évolution magmatique et structurale. *Geol. Rdsch.*, 69,1 : 49-62.
- GALLOWAY, W.E. & HOBDAV, D.K., 1983. Terrigenous clastic depositional systems. Springer-Verlag, New York, 413 p.
- GERMAIN, R., 1952. Les associations végétales de la plaine de la Rusizi (Congo belge) en relation avec le milieu. Publ. INEAC, Série Sci, no 52, Bruxelles.
- ILUNGA, L., 1984. Le Quaternaire de la plaine de la Ruzizi. Thèse de doctorat. Vrije Universiteit Brussel, inédit, 353p.
- ILUNGA, L., MUHIRE, I. & MBARAGIJIMANA, C., 2004. Saisons pluviométriques et origine des pluies au Rwanda. *Géo-Eco-Trop*, 28, 1-2 : 61-68.
- KERGREIS, A., et CLAUDE, J., 1991. Utilisation rationnelle de l'eau des petits versants en zones arides. Ed. AUPELP-UREF. John Libbey. Eurotext. Paris, 139-161.
- LAMBERT, R., 1979. Cours d'hydrologie. ISP/Bukavu, inédit.
- PEGUY, Ch.P., 1970. Précis de climatologie. Masson, Paris, 468 p.
- STEEL, R.J., 1974. New Red Sandstone floodplain and piedmont sedimentation in the Hebridean Province, Scotland *J.sedim.Petrol*, 44 : 336-357.
- THOMAS, M.F., 1974. Tropical geomorphology. Macmillan, London, 331 p.
- TRICART, J., 1974. Le modelé des régions chaudes (Forêts et savanes). Sedes, Paris, 337 p.
- WEISS, G., 1959. Le pays d'Uvira. Mémoire in-8o, Nouvelle série, Tome VIII, fasc.5 et dernier. Bruxelles, 307 p.

