



# RISQUES ET CATASTROPHES NATURELS SUR LE MONT MUGHULUNGU AU NORD-KIVU EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO : DIAGNOSTIC ET THERAPIE D'UNE CRISE

Par

KAKULE VYAKUNO Joseph Emmanuel

## RESUME

Les risques et les catastrophes naturels défraient la chronique. Cet article rappelle les risques naturels constatables sur le mont Mughulungu situé en Territoire de Beni, au Nord-Kivu, en RDC. Ces risques sont liés à la structure géologique, à la sismicité, à la topographie, à la lithologie, à la pluviosité et à l'anthropisation.

Ces risques se sont transformés en catastrophes naturelles suite à une pluie exceptionnelle le 19 Décembre 2012. Quatre phénomènes se sont déroulés, les deux derniers tuant 19 personnes. Des glissements de terrain ont détruit des champs. Une chute de pierre a détruit une habitation ainsi que des champs. Des laves torrentielles ont détruit des habitations et tué un homme. Une coulée boueuse a tué 18 personnes et englouti des habitations, des biens matériels et des champs.

Pour éviter ces risques et ces catastrophes, cet article propose des solutions. A très court terme, il faut évacuer la montagne en cas de pluie exceptionnelle. A court terme, il faut réserver la montagne à l'agriculture, à l'agroforesterie, au tourisme et y éviter toute habitation humaine. Enfin, à long terme, il faut y installer des stations de surveillance météorologique et sismique.

Ainsi, la Géographie se met au service de la gestion de l'environnement, de la protection civile et de l'aménagement du territoire.

## ABSTRACT

Natural risks and catastrophes defray the chronicle. This article reminds natural risks happening on Mughulungu mountain in Beni Territory, in North Kivu, in the DRC. These risks depend upon geological structure, seism, topography, lithology, rainfall and human activities.

These risks became natural catastrophes because of an exceptional rainfall on 19<sup>th</sup> December 2012. Four phenomena happened, the two latter killed 19 persons : the landslide destroyed farms, a stone fall destroyed a house and farms, torrential flows destructed houses and killed one person, and a slide flow killed 18 persons, covered houses, materials possessions and farms.

To avoid this risks and catastrophers, this article proposes solutions. In a very short delay, it is good to leave the mountain during a long rainfall. In short delay, it is good to affect the mountain to silviculture, agroforstery, tourism and to forbid there any human inhabitant. Finally, in a long delay, it is good to put there meteorologic an sismic station in purpose to observe.

In this way, Geography serves the environment management, the population protection and the territory management.

## INTRODUCTION

Les événements qui défraient la chronique des journaux radiodiffusés, télévisés ou écrits sont généralement ceux qui annoncent des morts d'hommes. Ces morts sont provoquées par des guerres, des attentats, des maladies et des catastrophes naturelles ou technologiques. Le monde actuel semble établir une division internationale des malheurs comme il a déjà établi une division internationale du travail. En effet, les attentats terroristes et les catastrophes technologiques semblent réservés au pays riches et les guerres, les épidémies et les catastrophes naturelles aux pays pauvres. En plus, des phénomènes tragiques frappent parfois des contrées sans répercussion dans les mass médias et passent inaperçus. Ainsi, pour certains événements tragiques, « on croit que ça n'arrive qu'aux autres », comme le dit ce vieux dicton. Effectivement, des catastrophes naturelles, tuant 19 personnes, se sont déroulées sur le mont Mughulungu, situé en territoire de Beni en RDC, le 19 Décembre 2012. Pour les tirer de l'oubli, cet article en décrit les causes et le déroulement et y propose des remèdes. Il se veut un diagnostic et une thérapie de cette crise.

Pour ce faire, il suit une méthode systémique. Celle-ci considère le phénomène en étude comme un ensemble composé d'éléments. Chaque élément joue un rôle dans l'ensemble et vit en interrelation avec les autres. On a par exemple des rapports de cause à effet et d'effet à remède. La méthode systémique est mise en œuvre par l'usage de ces trois techniques : l'observation, l'interview et la revue de la littérature scientifique. Par l'observation, nous avons constaté de nos yeux et touché de nos mains les éléments de la nature et les dégâts qu'ils sont provoqués. Ces éléments et leurs effets ont été photographiés pour illustrer notre discours. Par l'interview, nous avons posé des questions aux témoins et aux survivants des catastrophes. Leur témoignage nous renseigne sur le déroulement de la tragédie. Enfin, par la revue de la littérature scientifique, nous avons consulté des documents écrits pour expliquer le mécanisme des événements advenus sur le terrain.

En suivant cette méthode, nous avons abouti à des résultats que nous exposons dans quatre points. Le premier point trace le cadre conceptuel où nous définissons le risque et la catastrophe. Il donne l'extension mondiale de ces phénomènes et en dénonce l'existence sur le mont Mughulungu. Le deuxième point décrit les aléas naturels et anthropiques qui constituent les risques naturels sur le mont Mughulungu. Le troisième point dépeint les catastrophes naturelles qui se sont déroulées sur cette montagne. Enfin, le quatrième point propose des remèdes à cette crise.

### 1. NOTIONS DE RISQUE ET DE CATASTROPHE

Dans ce point nous définissons le risque et la catastrophe et en donnons le contexte général à l'échelle mondiale et le contexte particulier à l'échelle locale.

#### 1.1. DEFINITIONS ET CONTEXTE GENERAL

Le risque se définit simplement comme un danger dont on peut jusqu'à un certain point mesurer l'éventualité, que l'on peut plus ou moins prévoir (Hachette, 1991). Dans les Sciences naturelles et dans les Sciences sociales, le risque s'avère une combinaison d'un aléa et d'une vulnérabilité (Pivot et Rychen, 2003, Dubois-Maury, 2004). Simplement encore, l'aléa se définit comme un risque, une tournure hasardeuse que peuvent prendre les événements (Hachette, 1991). L'aléa est plus finement défini comme l'événement possible, très inégalement prévisible. C'est le *hazard* de la littérature anglo-saxonne, qui peut être naturel, technologique et social. L'aléa est naturel s'il dépend des éléments de la nature, c'est-à-dire du monde physique. Il est technologique s'il dépend des activités de l'homme comme l'industrie et le transport. Il est social s'il dépend de l'organisation de la société et du comportement de l'homme comme le banditisme et la guerre. L'aléa a une intensité, qui détermine son niveau de gravité potentielle sur une échelle de valeur (Dubois-Maury, 2004). Cette échelle correspond aux dégâts matériels ou humains qu'il provoque. De là vient le concept de vulnérabilité. La vulnérabilité est le caractère vulnérable de quelqu'un, de quelque chose. Vulnérable, à son tour, signifie ce qui peut être blessé, atteint physiquement (Hachette, 1991). La vulnérabilité correspond à l'enjeu, c'est-à-dire à ce que l'on risque de gagner ou de perdre dans une entreprise ou dans une compétition (Hachette, 1991). La vulnérabilité est constituée des biens naturels, matériels et des vies humaines qu'un aléa peut détruire. Ainsi, le risque, en combinant l'aléa et la vulnérabilité, atteint le niveau de la catastrophe si la vulnérabilité est importante.

La catastrophe se définit comme un événement désastreux, calamiteux, un événement malheureux, qui porte préjudice (Hachette, 1991). La catastrophe est un événement dramatique suivi de graves conséquences (Dubois-Maury, 2004). C'est un palier atteint par un aléa sur une échelle d'évaluation des dégâts que cet aléa provoque. Par exemple, pour le séisme, le niveau de catastrophe se situe en onzième position sur l'échelle de Mercalli, qui va du niveau un, dit imperceptible, au niveau douze, dit cataclysme, suivant la gradation que voici : 1<sup>er</sup> degré : insensible à l'homme ; 2<sup>ème</sup> : très faible ; 3<sup>ème</sup> : faible ; 4<sup>ème</sup> : médiocre ; 5<sup>ème</sup> : assez

fort ; 6<sup>ème</sup> : fort ; 7<sup>ème</sup> : très fort ; 8<sup>ème</sup> : ruineux ; 9<sup>ème</sup> : désastreux ; 10<sup>ème</sup> : très désastreux ; 11<sup>ème</sup> : catastrophique et 12<sup>ème</sup> : cataclysmique (Pomerol et Renard, 1997).

En considérant les dégâts provoqués et les coûts qu'ils représentent pour les sociétés d'assurance, on fixe le seuil de catastrophe pour un risque à partir d'une perte de 20 vies humaines, de 2 000 sans abris et au-delà d'un montant de 35 millions de dollars de dommages assurés, chiffre soumis à réévaluation chaque année (Dubois-Maury, 2004).

À partir de ces définitions on constate qu'il y a beaucoup de risques dans le monde, qu'ils soient naturels, technologiques ou sociaux. Ces risques provoquent des catastrophes dont les chercheurs évaluent l'ampleur. On évalue à environ 1 330 000 personnes mortes ou disparues dans les catastrophes passées durant les dernières décennies. Parmi ces catastrophes, les catastrophes naturelles sont les plus meurtrières, allant jusqu'à 86,8 % de victimes tandis que les catastrophes technologiques ne représentent que 13,2 %. Parmi les catastrophes naturelles, le bilan est à son tour différent, selon qu'il s'agit d'aléas climatiques ou géomorphologiques. Les phénomènes climatiques sont responsables de 44,4 % de pertes humaines, les séismes de 40,7 % (Dubois-Maury, 2004). Selon Dars (1994), les glissements de terrain, les éruptions volcaniques et les raz de marée font 3 % de morts de catastrophes naturelles dans le monde. L'aléa géomorphologique crée par exemple en Afrique centrale une vulnérabilité reconnue au niveau globale. Au sein même des aléas géomorphologiques, ce sont les glissements de terrain qui provoquent plus de morts que les séismes. Nous signalons le cas arrivé en Uganda la nuit du 1er au 2 octobre 2010 avec trois villages ravagés et plus de 400 morts (Muhindo Sahani, 2011).

