

Dynamisme des glissements de terrain et dégradation de l'environnement : Cas des glissements Mutatala et Ndunga dans les environs de la ville de Kikwit en République Démocratique du Congo

Jean Paulin Kakesa Kambembo^{1,2*}, Godefroid Mubanga Nzo Ayum^{2,3}, Fils Makanzu Imwangana^{3,4}, Félicien Miti Tseta¹

⁽¹⁾Université de Kinshasa. Faculté des Sciences et Technologies. Mention Géosciences. Laboratoire de Géomorphologie, Télédétection et Système d'Informations Géographique. BP 117 Kinshasa XI (RDC). E-mail : jeanpaulinkakesa@gmail.com

⁽²⁾Institut Supérieur Pédagogique de Kikwit. Département de Géographie et Gestion de l'Environnement. BP 258 Kikwit RDC.

⁽³⁾Université de Kinshasa. Faculté des Sciences et Technologies. Mention Géosciences. Unité de Recherche et Formation en Gestion des Risques Naturels (URF-GRN). BP 190 Kinshasa XI (RDC).

⁽⁴⁾Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM). Laboratoire de Géomorphologie et Télédétection. BP 898 Kinshasa I Gombe, Kinshasa (RDC).

Reçu le 24 mai 2023, accepté le 24 juillet 2023, publié en ligne le 30 septembre 2023

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v6i3.5>

RESUME

Description du sujet. Des glissements de terrain se produisent sur le plateau du Kwango-Kwilu et sont généralement en relation avec le défrichement des lambeaux forestiers en tête des cours d'eau. Parmi les plus récents et les plus nombreux, il y a les glissements à Mutatala et Ndunga, deux localités situées respectivement à 36 km et 21 km au Sud de la ville de Kikwit.

Objectif. L'étude vise à analyser les mécanismes, facteurs et causes responsables de glissement des terres dans les villages Mutatala et Ndunga dans la périphérie de la ville de Kikwit.

Méthodes. Pour réaliser l'étude, un dispositif de suivi de l'évolution du glissement a été installé dans les zones instables susceptibles de glissements. Quelques opérations d'observations et de mesures ont été menées pendant deux ans, notamment : (i) le levé des coordonnées géo-topographiques des sites et la description des données environnementales ; (ii) l'implantation des jalons en bois dans les zones suspectes distants de 20 m, servant des repères fixes, et la progression du glissement était mesurée par arpentage au décamètre, tous les 15 jours de 2017 à 2019.

Résultats Les sept repères installés ont enregistré une avancée du glissement qui varie de 5 m à 18 m de long par an et un élargissement de près de 71 m, et les deux glissements sont très dynamiques. Pendant les deux ans de suivi, ces glissements ont évolué annuellement de 35 m pour Mutatala et de 14 m pour Ndunga en moyenne.

Conclusion. La progression du phénomène bénéficie des caractéristiques physiques du milieu (sols fragiles, climat agressif et topographie accidentée), exacerbées par des activités humaines (chemins, champs, déforestation, etc.).

Mots-clés : Dynamisme, glissement de terrain, dégradation du sol, environnement, RDC.

ABSTRACT

Description of the subject. Landslides occur on the Kwango-Kwilu plateau and are generally related to the clearing of forest strips at the head of watercourses. Among the most recent and most numerous, there are landslides in Mutatala and Ndunga, two localities located respectively 36 km and 21 km south of the town of Kikwit.

Objective. The study aims to analyze the mechanisms, factors and causes responsible for landslides in the Mutatala and Ndunga villages in the outskirts of the city of Kikwit.

Methods. To carry out the study, a device for monitoring the evolution of the landslide was installed in the unstable areas susceptible to landslides. A few observation and measurement operations were carried out over two years, in particular : (i) the survey of the geo-topographic coordinates of the sites and the description of the environmental data; (ii) the installation of wooden stakes in suspect areas 20 m apart, serving as fixed markers, and the progress of the landslide was measured, by surveying with a decameter, every 15 days from 2017 to 2019.

Results The seven markers installed have recorded an advance of the landslide which varies from 5 m to 18 m long per year and a widening of almost 71 m, and the two landslides are very dynamic. During the two years of monitoring, these landslides evolved annually by 35 m for Mutatala and 14 m for Ndunga on average.

Conclusion. The progression of the phenomenon benefits from the physical characteristics of the environment (fragile soils, aggressive climate and rugged topography), exacerbated by human activities (paths, fields, deforestation, etc.).

Keywords: Dynamism, landslide, soil degradation, environment, DRC

1. INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, des changements morphologiques des paysages et des cours d'eau, la récurrence aux catastrophes d'origine naturelle ont été observés en République Démocratique du Congo (Moeyersons et Trefois, 2008 ; Sahani, 2011 ; Vandecasteele *et al.*, 2011). L'Est du pays en général et la région du Kivu en particulier sont réputés comme des zones géoriskées (Munyalolo *et al.*, 1999 ; Maki Mateso et Dewitte, 2014) en ce qui concerne les catastrophes d'origine météorologique. En plus des inondations et les érosions ravinantes (Makanzu Imwangana *et al.*, 2017; Makanzu Imwangana *et al.*, 2020), le Sud-ouest de la RDC est souvent présenté comme une région à risques naturels, notamment les glissements de terrain, et ce phénomène est aussi remarquable sur le plateau du Kwango-Kwilu au Sud-ouest de la RDC.

Des formes d'érosion observées dans la région de Kikwit et les glissements de terrain sont en constante dynamique sur les versants et les lambeaux des forêts défrichées en tête des cours d'eau (Nicolai, 1963 ; Grybowski, 1984). En effet, de nouveaux glissements de terrain sont visiblement sur les images satellitaires récentes. Cependant, le phénomène n'a fait l'objet que de peu d'études spécifiques (Kakesa, 2016). Les glissements des terres sont répandus dans l'ancien District du Kwilu (Figure 1) et causent des dégâts importants sur les infrastructures, l'habitat, l'environnement et même des pertes en vies humaines.

Il est connu que l'espace du Kwango-Kwilu en général et celui des environs de Kikwit en particulier est à vocation agro-pastorale. Il est traversé par d'immenses paysages des savanes et des forêts qui s'étendent sur plusieurs hectares. Ces savanes et lambeaux des forêts défrichées sont extraordinairement rongés par des cirques d'érosion aux pentes raides et aux bords coupés nets sur le plateau. En effet, les glissements de terrain observés provoquent la destruction des pans entiers de forêts, des sols de culture et l'ensablement des cours d'eau dans la région de Kikwit. Dès lors, il fallait que ce phénomène des glissements de terrain dans les environs de Kikwit soit mis au-devant de la scène pour prévenir la population dans l'exercice de toutes leurs activités. D'où l'intérêt de la présente étude qui lui est consacrée

La propagation du phénomène suscite de plus en plus des questions. Quelles sont les causes et les mécanismes qui régissent ce phénomène ? Qu'est-ce qui serait à la base des glissements de terrain et qui expliquerait leur fréquence, leur intensité et leur dynamisme dans la région de Kikwit ? Ce phénomène représente un sérieux handicap au développement rural au regard des conséquences socio-économiques et environnementales en rapport avec les activités agricoles et les routes rurales. Pour *Roose et al. (2000)*, l'érosion sous toutes ses formes est à l'origine de l'appauvrissement du sol qui engendre une faible productivité agricole dans certaines régions d'Afrique. En effet, l'érosion, réduit l'espace agricole, appauvrit le sol en milieu rural par l'enlèvement des particules fines et des humus dans les horizons arables et endommage les infrastructures en milieu rural.

Les glissements de terres (érosions en masse) constituent un problème crucial pour le sol et les infrastructures et il est important d'étudier ces phénomènes en vue d'adopter des stratégies pour le maintien ou le rétablissement de l'équilibre du milieu naturel. Pour protéger le capital que représente le sol d'un pays, il faut être attentif à toutes les formes de dégradation et chercher à les déceler avant qu'il ne soit trop tard.

L'étude vise à analyser les mécanismes, facteurs et causes responsables de glissement des terres dans les villages Mutatala et Ndunga dans la périphérie de la ville de Kikwit. L'intérêt de l'étude est de sonner l'alarme pour interpeller la population et les scientifiques par rapport à certains phénomènes naturels qui détruisent l'environnement et contribuent à la réduction des ressources naturelles et la disparition de la biodiversité. Ces quelques inquiétudes, entre autres, constituent une préoccupation majeure à laquelle il faudra apporter des réponses adéquates. C'est l'objet d'être de cette étude.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

Située entre 3°- 8° Sud et 15°20' - 19°40' de longitude Est, la zone d'étude qui est située entre 500-700 m d'altitude, fait partie du plateau du Kwango, fortement influencée par la structure géologique du pourtour de la cuvette congolaise,

constituée des terrains de couverture, comprenant des sables, des grès tendres et des argilites (Figure 1)

reposant sur le bouclier métamorphique du précambrien (Grybowski, 1984).

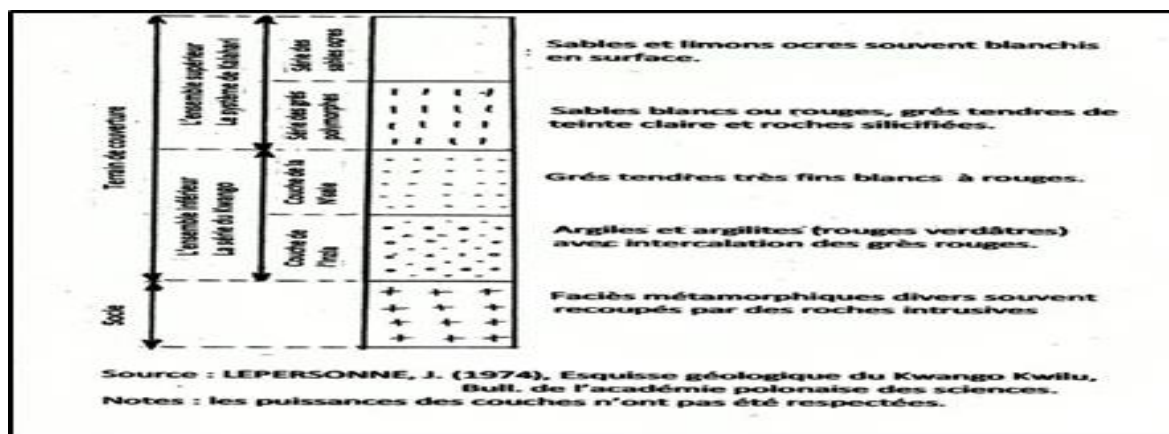


Figure 1. Stratigraphie du plateau du Kwango (Grzybowski, 1984)

Le glissement de Mutatala (Figure 2) est situé à 05°24' S et 18°50' E, à une altitude qui varie entre 687 m en haut du plateau et 579 m vers le bas, soit une dénivellation de 108 m. Il s'est produit à la source d'un ruisseau, Kakolala à proximité du village Mutatala. Ce glissement aurait pris naissance en 1982.