À partir de toutes ces définitions et de ces informations, les lignes qui suivent démontrent qu'il y a des risques et des catastrophes naturels sur le mont Mughulungu.

## **1.2. ACTUALITE DU PROBLEME ET CONTEXTE PARTICULIER DU MONT MUGHULUNGU**

Le mont Mughulungu se trouve dans le Territoire de Beni, au Nord-Kivu, dans la Chefferie de Bashu et dans le Groupement d'Isale-Bulambo. Il se situe dans la zone quadrillée par les coordonnées absolues 29° E et 29° 30 E, 0° et 0° 30 N et les coordonnées relatives 10 020 000 et 10 040

00 dans le sens latitudinal et 760 000 et 780 000 dans le sens longitudinal (Département des mines, 1981).

Le mont Mughulungu fait partie de la chaîne des monts Mitumba, qui constituent le massif de bordure ou dorsale, à l'Ouest du fossé tectonique, appelé aussi *rift valley*. Ce rift, dit rift Albertin, longe la frontière orientale de la République Démocratique du Congo. Les monts Mitumba s'étirent du Sud-Kivu au Nord-Kivu. Ils sont interrompus au niveau de Goma par les volcans et à Beni par la plaine, qui s'assimile, de par ses caractéristiques physiques, à la cuvette centrale. Ces monts reprennent à l'Ouest du lac Albert, où ils prennent le nom de « monts Bleus ».

Faisant partie de cet ensemble morphologique, le Mont Mughulungu s'est formé au Tertiaire avec le soulèvement général de toute la chaîne de bordure du rift Albertin. Ce soulèvement a porté en altitude des anciennes surfaces d'aplanissement avec leurs roches. Dans ce processus orogénique, les roches précambriennes de ces surfaces ont été métamorphosées. C'est la raison pour laquelle on rencontre, dans le granit, constituant la roche principale de cette montagne, des quartzites, qui sont des roches issues du métamorphisme du quartz, et des gneiss, qui résultent du métamorphisme du granit. Toutes ces roches sont leucocrates, c'est-à-dire de couleur blanche. La constitution granitique de ce relief lui donne la forme plus ou moins arrondie au sommet, car le granit s'altère plus facilement que certaines roches dures, et non en aiguille (Département des mines, 1981 et Kakule Vyakuno, 2006).

Replacé dans ce contexte morphogénique, le mont Mughulungu compte parmi les sommets les plus élevés des Territoires de Beni et Lubero. Son altitude est supérieure à 2500 m car il dépasse les collines environnantes, qui sont déjà très élevées et approchent les 2000 m d'altitude.

Historiquement, le mont Mughulungu est très important dans la mémoire collective du peuple Nande ou Yira, qui habite la région. En fait, au XVIII<sup>ème</sup> siècle, c'est sur ce mont qu'une partie de ce peuple a marqué un arrêt à sa sortie du Royaume de Kitara-Nyoro, situé à l'Est du Ruwenzori, après avoir traversé la Semuliki « à pied sec sur le dos d'un dragon ». C'est à partir du mont Mughulungu que la plupart des nande ont essaimé dans les deux Territoires de Beni et Lubero jusqu'à connaître leur extension actuelle. Preuve en est, près de cette montagne se trouve la localité d'Isale, qui est le bastion de la tradition culturelle du peuple Yira. Cette importance historique de la montagne en étude est illustrée par la figure qui suit, qui montre la flèche centrale de la migration s'arrêter précisément sur le mont Mughulungu :

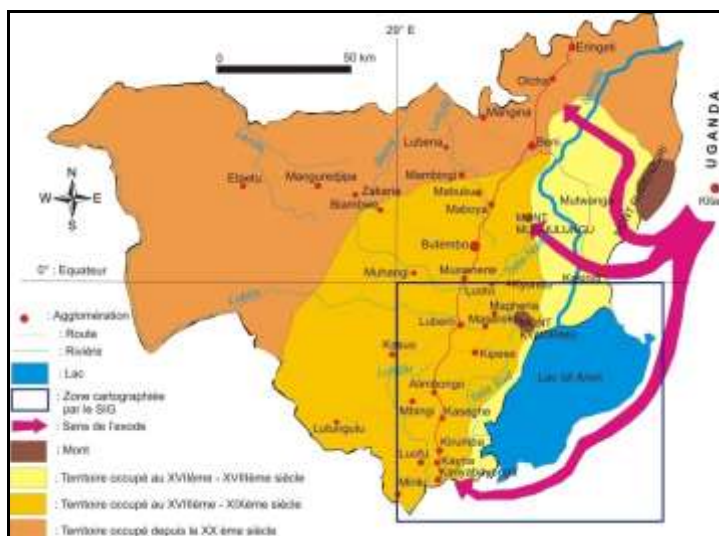


Figure 1 : Localisation et importance historique du mont Mughulungu. Source : Kasay Katsuva (1988) et Kakule Vyakuno (2006).

De ce qui vient d'être dit, il s'avère donc très capital de considérer sérieusement les risques et les catastrophes naturels qui se remarquent ou se déroulent sur le mont Mughulungu, patrimoine naturel et historique du peuple Yira. Effectivement, le 19 Décembre 2012, sur cette montagne historique, des catastrophes naturelles ont tué 19 personnes. Suivant la définition de la catastrophe donnée plus haut et fixant le seuil de 20 morts, nous estimons que le chiffre 19 du mont Mughulungu est déjà suffisant pour y parler de catastrophes. En « descendant » sur terrain, ou plutôt en « montant » sur terrain, car il s'agit d'une montagne, en date du 30 décembre 2012, profitant de la logistique de l'équipe du Centre de Promotion Socio-Sanitaire (CEPROSSAN), nous croyons faire le constat des catastrophes qui venaient de s'y abattre quelques semaines plus tôt, mais, à notre grande surprise, nous avons non seulement noté le déroulement des catastrophes passées et énuméré le nombre des morts, mais nous avons aussi relevé les risques naturels qui pèsent en permanence sur la montagne. Nous avons en effet noté des phénomènes érosifs ou dynamiques potentiellement dangereux, mais n'ayant pas provoqué de victimes, et avons monté directement des stratégies de lutte contre les catastrophes naturelles sur le site concerné et sur d'autres sites similaires.

Le mont Mughulungu, inséré dans la dorsale occidentale du rift albertin est en effet un lieu propice aux aléas telluriques tels que les séismes, les glissements de terrain et l'érosion, qui affectent les dorsales de ce fossé tectonique. Ce risque est reconnu et représenté sur la carte ci-

après, sur laquelle il faut situer le mont Mughulungu au Nord-Est de Butembo et qui présente la distribution spatiale des mouvements de masses qui se produisent le long du rift Albertin :

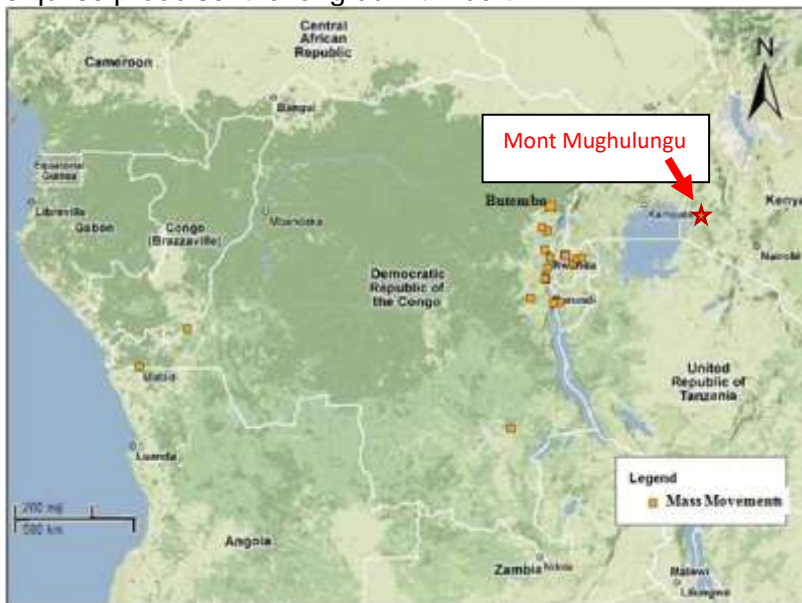


Figure 2 : Localisation spatiale du mont Mughulungu et des mouvements de masses le long du rift Albertin (Nos observations et Muhindo Sahani, 2011).

Situé dans ce contexte géodynamique, le mont Mughulungu présente effectivement des aléas, c'est-à-dire des facteurs constitutifs de risques et qui peuvent provoquer des catastrophes naturelles.

## 2. ALEAS SUR LE MONT MUGHULUNGU.

Pour comprendre les risques présents et les catastrophes qui se sont abattues sur le mont Mughulungu, il convient de découvrir les aléas desdits risques et catastrophes. Ces facteurs sont physiques, c'est-à-dire liés à la nature, et anthropiques, c'est-à-dire liés à l'activité de l'homme.

### 2.1. LES ALEAS PHYSIQUES.

Les aléas physiques sont tous les éléments du monde physique ou naturel qui constituent un risque ou peuvent faire présager une catastrophe. Pour le cas du Mont Mughulungu, suite à nos observations et au témoignage de la population, nous avons individualisé les facteurs suivants : la structurale géologique, la sismicité, la topographie, la lithologie et la pluviosité.