Figure 2. Glissement de terrain de Mutatala ; photo Kakesa 2016

Le glissement de Ndunga (Figure 3) est localisé entre 05°14'S et 18°47' de longitude Est, 653 m et 617 m d'altitude en tête de la vallée du ruisseau Bumba, dans le terroir du village Ndunga, non loin d'une route d'intérêt régional Kikwit-Kabudi-Feshi. Ce village est situé à 21 km de la ville de Kikwit et à 14 km du glissement de Mutatala.



Figure 3. Glissement de terrain de Ndunga

Appartenant au climat tropical humide et chaud (AW₃), il y tombe en moyenne entre 1300 et 1600 mm de pluies dans la région (Fehr, 1990, Kakesa, 2022), avec une température moyenne de 25 °C. Si les pluies sont plus ou moins stables et légèrement en baisse comme l'indique la courbe (Figure 4), les températures montrent, par contre, une tendance en hausse au cours de 20 dernières années (Figure 5).

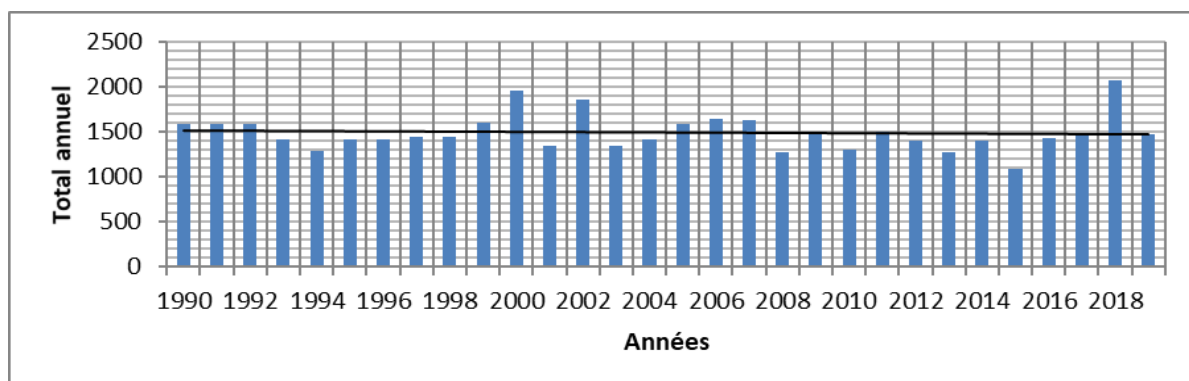


Figure 4. Évolution annuelle des précipitations à Kikwit et ses environs (1990-2019) (Source : Données récoltées sur le terrain, station de Victoria Dieuz, Kikwit, 2019)

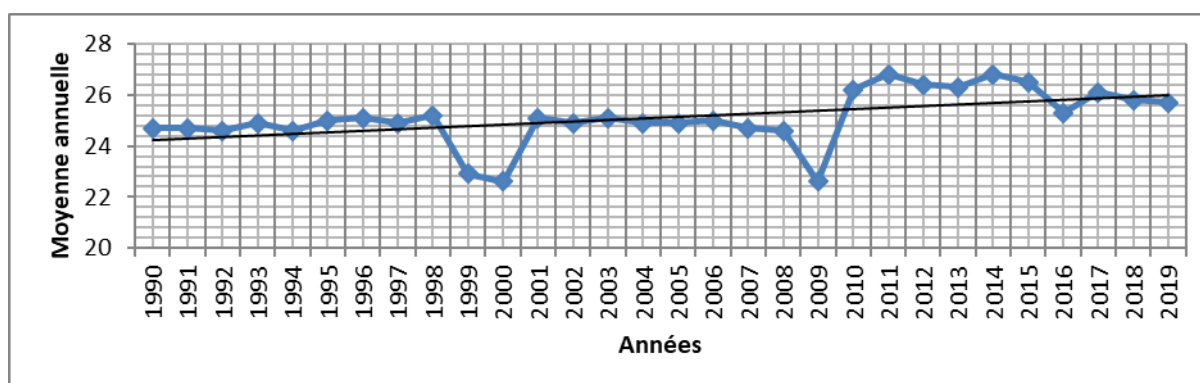


Figure 5. Évolution annuelle des températures dans la région de Kikwit de 1990 à 2019 : Source : Données récoltées sur le terrain, station de Victoria Dieuz, Kikwit 2019

C'est sur des sols sablo-argileux ou argilo-sableux (Mbala et Mabweta, 1990), ferrallitiques totalement lessivés, tronqués et riches en fer (Tableau 1), un peu acides (pH < 6) que se produisent les glissements de terrain dans les environs de Kikwit.

Tableau 1. Granulométrie des sols de Kikwit et ses environs

Sites	Ech. n°	Profondeur en mètre	Sable (%)			Argile et Limon (%)	Teneur en eau (%)
			Sables grossiers	Sables fins	Total sable		
Terrain Ndunga (au Sud)	1	1	25,9	53,7	79,6	20,4	5,3
Terrain Ancien Combattant (Sud-ouest)	2	4	24,9	55,4	80,3	19,7	6,7
Terrain Carrière (Nord)	3	6	26,7	56,2	82,9	2,4	2,7
Terrain Massamba (Nord-ouest)	4	5	32,2	43,1	76,3	23,7	10,8
Terrain de Lunia (Au Centre de Kikwit)	5	2	30,2	55,3	85,5	14,5	8,5
	6	5	30,3	51,0	81,5	18,77	10,2
	7	20	22,9	51,9	77,6	22,4	13,6
	8	33	31,6	49,9	80,4	19,6	14,7
	9	37	15,6	62,0	71,1	28,9	19,9
Le Talus de Mbwambala (Est)	10	0,5	27,5	52,9	82,6	17,4	10,3
	11	10	21,5	49,6	81,2	18,8	9,6
	12	22,5	34,6	48	95,1	4,9	9,1

	13	23,5	23,2	58	74,8	25,2	11,2
	14	32,5	69,2	25,9	95,1	4,9	6,8
Moyenne			29,7	50,9	80,6	18,2	9,89

Source : Mbala et Mabweta (1990)

Ces types de sols favorisent une végétation à prédominance herbeuse sur le plateau, des forêts galeries le long des rivières et des savanes boisées (Mikwati) sur les plateaux (Lubini & Kusehuluka, 1990).

2.2 Méthodes

Plusieurs opérations d'observations et de mesures ont été menées pendant deux ans sur le terrain des glissements de Mutatala et de Ndunga notamment : (i) Le levé de terrain et la description des sites : prise des coordonnées géotopographiques des sites d'étude au GPS pour la géolocalisation et d'autres données environnementales (dimensions) de l'extension de chaque glissement ; (ii) L'implantation des jalons : la procédure a consisté à planter des jalons en bois dans la zone. Les jalons, distants de 20 m les uns des autres, ont été placés sur la courbure de rebords du glissement. A partir d'un canevas de repères fixes en amont, la progression du glissement a été relevée tous les 15 jours de 2017 à 2019 en utilisant la technique d'arpentage au décimètre. La figure 6 montre les dispositifs de mesure du glissement de Mutatala.