### 2.1.1. La structure géologique.

Au point de vue géologie structurale, le Mont Mughulungu, formé essentiellement de granits, de quartzites et de gneiss, comme nous l'avons déjà dit plus haut, accuse aussi des failles dues à l'orogénèse tertiaire. En effet, comme massif de bordure, cette montagne a été élevée en altitude par la poussée interne du magma pendant que le fossé tectonique ou rift, qui la jouxte à l'Est, connaissait un affaissement dû à l'amincissement de la croûte terrestre chauffée par la remontée du magma et l'appel au vide provoqué par le mouvement de convection du même magma. La surrection du mont s'est fait par paliers successifs séparés par des fissures ou failles. Ces failles sont au nombre de trois et sont visibles grâce à leurs plans, appelés aussi miroirs, qui constituent des parois de roches nues dressées presque à la verticale. La photo suivante les montre :



Figure 3 : Failles visibles sur les versants du Mont Mughulungu.

Ces failles vont influencer les autres facteurs physiques. Ce sont elles qui amplifient les vibrations sismiques en cas de tremblement de terre, ce sont elles qui provoquent les ruptures de pente très raides et accélèrent l'écoulement de l'eau sur les versants et, enfin, ce sont elles qui constituent les lignes naturelles de rupture pour les glissements de terrain et les chutes de pierres.

### 2.1.2. La sismicité.

Bien que le risque sismique n'ait pas été évoqué par les témoins du drame, il est prudent d'en tenir compte et de le supposer dans cet article. En effet, le mont Mughulungu, comme massif de bordure du rift albertin, est soumis en permanence à des secousses sismiques comme toute la

dorsale occidentale du fossé tectonique. C'est une zone sismique mondialement connue, ayant également un risque d'éruption volcanique comme les autres zones de rencontre ou de séparation de plaques lithosphériques telles que les dorsales médio-océaniques, intracontinentales et les abords de la faille eurasiatique (Coque, 1998 et Viers, 1990).

Dans les abords immédiats d'une faille, les secousses telluriques se font plus fortement sentir que dans les zones éloignées. L'orogénèse du mont Mughlungu étant encore active comme pour tous les monts Mitumba (Kakule Vyakuno, 2006), il y a toujours un soulèvement, bien qu'imperceptible à l'œil nu, à chaque niveau des failles de la montagne à l'occasion de chaque tremblement. La montagne bouge donc encore aujourd'hui. Ces mouvements déstabilisent les versants et peuvent provoquer des glissements de terrain, des écroulements de masse ou des détachements de blocs rocheux à partir des miroirs des failles, qui sont presque verticaux, comme nous l'avons déjà signalé plus haut. La sismicité est un aléa, c'est-à-dire un phénomène naturel pouvant arriver à n'importe quel moment. Il est important dans l'étude des catastrophes naturelles à caractère tellurique, c'est-à-dire touchant le mouvement du sol ou de la terre. L'aléa sismique provoque des dégâts qui dépendent de deux facteurs : la magnitude, c'est-à-dire l'énergie libérée, mesurée sur l'échelle de Richter, et la localisation de l'épicentre (Dubois-Maury et Chaline, 2004)

La magnitude ( $M$ ) d'un tremblement est l'énergie libérée ( $E$ ). Elle se mesure selon l'échelle de Richter. L'échelle de Richter exprime le logarithme décimal de l'amplitude maximale d'oscillation, mesurée en microns à 100 Km de l'épicentre. Rappelons que l'amplitude d'un mouvement oscillatoire est son élongation maximale. A son tour, l'élongation est la distance d'un point en vibration par rapport à sa position au repos.

Le calcul de l'énergie libérée se fait suivant cette formule :  $a.M = \log E/E_0$ .

Dans cette formule,  $a = 1,5$  et  $E_0 = 2,5 \cdot 10^{11}$  ergs.

La magnitude maximale de Richter est 8,9 et correspond au 11<sup>ème</sup> degré de l'échelle de Mercalli, donc au niveau « catastrophe » (Pomerol et Renard, 1997).

Le risque sismique est réel dans les Territoires de Beni et Lubero. Les données y sont présentes, mais lacunaires et cachées à l'accès du public. En guise d'information, nous proposons celles qui avaient été mesurées à Butembo et dans ses environs dans le tableau suivant :

**Tableau 1 : Données sismiques de la zone autour de Butembo (Muhindo Sahani, 2011).**

N°	Date	Heure (GMT)	Latitude	Longitude	Profondeur [km]	Magnitude	Région
1	3/08/2005	22 :02 :34	0.52.42°S	29°14.72°E	8	-	-
2	3/09/2005	06 :05 :38	0.172°S	29.386°E	8	≥3	Lac Edouard
3	5/09/2005	6 :05 :38	0.286°S	29.643°E	17	-	Lac Edouard
4	22/01/2006	14 :18 :28	2.172°S	28.222°E	8	-	-
5	27/04/2006	02 :18	-	-	-	-	Beni et Butembo
6	19/02/2007	04 :34	-	-	-	4,7	Butembo, Beni, Bunia, Kilembe/Uganda
7	12/03/2008	19 :07 :46.5	-	-	-	-	Butembo
8	11/05/2008	10 :34 :38.60	-	-	-	± 4.3	Butembo, Beni,

À l'examen de ce tableau, nous constatons que le séisme qui se passe dans la région atteint généralement la magnitude 4 sur l'échelle de Richter. Cette magnitude est relativement faible pour provoquer une catastrophe, qui se déclenche au niveau du seuil de 8, comme nous l'avons déjà signalé plus haut (Pomerol et Renard, 1997). Néanmoins, aussi faible soit-il, l'aléa sismique peut être intervenu dans la catastrophe du mont Mughulungu. En effet, le séisme peut provoquer le glissement d'un terrain qui est à la limite de l'équilibre (Dars, 1994 et Habib, 1997). Le risque sismique est exacerbé par la topographie.

### 2.1.3. La topographie.

La topographie est l'un des facteurs importants considérés dans l'analyse d'une catastrophe naturelle. Pour le Mont Mughulungu, les failles dont nous avons parlé plus haut constituent des ruptures de pentes très importantes. En amont des miroirs de failles, les pentes sont relativement douces. Sur les miroirs des failles, elles sont très abruptes, presque verticales, dépassant visiblement 70°. En aval des miroirs, elles redeviennent relativement douces. Cette topographie en escalier va être un facteur très important dans le déroulement des catastrophes telles que nous allons les décrire plus bas. D'une manière classique, l'eau s'accumule en amont des miroirs des failles. Cette zone de recueil de l'eau est dite « zone de drainage ». Cette eau, en descendant le miroir de la faille, est accélérée par la pente très abrupte de cette zone et provoque les diverses

catastrophes dont nous parlerons plus bas. Elle peut perdre de sa vitesse plus en contrebas, vers la pente relativement moins raide, mais en vertu de la loi de l'énergie cinétique qui va en augmentant pour un corps en mouvement sur une pente, il y a lieu de croire que l'eau gagne de la vitesse et de la compétence en coulant vers l'aval du versant. Ce phénomène est à la base des glissements de terrain et Moeyersons, chercheur belge, l'a noté au Sud-Kivu et communiqué dans une conférence tenue il y a quelques années à l'UCG. Il se schématise sur la figure suivante :

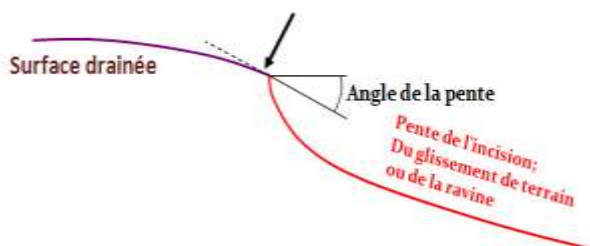


Figure 4 : rapport entre rupture de pente et glissement de terrain (Moeyersons et al.,2009)

En dehors de ces ruptures de pentes aux conséquences catastrophiques, la déclivité générale des versants, sur les miroirs des failles ou en amont ou en aval de ces miroirs, reste forte. C'est un facteur d'instabilité générale des versants et d'accélération de l'eau de ruissellement. A ce facteur s'ajoute celui de la lithologie.

### 2.1.4. La lithologie

L'aléa lithologique consiste en la disposition des roches en place les unes par rapport aux autres. Comme nous l'avons vu plus haut, les roches de sous-bassement formant le cœur du Mont Mughlungu sont des granits, des gneiss et des quartzites. Ces roches sont recouvertes de formations superficielles peu épaisses sur les pentes fortes et légèrement plus volumineuses sur des pentes moins fortes. Ces matériaux superficiels sont les altérites et les sols qui les coiffent. Les altérites, qui sont des horizons d'altération des roches, sont généralement de couleur rouge. Cette couleur sera observable sur les photos des mouvements de terrains affichées plus bas dans ce rapport. Les sols formés au-dessus de ces altérites sont de couleur sombre, noire, témoignant d'une richesse en matières organiques. Ces sols sont généralement épais et, par endroit, sont directement formés sur les roches du soubassement sans une épaisse couche d'altération intermédiaire. De cela témoigne la photo suivante, représentant la bordure d'un torrent.



Figure 5 : Sol et altérite minces formés sur des roches dures du soubassement à faible profondeur.

Les zones de séparation de ces différentes couches géologiques constituent, selon nos observations, des discontinuités lithologiques le long desquelles se sont formés certains glissements de terrain. En effet, le sol est généralement plus imbibé d'eau que l'horizon d'altération rouge sous-jacent. Dans un sol mouillé, l'eau se place entre les grains de sable ou entre les feuillets d'argile (Habib, 1997). Une fois saturé par l'eau de pluie, le sol glisse sur l'altérite plus sèche qui est en dessous et flue vers le bas de la pente. De même, un sol formé sur une roche dure imperméable, une fois saturé d'eau et sur une forte pente, glisse directement sur ladite roche. Le facteur lithologique s'avère ainsi un facteur important expliquant les mouvements de terrain du Mont Mughlungu. Ce facteur est justement mis en marche par la pluviosité.