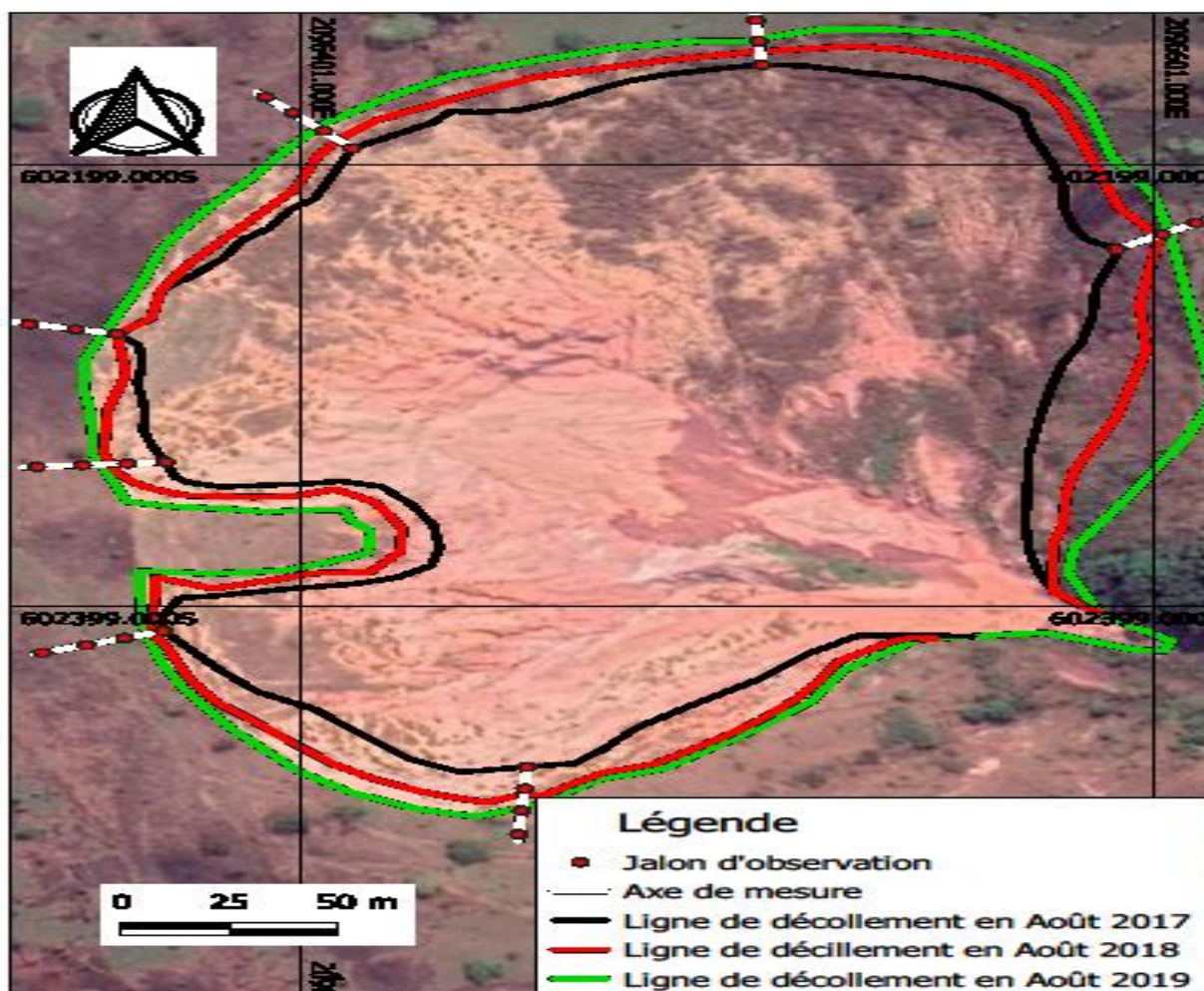


Figure 6. Dispositifs de mesure et extension du glissement de Mutatala

Les photographies aériennes de 1984 et des images tirées de Google Earth 2017 et 2019 ont permis la comparaison des modifications temporelles de l'espace occupé par les glissements de terrain. S'agissant de l'échantillonnage et de l'analyse granulométrique, sept échantillons de sol ont été prélevés pour l'analyse dans les deux sites

dont quatre échantillons à Mutatala et trois autres à Ndunga. Ce qui a permis d'établir la texture des sols dont le comportement influence la cohésion et la résistance aux sollicitations des forces de gravité ou de traction sur les matériaux. Les essais de cisaillement ont été menés au laboratoire du Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM) de

Kinshasa sur les 7 échantillons provenant des glissements. Les échantillons ont été soumis à une force de traction contrôlée pour mesurer la résistance selon la loi Mohr-Coulomb (Estrada Mejia, 2008). Un essai de cisaillement direct (Figure 7) permet de connaître la cohésion et l'angle de frottement des sols pour déterminer la résistance au cisaillement, c'est-à-dire, la force qui s'oppose au glissement de terrain.

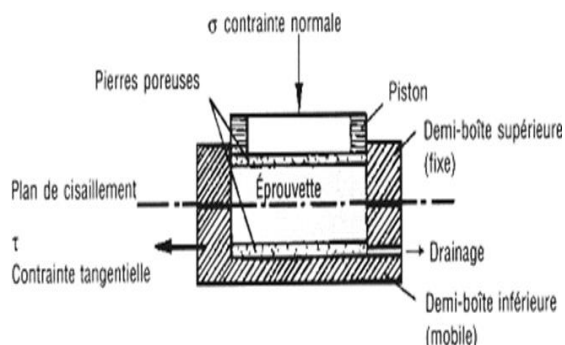


Figure 7. Boite de cisaillement Model EDJ-2

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Glissements de Mutatala et Ndunga

L'espace concerné par les glissements de terrain était très vaste (Figure 1) de sorte qu'une étude exhaustive de tous les glissements n'a pas été envisagée. De ce fait, deux glissements de terrain en milieu rural (Mutatala, 36 km et Ndunga, 21 km de Kikwit) ont été étudiés en détails de 2017 à 2019. Les glissements observés sont enclenchés en rapport avec la présence d'un cours d'eau. La forêt coupée et transformée en champ de culture depuis quelques temps et des différents sentiers partant du village rejoignant le cours ont été à la base des glissements des terres.

Les mouvements de terrain résultent généralement d'un changement de l'équilibre des forces sur le versant, notamment un déséquilibre entre les forces résistantes et les forces motrices à la suite des perturbations physiques ou mécaniques dues au défrichement et aux activités anthropiques. Le terrain est en pente forte : 39 % à Mutatala et 27 % à Ndunga. Le sol est sableux à Mutatala et argilo-sableux à Ndunga. Quittant la forêt, le glissement progresse sur le haut du plateau où la végétation est une savane herbeuse devenant plus arbustive au sommet.

En dépit des connaissances et des progrès techniques réalisés dans le domaine de reconnaissance, de prévision et de prévention des glissements de terrain, leur occurrence augmente indéniablement à l'échelle mondiale. Cette tendance continuera en ce 21^e siècle à cause des facteurs suivants : (1) l'urbanisation et le développement des activités dans les zones susceptibles de glissement de terrain ; (2) Le déboisement continue des zones propices au glissement de terrain ; (3). L'agressivité

pluviométrique par le changement climatique ; (4) Les conditions géologiques, géomorphologiques, topographiques, hydrogéologiques et géotechniques du site soumis à des facteurs de limites (Kakesa, 2016).

Dans les cas de cette étude, il ne s'agit certes pas de l'urbanisation puisque les glissements se produisent en milieu presque naturels mais les autres facteurs peuvent entrer en jeu dans le déclenchement et le développement du processus. Les facteurs responsables des glissements des terres dans les environs de la ville de Kikwit sont : (i) la composition et la mécanique du sol, (ii) la topographie (pente), (iii) la propagation ou dynamisme, (iv) la déforestation et autres perturbations humaines des sites.

Les glissements de terrain sont provoqués par des causes internes qui affaiblissent la cohésion du sol et des causes externes qui agissent sur les contraintes de cisaillement du terrain. Les facteurs internes sont influencés par la composition des sols à travers leurs propriétés physiques notamment la texture.

3.2. Influence de la texture du sol

Dans le contexte de Mutatala et de Ndunga (Kikwit), les sols sont essentiellement constitués de sables fins à 80 %, donc pulvérulents (figure 8).