#### **2.1.5. La pluviosité.**

La pluviosité, bien qu'abordée en dernier lieu parmi les facteurs physiques, est celui qui met en branle tout le processus de glissements de terrain et d'écoulements conduisant aux catastrophes déplorées. Dars (1994) reconnaît que les pluies abondantes provoquent des glissements de terrain. Effectivement, sur le Mont Mughlungu, c'est la pluie qui a provoqué l'infiltration de l'eau dans le sol et donc la saturation de celui-ci, et qui a conduit aux glissements de terrain. C'est aussi la même pluie qui a provoqué le fort ruissellement superficiel, qui a été à la base de certaines destructions observées. Les précipitations, quand elles sont fortes, ont des conséquences dévastatrices. Tous les témoins affirment que les catastrophes du Mont Mughlungu ont été consécutives à une pluie très abondante, qui avait commencé à tomber à 16 h de l'après-midi du 19 Décembre 2012. Ils ajoutent que de leur mémoire, ils n'ont jamais été

témoin d'une telle abondance d'eau précipitée. Il s'agit donc d'une pluie exceptionnelle, dont nous ne saurons pas déterminer ni la hauteur, ni l'intensité, ni la récurrence, étant donné l'absence d'une station météorologique ou des archives météorologiques dans la zone. Néanmoins, théoriquement, nous savons que l'estimation de la récurrence des événements jugés exceptionnels se fait en utilisant la loi de Gumbel. Selon la classification internationale des événements extrêmes proposée par l'Institut Royal de la Météorologie de Belgique, les valeurs caractérisant les précipitations « anormales » (période de retour de 6 ans), « très anormales » (10 ans), « exceptionnelles » (30 ans) et « très exceptionnelles » (100 ans) sont respectivement de 77,4 mm ; 86 mm ; 103,7 mm et 122,7 mm (Muhindo Sahani, 2011).

A défaut de tous ces calculs, nous donnons les données météorologiques de la station de Bunyuka, lieu proche du mont Mughlungu, qui peuvent donner une idée sur le climat de la région :

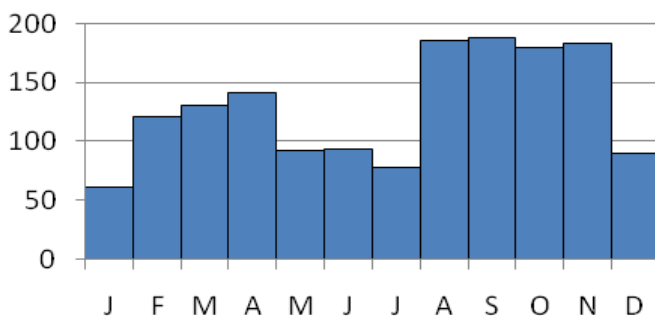


Figure 6 : Diagramme pluviométrique de Bunyuka(mm)( Bultot ,1950 et Kasay ,1988).

Comme le Mont Mughlungu se trouve dans le climat équatorial de montagne, il a un diagramme pluviométrique avec deux pics pluviométriques aux équinoxes (Mars-Avril) et (Septembre-Octobre), suivant le double passage de la convergence intertropicale. Ce passage s'accompagne d'une hausse de précipitations (Leroux, 1996, Viers et Vigneau, 2001 et Kakule Vyakuno, 2006).

Les catastrophes se sont produites à la fin de l'année 2012, c'est-à-dire après la saison pluvieuse d'Août à Novembre. La pluie saisonnière avait déjà saturé d'eau le sol et l'avait déjà donc ramolli. Ainsi, la pluie exceptionnelle du 19 Décembre 2012, qui était tombée de 16 h à 19 h, a déclenché les catastrophes qui étaient déjà prévisibles par la combinaison des divers aléas déjà cités. C'est donc la pluie qui a été la cause directe de ces catastrophes.

À tous ces facteurs physiques se joignent les facteurs anthropiques.

## 2.2. LES ALEAS ANTHROPIQUES.

Les aléas anthropiques sont les facteurs des catastrophes naturelles qui dépendent directement de l'homme. L'homme, par ses diverses activités dans la nature, est aussi une cause de catastrophes naturelles.

La population a déjà déboisé tout le Mont Mughulungu. La végétation forestière d'origine a déjà été remplacée, pour des raisons d'agriculture, par des bananiers, des caféiers, des plants de manioc, de jeunes eucalyptus, des érythrines et des savanes à roseaux. Cette végétation mise par l'homme a un enracinement moins profond que les arbres de forêt. Elle ne retient donc pas suffisamment le sol sur les versants pentus. La déforestation est une cause de déstabilisation des versants. En plus, elle accélère le ruissellement par le fait de l'absence de la rétention de l'eau par les obstacles de la végétation, et intensifie les crues plus en aval (Dubois-Maury et Chaline, 2004). De même, le travail fréquent du sol pour l'entretien des champs accentue l'infiltration de l'eau et, en cas de forte pluie, il ramollit le sol et le rend vulnérable à l'érosion.

En plus de cela, l'emplacement des habitations sur les versants de la montagne est mal choisi. La plupart des habitations sont situées en contrebas des pentes très abruptes des miroirs des failles ou dans les couloirs torrentiels. Ces habitations sont ainsi exposées aux glissements de terrains, aux éboulements et aux écoulements torrentiels. Comme le reconnaissent Pivot et Rychen (2003), « ce sont les nouvelles modalités d'occupation du territoire qui, en augmentant les vulnérabilités, participent à la tendance générale d'accroissement des risques collectifs ». De même, la construction sur des fortes pentes expose les habitants du lieu à un risque plus accru (Dubois-Maury et Chaline, 2004). C'est ce dernier facteur anthropique qui va être à la base des catastrophes que nous spécifions maintenant dans les lignes qui suivent.

## 3. LES CATASTROPHES DÉPLORÉES.

Sur le mont Mughulungu, les pertes de vies enregistrées ont été provoquées par des catastrophes naturelles de plusieurs natures. En allant sur terrain, nous croyions que la mort était due à un seul phénomène, mais, en observant minutieusement le site et en interrogeant les témoins et les rescapés, nous avons individualisé quatre types différents de catastrophes naturelles. Celles-ci, bien que de natures diverses, sont sur la même

montagne, se sont produites le même jour, dépendent des facteurs physiques et anthropiques dont nous venons de parler et ont été toutes déclenchées par le même épisode pluvieux. Ces catastrophes sont : les glissements de terrain, les chutes de pierres, les laves torrentielles et les coulées de boue. En géomorphologie dynamique, ces phénomènes peuvent se résumer dans la seule catégorie de mouvements de terrain (Mietton *et al.*, 1998b, Kakule Vyakuno, 2006 et Muhindo Sahani, 2011).

Simple phénomène morphogéniques dans la nature, ces processus sont dits « catastrophes » dans ce présent rapport parce qu'ils ont, pour la plupart, provoqué des morts. L'aléa principal était la forte pluie et la vulnérabilité principale était la vie humaine.

### **3.1. LES GLISSEMENTS DE TERRAIN.**

Il y a glissement lorsqu'une masse de matériaux se déplace le long de la surface de rupture ou de glissement. Cette surface correspond généralement à une discontinuité lithologique ou structurale, c'est-à-dire au plan de contact entre des roches de natures différentes ou de degrés d'altération différents (Peeters, 1951 ; Flageollet, 1989 ; Riou, 1990 ; Coque, 1998 et Mietton *et al.*, 1998b). Le mouvement de terrain est ainsi une rupture d'une masse de terre située sur une pente forte et qui glisse d'amont en aval sur une surface de discontinuité.

Il arrive que la discontinuité se situe entre des roches meubles. Dans ce cas, comme l'expliquent Mietton *et al.* (1998b), la surface de rupture est plane et proche de la verticale et la roche est argileuse. L'argile, sensible aux alternances entre l'humectation et la dessiccation, donne naissance à des fissures de distension verticales dans lesquelles les eaux de ruissellement s'engouffrent lors des averses abondantes. Les formations argileuses atteignent alors localement leur limite de plasticité. Il se crée ainsi un plan de glissement le long duquel le bloc argileux superficiel, plus imbibé, coulisse vers l'aval.

Le mouvement de terrain se produit quand, en profondeur, la base d'un volume de sol franchit la limite de liquidité au-dessus d'un plan de discontinuité. L'eau en excès permet en effet aux particules du sol de glisser les unes sur les autres, l'argile, surtout l'argile gonflante comme la montmorillonite, jouant le rôle de lubrifiant entre les éléments de dimension supérieure (Riou, 1990 ; Neboit, 1991 ; Campy et Macaire, 2003 et Valadas, 2004).

Sur le mont Mughulungu, le jour fatidique, plusieurs glissements de terrain se sont produits. Suite à la pluie exceptionnelle dont nous avons déjà parlé, le sol s'est gorgé de beaucoup d'eau par infiltration. Cette

infiltration s'est faite par les fissures présentes dans le sol à l'emplacement des lignes de failles. Un témoin a attesté la présence des fissures béantes encore ouvertes le 30 Décembre 2012, jour de notre visite, sur une faille. Ce danger est donc un risque permanent sur la montagne. Ces fissures constituent, dans la suite, des lèvres de décollement des glissements. L'infiltration s'est aussi produite sur la surface des terrains avant leur glissement. Imbibé d'eau et alourdi, le sol a glissé sur l'altérite sous-jacente, plus sèche, à la faveur de la surface de discontinuité lithologique qui les sépare et à la faveur de la grande déclivité du versant.