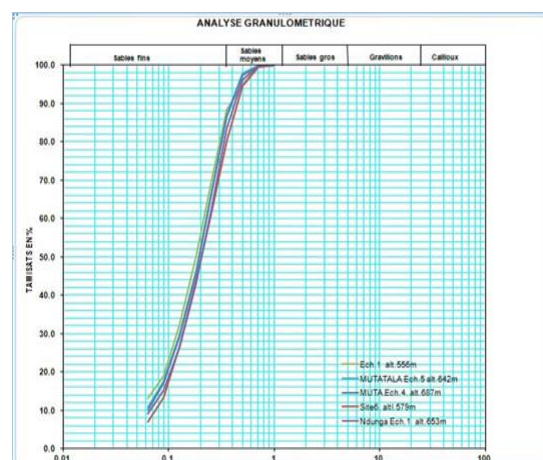


Figure 8. Courbes granulométriques cumulées des sols de Mutatala et Ndunga

En effet, à l'action des efforts externes et internes, le sol oppose sa résistance au cisaillement qui dépend de sa cohésion et de son frottement interne.

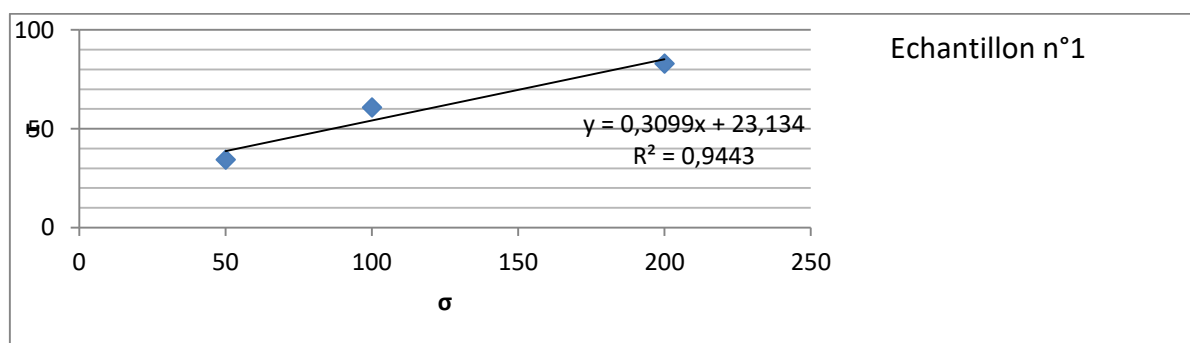
3.3. Mécanique du sol : cohésion et cisaillement

Le cisaillement se calcule selon la loi de Coulomb d'après la formule $\tau = c + \sigma \tan \phi$, avec τ , contrainte de cisaillement ; σ , contrainte normale et c , la cohésion à l'origine de l'ordonnée et ϕ l'angle de frottement interne (Colas et Baillet, 2009 ; Maton et Zornette, 2009 ; Fondasol, 2012), (Tableau 2).

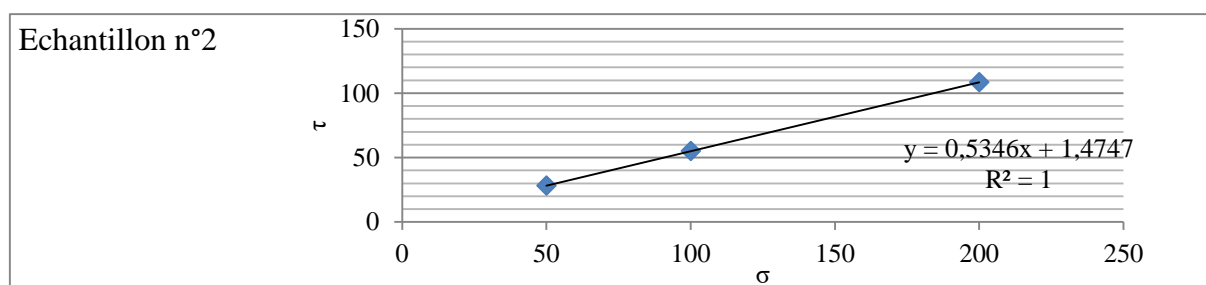
Tableau 2. Données de cisaillement des sols de Mutatala et de Ndunga

N° Ech.	Site	Coordonnées géographiques	Altitudes	Cohésion (C)	Angle de frottement	Pente / terrain
1	Mutatala	05°24'09"S 18°50'00 "E	556 m	23,13 Kpa	17,23°	39 %
2	Mutatala	05°24'06"S 18°49'59"E	632 m	1,47 Kpa	23,13°	
3	Mutatala	05°24'06"S 18°49'56"E	687 m	0,92 Kpa	23,49°	
4	Mutatala	05°24'08"S 18°50'01"E	579 m	4,331Kpa	29,96°	
5	Ndunga	05°14'09"S 18°47'38"E	653 m	4,42 Kpa	30,24°	27 %
6	Ndunga	05°14'09"S 18°47'38"E	638 m	8,80 Kpa	30,45°	
7	Ndunga	05°14'11"S 18°48'55"E	613 m	5,51 Kpa	35,0°	

Les résultats à l'issue des tests de cisaillement (Tableau 2) sur les échantillons montrent une cohésion particulièrement faible (Figure 10), caractéristique du milieu pulvérulent, la cohésion se situe entre 1 et 8 Kpa et l'angle de frottement du matériau est supérieur à 20°. Ce qui est normal et prédispose ces matériaux aux mouvements de masse. Cependant, l'échantillon n°1 sort du lot avec une cohésion élevée (23,00 Kpa) et un angle de frottement inférieur à 20°. Cet échantillon provient de surface de rupture du glissement. Les matériaux de cette surface de rupture sont plus cohérents par rapport à ceux éboulés qui glissent ou roulent. Figure 10 (Echantillon 1-7) montre la droite de cisaillement de différents échantillons de sols. La figure 9 (Echantillon 1 à 7) montre les droites dont l'intersection à l'ordonnée donne la valeur de la cohésion et l'angle de frottement à l'intersection avec l'abscisse.