Les glissements observés sont de deux types. Selon la forme de la surface de rupture, on distingue deux types de glissements : le glissement rotationnel et le glissement en planche.

On a un glissement rotationnel ou « en cuiller » lorsque la surface de glissement est courbe, c'est-à-dire concave. Le mouvement de la masse déplacée se fait en tournant autour d'un axe parallèle au versant. On parle alors de mouvement rotationnel (Petit, 1990 ; Neboit, 1991 ; Joly, 1997 ; Mietton *et al.*, 1998b ; Campy et Macaire, 2003 et Valadas, 2004).

Dans le cas des glissements rotationnels, qui affectent surtout les versants des collines, la discontinuité se situe surtout au niveau des roches imperméables. Ces glissements se remarquent dans le paysage par une niche de décollement ou niche d'arrachement, situé à l'amont, et un bourrelet, situé à l'aval. Ce bourrelet est une « langue » si sa longueur excède nettement la largeur ou une « loupe » si la longueur et la largeur s'équivalent (Petit, 1990 ; Riou, 1990 ; Joly, 1997 et Mietton *et al.*, 1998b).

Comme le glissement rotationnel arrive sur une surface de discontinuité concave, en glissant, la terre tourne plus ou moins comme une roue. Un témoin sur terrain l'a exprimé par le verbe nande « *eriyitimbako* ». C'est ce qui explique le renversement des arbres et des autres végétaux sur un tel glissement. On le voit sur le glissement du côté gauche de la photo suivante.

Le deuxième type de glissement, c'est le glissement en planche. On a un glissement en planche si le plan de glissement est plan, rectiligne et correspond à une discontinuité entre les roches inclinée vers l'aval conformément au pendage des couches ou à la schistosité (Petit, 1990 ; Neboit, 1991 ; Joly, 1997 ; Mietton *et al.*, 1998b ; Campy et Macaire, 2003 et Valadas, 2004).

Ce glissement arrive donc quand la terre glisse sur une surface de discontinuité plane. La terre descend d'un pan avec les arbres et les autres

végétaux à la verticale sans se renverser (Kakule Vyakuno, 2006). Ce glissement est visible sur le côté droit de la photo suivante.

Ces deux genres de glissements se déclenchent après des épisodes très pluvieux. Ils se font sur des discontinuités lithologiques de diverses natures. Généralement, ce sont les roches meubles, argileuses et imbibées d'eau, qui glissent sur des surfaces de discontinuité formées par des horizons imperméables. Ces horizons sont les horizons structuraux ou alors carrément la roche saine granitique ou schisteuse.

Les deux types de glissements, qui se sont déroulés sur le mont Mughulungu, sont visibles sur cette photo :



Figure 7 : Glissements de terrain, l'un rotationnel à gauche et l'autre en planche, à droite.

Ces glissements de terrains détruisent tout sur leur passage. Le sol s'accumule en contrebas de la pente. La photo suivante montre en gros plan ce phénomène dévastateur :



Figure 8 : Gros plan sur un glissement de terrain, de type rotationnel.

Le jour du drame, aucune habitation n'était située sur les zones de glissements. Ceux-ci n'ont pas provoqué de morts, mais ont seulement détruit les champs cultivés.

### **3.2. LES CHUTES DE PIERRES.**

Les chutes de pierres ou de matériaux en général sont rares et dépendent plus de la pente, de la gravité et de la tectonique que de l'homme. Ces phénomènes, très tributaires de la force de la nature, sont aussi un aléa naturel. Ils sont bien connus des habitants de notre terrain d'observation. Sur les pentes abruptes, on peut avoir une chute de matériaux ou un éboulement dans la partie aval du versant. Il arrive aussi que des blocs de pierre soient détachés de certains massifs par des tremblements de terre exceptionnels et dévalent des versants entiers (Neboit, 1991 ; Hamilton et Bruijnzeel, 1999 ; Campy et Macaire, 2003 et Kakule Vyakuno, 2006). Ce phénomène géodynamique est à prendre en considération sur le mont Mughulungu, que nous avons défini justement comme une montagne active, étant soumise à des mouvements tectoniques.

Au Mont Mughulungu, un gros bloc de pierre s'est détaché d'un miroir de faille en forme de paroi rocheuse presque verticale, que nous avons déjà décrite. La cause de ce détachement, c'est la déstabilisation de la grosse pierre soit par tremblement de terre, soit par altération des roches par les météores ou agents atmosphériques tels que l'eau d'infiltration et l'alternance des températures chaudes ou froides, ou soit par pénétration des racines des arbres. La sismicité fréquente de la zone doit être prise en compte, même si la population locale n'y a fait aucune allusion. Dans tous les cas, le bloc a été déstabilisé au moins par trois facteurs indéniables : l'eau d'infiltration, qui l'a désolidarisé des roches voisines, l'eau de ruissellement, qui y a exercé une certaine pression, et surtout la gravité, qui l'a attiré vers le bas. La roche, très lourde, s'est détaché de la paroi de la faille, a roulé sur la pente, a détruit une habitation au passage et a fini sa course plus bas, en contrebas du chemin. La photo suivante montre la maison détruite par le bloc et le chemin qu'il s'est frayé au milieu de la végétation :



**Figure 9 : Habitation détruite et chemin frayé par la chute d'un bloc rocheux.**

Dans l'habitation détruite par le bloc était présent un enfant. Selon les témoins, il a eu la vie sauve parce qu'il se trouvait dans la chambre voisine à celle où la pierre est passée. Il compte parmi les rescapés des catastrophes naturelles. La photo suivante montre le bloc, qui s'est arrêté en contrebas du chemin :



**Figure 10 : Bloc écroulé de la paroi rocheuse située en amont.**

### 3.3. LES LAVES TORRENTIELLES.

Une lave torrentielle est une coulée humide de débris qui se fait à travers un chenal de montagne préexistant et dans laquelle la proportion d'eau est souvent plus forte que sur les versants et dans laquelle les volumes mobilisés peuvent être gigantesques (Mietton *et al.*, 1998b).

Le mot « laves » n'insinue pas un magma volcanique. C'est un vocabulaire qui, appliquée aux torrents, traduit leur écoulement. On parle aussi de « lames » torrentielles. Par simple définition, un torrent est un cours d'eau permanent ou épisodique qui coule sur le flanc d'une montagne. Le torrent connaît une crue suite à d'intenses précipitations dans un court laps de temps. On parle alors de crue torrentielle. La masse d'eau atteignant le sol en sature vite la capacité d'absorption. Le lit mineur comme les exutoires existants débordent et, la pente aidant, un flot tumultueux, chargé de débris solides dévaste les territoires parcourus (Dubois-Maury et Chaline, 2004). En observant les versants du Mont Mughulungu, nous y avons remarqué la présence de plusieurs torrents permanents ou alors des « couloirs torrentiels », c'est-à-dire des sortes de vallons naturels secs où passe l'eau de ruissellement torrentiel en cas de pluie.

Quand il pleut, l'eau recueillie en amont des pentes abruptes dans la zone que nous avons appelée « zone de drainage », coule sur les pentes raides soit en empruntant les torrents à écoulement permanents, soit en empruntant les lits secs des couloirs torrentiels. Ces deux cas sont destructeurs et très dangereux pour la vie humaine.

Le premier cas, celui de l'accentuation d'un écoulement permanent, s'est produit immédiatement en contrebas d'une paroi rocheuse très abrupte. L'écoulement a détruit la cuisine d'un ménage, qui a eu sa vie sauve en se réfugiant dans la grande habitation voisine. Cette photo montre ladite destruction :



Figure 11 : Destruction d'une cuisine par un écoulement torrentiel permanent, gonflé par la pluie.

## Risques et catastrophes naturels : diagnostic et thérapie

---

Le deuxième cas observé, celui d'un écoulement torrentiel sur un lit sec, a détruit une habitation en contrebas du chemin. En dévalant la pente, un écoulement torrentiel a vu son mouvement accéléré par la déclivité et la longueur de la pente. Il a arraché sur son passage des bananiers, des pierres et une érythrine. En géodynamique externe, les matériaux charriés par un écoulement s'appellent « charge » et la capacité d'un écoulement de transporter des matériaux s'appelle compétence (Coque, 1998). Ce phénomène sont visibles sur la photo suivante, quand on observe les bananiers arrachés par l'eau et les blocs de pierre arrachés en amont et déposés dans le lit du torrent par l'eau de ruissellement :



Figure 13 : Bananiers arrachés et blocs de pierres charriés par l'écoulement torrentiel.

L'érythrine charrié par l'écoulement a percuté et détruit une habitation en contrebas du chemin. Sur la photo suivante, l'érythrine est encore incrustée dans l'habitation détruite.



Figure 14 : Habitation détruite par la percussion d'une érythrine charriée par l'écoulement torrentiel.

Une femme avec son bébé était présente dans l'habitation au moment des faits. En voyant la montée inquiétante de l'eau de ruissellement, elle a quitté son toit avec son bébé. Elle et sa fillette (bébé) ont été emportées par l'eau en furie et ont eu la vie sauve grâce aux arbres jouxtant la parcelle, qui les ont arrêtées. Leur chance, c'est d'avoir quitté la maison à temps et de s'être dirigées du côté opposé au lit du torrent. Voici la photo des deux rescapées, encore sous le choc :



Figure 15 : Les deux rescapées de l'écoulement torrentielle : une femme et sa fillette.

Cet écoulement torrentiel dévastateur a rejoint la rivière coulant au fond de la vallée encaissée et profonde jouxtant la montagne par un escarpent très abrupt dont les roches granitiques et quartzitiques ont été mises à nu par l'érosion du torrent. Cela est visible sur la photo suivante :



Figure 16 : Roches du bas de la montagne au sommet d'un escarpement et mise à nu par l'écoulement torrentiel.