**Figure 9(1).** Paramètres mécaniques (cohésion et cisaillement) de l'échantillon de sol (1) de glissement de Mutatala

L'échantillon 1 (Tableau 2) proviendrait d'un sol plus consistant caractérisé par un coefficient de cohésion élevé de 23 Kpa (prolongement de la droite vers l'abscisse) et un angle frottement faible de 17° ; caractéristiques qui rendent ce sol plus résistant au glissement. Sa position topographique (556 m) le place proche de la source d'eau et aurait sans doute évolué sous forêt, donc plus riche en éléments fins et en matière organique.

**Figure 9(2).** Paramètres mécaniques (cohésion et cisaillement) de l'échantillon de sol (2) de glissement de Mutatala.

Le faible coefficient de cohésion (1,47 Kpa) et l'angle de frottement élevé (23°) situe cet échantillon (2) de sol dans une zone propice au glissement.

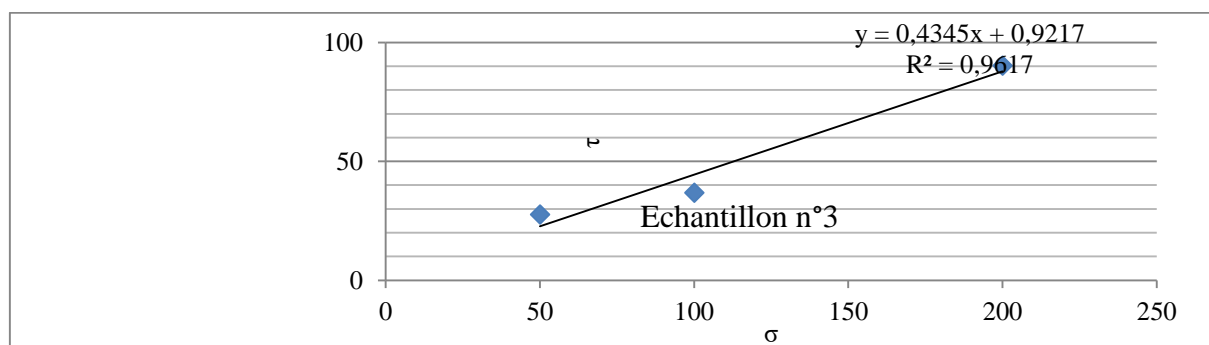


Figure 9(3). Paramètres mécaniques (cohésion et cisaillement) de l'échantillon de sol (3) de glissement de Mutatala.

Avec un coefficient de cohésion inférieur à l'unité (0,92 Kpa) et un angle de frottement au-dessus de 20°, cet échantillon se situe dans une zone d'instabilité compte tenu de la pente de terrain proche de 40 %.

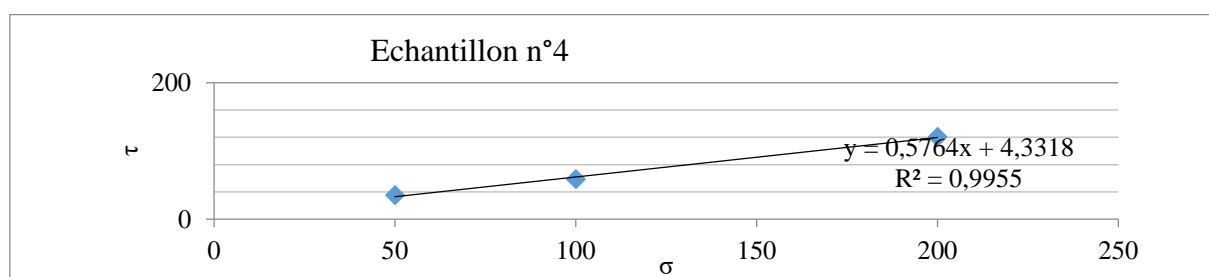


Figure 9(4). Paramètres mécaniques (cohésion et cisaillement) de l'échantillon de sol (4) de glissement de Mutatala.

Avec un coefficient de cohésion de 4,3 Kpa et un angle de frottement de près de 30°, cet échantillon (4) se situe entre l'échantillon 1 et 2 ; donc sensible aussi au mouvement de terrain.

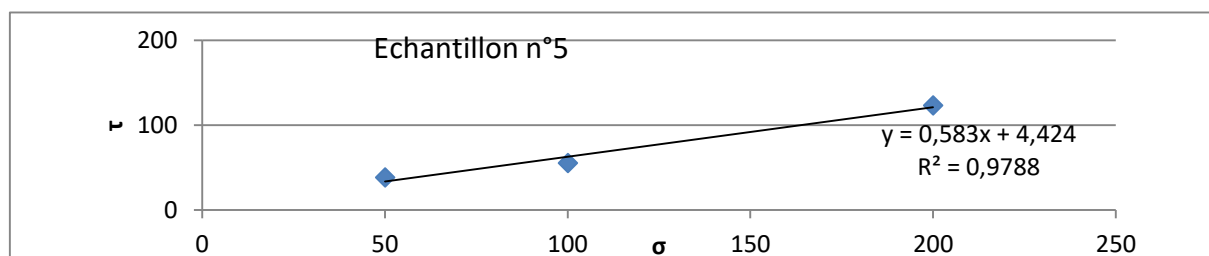


Figure 9(5). Paramètres mécaniques (cohésion et cisaillement) de l'échantillon de sol (5) de glissement de Ndunga.