Selon le membre de la Croix Rouge qui nous accompagnait, un phénomène similaire à celui-ci a fait le même jour une victime humaine, l'un des 19 morts déplorés, sur le versant oriental de la montagne. Cet homme a été emporté par l'eau d'écoulement. Son corps inerte a été retrouvé vers la vallée en contrebas de la montagne par l'équipe de la

Croix Rouge. Le lieu de la découverte était tellement escarpé et inaccessible que la victime a été inhumée sur les abords immédiats du lit torrentiel par les seuls membres de la Croix Rouge, sa propre famille observant de loin. Cet endroit était éloigné de nous et nous ne l'avons pas visité. En revanche, nous avons visité le lieu le plus dramatique de tous, celui des coulées boueuses.

### **3.4. LES COULÉES DE BOUE.**

Une coulée boueuse est un écoulement limono-sableux gorgé d'eau sur pente forte, étroit et allongé, hecto- à kilométrique, limité en amont par une niche de décollement et en aval par un léger renflement (Joly, 1997). Elle charrie de la boue et des blocs gigantesques (Petit, 1990 et Campy et Macaire, 2003).

Une coulée de boue, comme son nom l'indique, est donc un déplacement d'eau de ruissellement mêlée d'une énorme quantité de boue. A première vue, on croirait qu'il s'agit d'un glissement de terrain, mais étant donné la longueur du déplacement des matériaux et l'importance de la terre fluée et ayant enseveli tout sur son passage, sans risque de nous tromper, nous affirmons qu'au Mont Mughlungu s'est déroulée une coulée de boue.

Suivant nos observations, les témoignages de la population locale et du membre de la Croix Rouge qui nous accompagnait, l'eau a commencé par couler en grande quantité sur le site concerné. Les occupants des maisons détruites se sont inquiétés. Certains seraient sortis, mais ont préféré rentrer dans les habitations pour rester en sécurité. Suivant les facteurs que nous avons énumérés et décrits, les habitations étaient situées en contrebas immédiat d'une forte pente correspondant à un miroir de faille et, en plus, dans un couloir torrentiel. Comme pour les processus précédents, l'eau s'est rassemblée en amont de la pente forte dans la zone de drainage. Elle a commencé à dévaler la pente au niveau de la rupture constituée par le plan de faille. Suite à la forte pluie de ce jour-là, allant de 16 h jusqu'à après 19 h, le sol a été saturé d'eau. Ici, le sol imbibé a atteint des points de saturation qu'on appelle « limites d'Atterberg ».

Celles-ci sont les teneurs en eau conventionnelles qui fixent un état du sol. Elles sont de deux types : la limite de plasticité et la limite de liquidité. La première est la teneur en eau au-dessous de laquelle le sol perd sa plasticité et devient friable. La seconde est la teneur en eau au-dessus de laquelle le sol se comporte comme un semi-liquide et s'écoule sous son propre poids (Petit, 1990 ; Riou, 1990 ; Neboit, 1991 ; Habib,

1997 ; Coque, 1998 ; Mathieu et Pieltain, 1998 ; Pech, 1998 et Hufty, 2001). Ces seuils correspondent au point où le sol très gorgé d'eau devient une pâte visqueuse, fluide, et commence à couler comme de la bouillie (Mathieu et Pieltain, 1998). Le sol coule alors facilement à la faveur de la forte raideur du versant. Un tel phénomène est récurrent sur les versants raides des montagnes tropicales : « Si les pluies diluviennes aboutissent souvent à de fortes crues menaçant les plaines, elles provoquent plus en amont et dans le cadre montagneux des phénomènes érosifs de première importance, des arrachements sur les versants pouvant donner lieu dans les sols meubles à des coulées de boue ravageant et stérilisant sur leur passage » (Gallais, 1994).

La photo qui suit montre la raideur de la pente et une bonne partie de la coulée boueuse du Mont Mughlungu :



Figure 17 : La coulée boueuse vue de loin.

En fluant, le sol a glissé sur l'altérite rougeâtre, moins humidifiée, comme nous l'avons dit à propos de la discontinuité lithologique séparant le sol meuble humifère de l'altérite sous-jacente. La partie amont de la coulée montre justement l'altérite rougeâtre, elle-même emportée par la coulée :



Figure 18 : Partie amont de la coulée, avec de l'altérite rougeâtre emportée par l'eau.

Au niveau des habitations détruites, le sol, très humifère à cause des amendements organiques des champs cultivés et à cause de la fumure par les déchets domestiques, garde une couleur sombre. Ce sol, souvent remué par le travail agricole, est sensible à l'érosion et flue très facilement. Cette photo, sur laquelle figurent les agents du CEPROSSAN, le montre :



Figure 19 : Sol humifère sombre et vulnérable à la coulée.

Selon les paroles des témoins, disant que quelque chose avait « explosé » (*erihuta*), nous supposons qu'il peut y avoir eu un phénomène d'embâcle en amont de la coulée boueuse. Des pierres ou des végétaux charriés par l'eau de ruissellement auraient barré un moment le passage de celle-ci. C'est l'embâcle. Avec la pression de l'eau, ce barrage aurait cédé « en explosant ». C'est la débâcle. L'eau aurait alors dévalé la pente avec plus de force et de compétence, emportant terre meuble, pierres, végétaux, habitations, personnes humaines et biens matériels. Le bilan est catastrophique : 18 morts. Les victimes, en demeurant dans leurs habitations, croyaient qu'il s'agissait d'un simple ruissellement, certes exceptionnel, mais ne s'attendaient pas à un écoulement de boue, qui deviendrait meurtrier. Ignorant leur localisation dans un couloir torrentiel, n'ayant pas évalué empiriquement la quantité d'eau précipitée et celle qui ruisselait, elles se sont retrouvées, comme on dit dans le jargon des risques naturels, « au mauvais endroit au mauvais moment ».

Effectivement, la photo qui suit montre l'ampleur de la boue charriée et la localisation du site sur un couloir torrentiel. Le site est dans une légère dépression par rapport aux parties environnantes à droite (Est) et à gauche (Ouest), donc sur une « route » naturelle de l'eau de ruissellement :



Figure 20 : Ampleur de la boue charriée et localisation du site dans un couloir torrentiel.

Arrivés sur le lieu du drame, le médecin chef de District, le Docteur Mundama et les agents de la Croix Rouge ont déterré de la boue dans les environs de leurs habitations au moins 11 corps, qu'ils ont enterrés ailleurs. Par contre, après un jour de recherche, guidés par l'odeur des corps en putréfaction, ils ont pu repérer quelques corps, qui étaient difficile à extraire des décombres à cause de leur niveau de décomposition avancé. La chair se détachait des os dans la tentative d'extraction des corps par traction, disent-ils. Au total, sept corps n'ont pas été extraits et on les a laissés reposer définitivement à l'endroit de leur ensevelissement par la boue torrentielle. On a matérialisé l'endroit par une croix et écrit les noms des victimes sur elle. Pour conserver vivante la mémoire de ces sept victimes, nous en rappelons les noms : Kyeghekire, Katarina, Masika, Mbambu, Kavira, Bébé et Léa. Il s'agit d'une véritable fosse commune, d'un charnier, comme l'indique cette photo :



Figure 21 : Indication par une croix du lieu d'ensevelissement de sept victimes par la coulée boueuse.

Nous faisons remarquer que les écoulements créent une morphologie à trois zones : la zone de départ, la zone de cheminement et la zone d'accumulation. La zone de départ correspond à l'escarpement de tête, c'est-à-dire à la niche de décollement où sont arrachées les roches meubles ou les roches dures. La zone de cheminement, c'est le tracé qu'empruntent les matériaux en coulant. Ce tracé peut mesurer plusieurs kilomètres et coïncider avec des vallons préexistants. Enfin, la zone d'accumulation, c'est le lieu d'atterrissement où s'amoncele le matériel coulé. Cette zone a la forme d'un bourrelet frontal (Mietton *et al.*, 1998b).

Les catastrophes ainsi décrites nécessitent des solutions d'urgence ou envisagées sur le court et le long terme. C'est l'objet de la quatrième partie de cet article.

#### **4. GESTION DES RISQUES ET CATASTROPHES NATURELS AU MONT MUGHULUNGU.**

La gestion des risques et des catastrophes naturels sur le mont Mughulungu peut suivre les trois étapes classiques : la prévention ou l'intervention pendant le déroulement des catastrophes, la prédiction, qui consiste à prédire sur le court terme, et la prévision, qui consiste à prévoir sur le long terme (Dars, 1994).

##### **4.1. LA PREVENTION**

La prévention, qui découle du verbe prévenir, est la prise des mesures nécessaires et indispensables pour réduire les effets d'une catastrophe naturelle (Dars, 1994). Elle est donc une action qui se fait pendant que la catastrophe naturelle est en train de se produire.

Plusieurs attitudes sont à prendre pendant le déroulement même de la catastrophe naturelle, peu importe sa nature, et avant qu'il ne soit trop tard, si l'on devine le drame qui peut se produire dans les minutes qui suivent.

Pendant la catastrophe, avant que l'eau de ruissellement n'atteignent une hauteur et une compétence infranchissables par l'homme, il faut fuir les habitations pour se mettre en un endroit moins dangereux, peu importe si l'on doit être mouillé par l'eau de ruissellement ou de pluie. Il faut quitter les lits des coulées torrentielles et se mettre sur les interfluves des torrents.

Il faut surveiller les parois rocheuses et s'éloigner rapidement des parties aval des parois instables pour éviter d'éventuelles chutes de pierres.

En fin de compte, il faut fuir la montagne si possible et se mettre à l'abri sur les collines voisines.

Pendant ces mouvements de fuite, il est prudent de se déplacer avec des bâtons pour jauger la profondeur de l'eau des torrents et avec des cordes tenues à la main et reliant les fuyards pour se soutenir mutuellement en cas de chute ou de risque de noyade de l'un d'eux.

En cas de chute dans l'eau ou la boue, il faut agir comme un nageur : maintenir si possible sa tête au-dessus de l'eau ou de la boue et s'agripper à un rocher ou à un arbre au passage pour s'extraire du danger.

Si l'on juge son habitation assez solide pour résister à un écoulement d'eau ou de boue, on peut se hisser sur son toit et attendre le passage du danger.

Si l'on est sur un glissement de terrain, il faut tenter de se maintenir indemne sur le sol mouvant et s'agripper aux arbres stables pour éviter la précipitation sur les pentes trop raides et dangereuses.

#### **4.2. LA PREDICTION**

La prédiction, qui vient du verbe prédire, est l'annonce d'une catastrophe naturelle à venir à court terme (Dars, 1994). Ce court terme va de quelques heures à quelques jours. La prédiction doit se baser sur l'avis des experts avant d'être rendue publique, sans doute pour éviter une panique inutile. Elle doit préciser le lieu, l'ampleur et le temps de la catastrophe annoncée (Dars, 1994). Le délai d'annonce d'un événement d'intensité exceptionnelle dépend de la qualité des réseaux techniques de surveillance, de leur capacité à détecter ses indices précurseurs et de l'efficacité des moyens d'information des populations par des messages d'alerte. Mais chaque type d'aléa conditionne ces délais qui vont de la courte échéance, inférieure à 12 heures par exemple pour une coulée boueuse à l'échéance moyenne de 12 à 60 h, par exemple, pour un cyclone ou une inondation (Dubois-Maury et Chaline, 2004).

Concernant les risques géomorphologiques, la prédiction est aléatoire car les indices précurseurs de danger ne sont pas nécessairement spectaculaires et les experts scientifiques peuvent donner des interprétations divergentes pour conduire au déclenchement de l'alerte, à l'évacuation de la population, qui doit se faire avec prudence (Dubois-Maury et Chaline, 2004).

On installe des aménagements capables d'atténuer les aléas et de protéger les enjeux impliqués dans un risque naturel. Sur le Mont Mughulungu, l'aléa majeur, c'est la pluie, et l'enjeu majeur, c'est la vie

humaine. Pour protéger la vie humaine dans le court terme, il faut suivre les conseils repris dans les lignes suivantes.

Il faut construire les habitations en dehors des couloirs torrentiels sur les interfluves de ces derniers. Un couloir torrentiel se reconnaît facilement dans le paysage par sa topographie déprimée par rapport aux autres parties du versant, par sa forme longiligne allant de l'amont à l'aval du versant et par la présence d'un ruisseau ou alors d'un lit sec jonché de galets. C'est une route naturelle de l'eau d'écoulement permanent ou de ruissellement pluvieux, que l'homme doit éviter à tout prix pour ne pas se retrouver, en cas de catastrophe, « au mauvais endroit au mauvais moment ». Les propriétaires terriens ne doivent plus attribuer à la population de parcelles habitables en ces lieux-là.

Après les catastrophes décrites plus haut, le pouvoir public local et provincial a effectivement demandé aux chefs coutumiers de confier des parcelles aux rescapés sur les collines voisines, loin du danger, et a donné à ces derniers des tôles pour la construction d'autres habitations.

Il est recommandé de ne pas construire en contrebas des parois rocheuses très abruptes et instables. Bien que la population ne dispose pas d'outils pour tester la résistance des roches au cisaillement ou à l'éclatement, on peut vérifier au jour le jour, de *visu* et *in situ* les fissures dans les roches, leur niveau de stabilité, en les poussant avec les pieds, et leur inclinaison, pour évaluer leur résistance à la force de gravité. Si les roches bougent, c'est qu'elles peuvent s'écrouler sous la pluie ou à la faveur d'un séisme. Dans ce cas, il est imprudent d'installer son habitation en contrebas.

Ce test et cette observation empiriques peuvent être secourus par la plantation, en quinconce et d'une manière serrée, d'au moins deux rangées d'érythrines en contrebas immédiat des parois rocheuses ou des pentes très fortes. Ces érythrines ont le rôle de retenir les blocs des pierres tombant d'amont pour ne pas détruire les maisons en aval. L'érythrine (*Erythrina abyssinica*) est une plante présente sur la montagne concernée. Ses boutures sont très accessibles. Sa diffusion sera donc facile. Pendant la colonisation, les chercheurs belges avaient proposé l'installation de rangées d'érythrines sur les escarpements du fossé tectonique pour les stabiliser (Kakule Vyakuno, 2006). En préconisant la stabilisation des versants par la végétation, Habib (1997) préconise l'usage de l'acacia. Cela peut être pertinent dans notre milieu, où *Acacia mearnsii* (*black wattle*) est connue et appréciée comme bois de construction, de chauffe et comme fertilisant pour le sol.

Après le travail du sol, il faut le recouvrir de paillis pour éviter l'érosion, compte tenu de la forte raideur de la pente. A propos de la protection du sol par la végétation, on ne peut pas trop se plaindre en ce lieu. En effet, comparativement aux contrées dégarnies de végétation ligneuse comme la région dite « maraîchère », le mont Mughulungu jouit d'un sol bien recouvert par les cultures de bananiers, de caféiers et de plants de manioc. L'unique inconvénient agricole, c'est la forte déclivité de la pente. Pour atténuer celle-ci, il faut planter des haies vives de roseaux suivant les courbes de niveau, préalablement matérialisées par des topographes ou de façon empirique, d'une manière perpendiculaire au sens de la pente. Cette action atténue l'écoulement, adoucit la pente avec les terrasses, qui se forment en amont des haies vives, et arrête l'érosion (Kakule Vyakuno, 2006). Le roseau (*Pennisetum purpureum*) est déjà présent sur le Mont Mughulungu. Ses boutures sont aussi accessibles et sa diffusion dans les champs cultivés sera donc aisée. C'est en plus un bon fourrage pour les animaux domestiques, tout comme l'est le *Desmodium*, dont nous avons aussi remarqué la présence sur le lieu. La diffusion de ces deux essences pour la lutte antiérosive est donc aussi appuyée par leur importance fourragère.

Le long de la piste qui longe le flanc de la montagne ou au voisinage des constructions exposées, on peut construire des murs de soutènement (Flageolet, 1989, Galéa et Ramez, 1995, Habib, 1997, Dubois-Maury et Chaline, 2004). Toutefois, la construction de ces ouvrages est inaccessible aux conditions financières de la population locale.

La dernière solution à proposer à court terme, c'est de recommander à la population présente sur la montagne d'aller habiter ailleurs, sur les collines voisines, et de réserver le mont Mughulungu uniquement à l'agriculture. En ce moment là, la vulnérabilité dans les risques naturels resterait seulement les plantes cultivées et non les vies humaines. Bien que la pression démographique et le sentiment d'appartenance à la terre soient encore forts dans la contrée, les aléas incitent à abandonner la montagne pour se mettre à l'abri ailleurs. Effectivement, en Aménagement du territoire, il arrive que l'Etat exproprie des terrains de particuliers, moyennant une indemnisation juste et préalable, parce que ces concessions sont situées dans des zones à risque. Dans ce cas, l'Etat les affecte à un usage moins sensible que la vie de l'homme, à l'agriculture et à la sylviculture par exemple. Mais une telle expropriation ne va pas sans frein, opposé paradoxalement par la population que l'on veut protéger. Cette mesure est basée sur le principe de précaution, si cher dans la gestion des risques (Dubois-Maury et Chaline, 2004).

Ces conseils de prévention valent non seulement pour le mont Mughulungu, mais aussi pour toutes les montagnes similaires.

### **4.3. LA PREVISION**

La prévision, qui vient du verbe prévoir, est l'annonce, à long terme, comme par un prophète, des catastrophes naturelles à venir. Ce long terme peut être un ou plusieurs siècles (Dars, 1994).

Sur ce point, étant donné les catastrophes que le Mont Mughulungu vient de connaître, il faut surveiller en permanence ce relief pour empêcher les drames similaires à l'avenir. Les mesures que nous proposons, dont les résultats seront visibles à long terme, sont à prendre progressivement à partir d'aujourd'hui.

Il faut interdire les habitations sur la Montagne. Celle-ci n'est pas habitable, étant donné le danger qu'elle représente.

Il faut reboiser toute la montagne, de la base au sommet, et la réserver uniquement à l'exploitation forestière et au tourisme. La végétalisation est un remède aux glissements de terrain (Dars, 1994, Habib, 2004). La forêt de la montagne sera incorporée dans le système du « crédit carbone », c'est-à-dire qu'elle stockera des tonnes de carbones pour dépolluer la nature et lutter contre le réchauffement climatique. Protégée, elle fera gagner de l'argent à la population riveraine. Elle peut aussi être exploitée modérément pour répondre aux besoins de la population riveraine en bois de construction, en bois d'œuvre et en bois-énergie.

Avec la forêt, la montagne peut devenir un site touristique aussi attractif que les autres déjà présents dans la région (Vikanza, 2011).

Il faut installer sur la montagne une station météorologique pour surveiller les précipitations. Celles-ci étant l'aléa le plus important et qui met en branle tout, il est impérieux d'en connaître la hauteur, l'intensité et la récurrence. Ces mesures ne sont possibles que grâce à une station météorologique, qui servira d'ailleurs à toute la région alentour.

Pour faciliter la localisation de chaque phénomène naturel, il est impérieux que soient établies des cartes topographiques, avec des courbes de niveau, en utilisant les photographies aériennes et les images satellitaires du Mont Mughulungu ainsi que des deux Territoires entiers de Beni et Lubero. Ces cartes sont un outil de base pour la lutte contre les catastrophes naturelles et pour l'aménagement du territoire.

Enfin, il faut surveiller la montagne, en prélevant régulièrement les données sismiques *in situ* ou de toute la zone au niveau de Butembo pour avoir un contrôle plus serré de la situation. A ce propos, les données du sismographe installé à Butembo doivent être mises à la disponibilité du pouvoir public local, qui a dans ses attributions la protection civile, et des chercheurs, qui surveillent scientifiquement les risques naturels.

Nous faisons remarquer que les risques naturels ne peuvent être bien gérés que dans un cadre d'action collective, c'est-à-dire dans une synergie de plusieurs acteurs locaux et non locaux, étatiques, institutionnels et population locale (Pivot et Rychen, 2003).

En suivant ces conseils et tant d'autres que nous n'avons pas mentionnés dans le présent article, il est possible de faire face à n'importe quel risque naturel lié à la torrencialité.

### **CONCLUSION**

A l'issue de cet exposé, nous concluons que les risques naturels sont présents sur le mont Mughulungu. Comme un risque, selon sa définition, est composé d'un aléa et d'une vulnérabilité, les aléas que nous avons détectés sur le mont Mughulungu sont les suivants : la structure géologique, la sismicité, la topographie, la lithologie, la pluviosité et l'anthropisation. La structure géologique crée des failles qui raidissent le profil des versant et provoquent des chutes de pierres. La sismicité, liée à la situation sur la dorsale du rift Albertin, déstabilise les roches. La topographie est caractérisée par des pentes fortes qui déstabilisent les versants et y accélèrent l'eau de ruissellement. La lithologie favorise les glissements des roches sur les surfaces de discontinuité. La pluviosité abondante a des épisodes exceptionnels qui ramollissent le sol et le font fluer. Enfin, l'anthropisation, qui se manifeste par la déforestation, l'agriculture et le mauvais emplacement des habitats humains, fragilise la montagne et expose ses habitants au danger de mort.

Suite à une pluie exceptionnellement abondante et longue, le 19 Décembre 2012, les risques naturels du mont Mughulungu se sont transformés en catastrophes naturelles, tuant 19 personnes. Ces catastrophes se sont présentées sous trois formes. La première forme, ce sont les glissements de terrain. Ceux-ci sont rotationnels ou en planche. Ils ont détruit des champs d'eucalyptus ou de manioc. La deuxième forme, ce sont les chutes de pierres. Un bloc de pierre s'est détaché de la corniche d'une faille et a démolé une habitation, évitant de justesse d'écraser un enfant qui demeurait dans une chambre à proximité de son passage, et a détruit une bananeraie. La troisième forme, ce sont les laves torrentielles.

Celles-ci ont démolit deux habitations sur le versant méridional de la montagne et tué un homme sur le flanc oriental. Enfin, la quatrième forme détectée, ce sont les coulées boueuses, qui ont été les plus meurtrières. En coulant, la boue a emporté deux habitations et tué 18 personnes en les ensevelissant.

Pour éviter un tel drame et atténuer les effets potentiels des risques permanents sur le mont Mughulungu, nous avons proposé des solutions échelonnées dans le temps. Pour prévenir le danger pendant le déclenchement de la catastrophe, il faut évacuer la montagne, fuir les vallons, éviter la proximité des torrents et s'agripper sur des supports solides. Pour prédire une catastrophe qui s'annonce à court terme, il faut reboiser le massif montagneux, y appliquer l'agroforesterie et éviter les établissements dans les couloirs torrentiels. Enfin, pour prévenir une catastrophe qui s'entrevoit à long terme, il faut affecter définitivement la montagne à la sylviculture et y établir une station météorologique et sismique, ou à proximité d'elle, afin d'en évaluer la pluviosité et la sismicité.

En appliquant ces mesures on pourra éviter la répétition du drame passé et l'on montrera que la Géographie est une science appliquée à la gestion de l'environnement, à la protection civile et à l'aménagement du territoire.

### BIBLIOGRAPHIE

- BULTOT, F., 1950, *Régimes normaux et cartes des précipitations dans l'Est du Congo Belge (Longitude : 26° à 31° Est, latitude : 4° Nord à 5° Sud). Pour la période 1930 à 1946*, INEAC, Bruxelles, 51 p.
- CAMPY, M. et MACAIRE, J.-J., 2003, *Géologie de la surface. Erosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux*, Dunod, Paris, 440 p.
- COQUE, R., 1998, *Géomorphologie*, Armand Colin, Paris, 502 p.
- DARS, R., 1994, *Les applications de la géologie*, P.U.F., Paris, 127 p.
- DEPARTEMENT DES MINES, 1981, *Carte géologique de reconnaissance. Beni NO/29*, échelle : 1/ 200 000, Bureau des Arts graphiques du Service géologique, Kinshasa.
- DUBOIS-MAURY, J. et CHALINE, C., 2004, *Les risques urbains*, Armand Colin, Paris, 208 p.
- FLAGEOLET, J-C., 1989, *Les mouvements de terrain et leur prévention*, Masson, Paris, 224 p.
- GALLAIS, J., 1994, *Les Tropiques. Terres de risques et de violences*, Armand Colin, Paris, 270 p.

- GALEA, G. et RAMEZ, P., 1995, *Maîtrise du ruissellement et de l'érosion en vignoble de coteau. Guide à l'usage des aménageurs*, CEMAGREF Editions, Lyon, 126 p.
- HABIB, P., 1997, *Génie géotechnique. Applications de la mécanique des sols et des roches*, Ellipses, Paris, 222 p.
- HACHETTE, 1991, *Le dictionnaire de notre temps*, Hachette, Paris, 1791 p.
- HAMILTON, L.S. et BRUIJNZEEL, L.A.S., 1999, « Les bassins-versants de montagne : intégrateurs de l'eau, des sols, de la gravité, de la végétation et des hommes », In MESSERLI, B. et IVES, J.D. (dir.). *Les montagnes dans le monde. Une priorité pour un développement durable*, Glénat, Grenoble, p. 301-331.
- HUFTY, A., 2001, *Introduction à la climatologie. Le rayonnement et la température. L'atmosphère. L'eau. Le climat et l'activité humaine*, Les presses de l'Université Laval et Editions De Boeck Université, Laval et Bruxelles, 542 p.
- JOLY, F., 1997, *Glossaire de géomorphologie. Base de données sémiologiques pour la cartographie*, Armand Colin et Masson, Paris, 325 p.
- KAKULE VYAKUNO, 2006, *Pression anthropique et aménagement rationnel des hautes terres de Lubero en RDC. Rapports entre société et milieu physique dans une montagne équatoriale*, Thèse de Doctorat en Géographie et Aménagement, Université de Toulouse II-le Mirail, Toulouse, 558 p.
- KASAY KATSUVA, L.L., 1988, *Dynamisme Démo-Géographique et mise en valeur de l'Espace en milieu équatorial d'altitude : Cas du Pays Nande au Kivu Septentrional, Zaïre*, Thèse de Doctorat en Géographie, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, 404 p.
- KATEMBO VIKANZA, 2011, *Aires protégées, espaces disputés et développement au Nord-Est de la RDCongo*, Thèse de Doctorat en Sciences politiques et Sociales, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, 389 p.
- LEROUX, M., 1996, *La dynamique du temps et du climat*, Masson, Paris, Milan et Barcelone, 310 p.
- MATHIEU, C. et PIELTAIN, F., 1998, *Analyse physique des sols. Méthodes choisies*, Edition la Documentation, Paris, 275 p.
- MIETTON, M. et al., 1998, « L'érosion hydrique mécanique et les mouvements de terrain sur les versants et dans les bassins-versants », in VEYRET, Y., coord., *L'érosion entre nature et société*, Sedes, Paris, p. 57-107.

- MOEYERSONS, J., TREFOIS, P., NAHIMANA, L., ILUNGA, L., VANDECASTEELE, I., BIYIZIGIRO, V. et SADIKI, S., 2009, "River and landslide dynamics on the western Tanganyika rift border, Uvira, D.R.Congo: diachronic observations and a GIS inventory of traces of extreme geomorphic activity", in *Natural Hazards*, tome 53, n° 2, pp. 291-311.
- MUHINDO SAHANI, 2011, *Le contexte urbain et climatique des risques hydrologiques de la ville de Butembo (Nord-Kivu/RDC)*, Thèse de Doctorat en Sciences, Université de Liège, Liège, 275 p.
- NEBOIT, R., 1991, *L'homme et l'érosion : l'érosion des sols dans le monde*, Association des Publications de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand, 269 p.
- PECH, P., 1998, *Géomorphologie dynamique. L'érosion à la surface des continents*, Armand Colin et Masson, Paris, 95 p.
- PETIT, M., 1990, *Géographie physique tropicale. Approche aux études du milieu. Morphogenèse-paysages*, Karthala et ACCT, Paris, 351 p.
- PIVOT, C. et RYCHEN, F., 2003, *La gestion des risques à l'horizon 2020*, Editions de l'Aube, Le Moulin du Château, 195 p.
- POMEROL, C. et RENARD, M., 1997, *Eléments de géologie*, Masson, Paris, 829 p.
- RIOU, G., 1990, *L'eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux. Systèmes d'érosion hydrique*, Masson, Paris, 221 p.
- VALADAS, B., 2004, *Géomorphologie dynamique*, Armand Colin, Paris, 192 p.
- VIERS, G., 1990, *Eléments de géomorphologie*, Nathan, Paris, 223 p.
- VIERS, G. et VIGNEAU, J.-P., 2001, *Eléments de climatologie. Pour une approche concrète des phénomènes climatiques*, Nathan, Paris, 223 p.