Echantillon de sol de savane à coefficient de cohésion de 4,4 Kpa avec un angle de frottement de plus de 30°, est donc sensible au glissement.

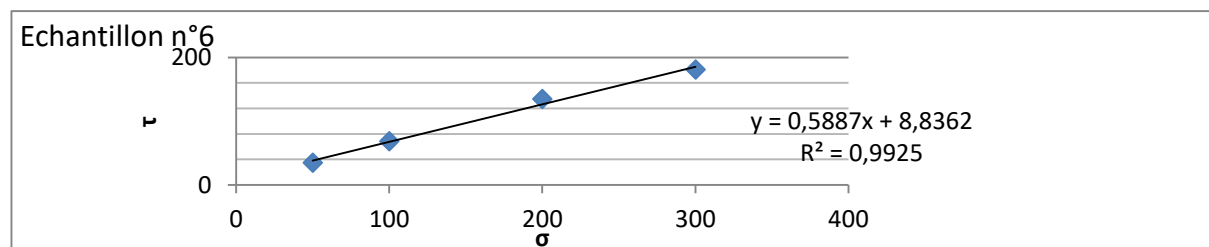


Figure 9(6). Paramètres mécaniques (cohésion et cisaillement) de l'échantillon de sol (6) de glissement de Ndunga.

Bien qu'ayant un coefficient de cohésion un peu plus élevé (8,8 Kpa) que les autres échantillons, son angle de frottement supérieur à 30° le maintient parmi les formations pédologiques sensibles au mouvement de glissement.

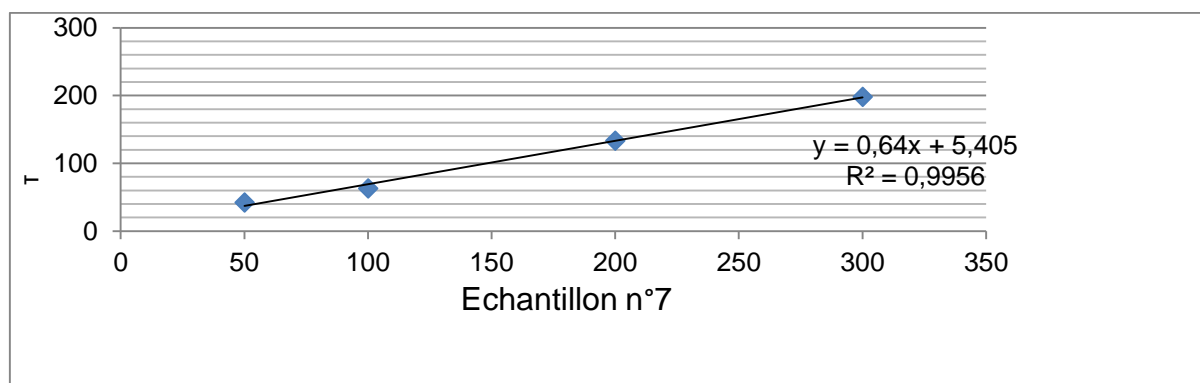


Figure 9(7). Paramètres mécaniques (cohésion et cisaillement) de l'échantillon de sol (7) de glissement de Ndunga. Source : Graphiques établis à partir des données du tableau 2

Avec un coefficient moyennement faible (5,5 Kpa) et un angle de frottement parmi les plus élevés (35°), ce sol (7) situé sous savane ne peut qu'être sensible au mouvement de glissement sur la pente de terrain de près de 30 %.

3.4. Stabilité de pente et descente des terres

Un glissement de terrain est défini comme le mouvement d'une masse de sol ou de roches ramollies le long d'une surface de rupture du sous-sol sous l'effet de la gravité, qui s'amorce essentiellement sur une pente et là où il y a un talus (Fondasol, 2012). Le rapport de la résistance au cisaillement des sols aux contraintes de cisaillement des sols le long de la surface de rupture est défini en géotechnique comme le coefficient de sécurité du talus, représenté par la lettre F.

Le glissement de terrain dépend de la stabilité de la pente du versant, lui-même conditionné par la cohésion du sol et l'humidité. La stabilité de la pente est exprimée par l'indice de sécurité (F) qui est un rapport entre la force de traction exercée sur un pan de sol et la résistance opposée à la traction. Ainsi, $F = \text{force de traction} / \text{force de résistance}$ ou $F = \sigma / \tau$. Si $F > 1$, la pente est stable, si $F \leq 1$, la pente est instable, il y a risque de glissement du terrain (Fondasol, 2012 ; Estrada Meja, 2008, Kakesa, 2016).

Les pentes à Mutatala et à Ndunga sont respectivement de 39 et 27 %. L'indice de sécurité calculé sur la base des données tirées des figures 10 montrent que le coefficient F est supérieur à l'unité, variant entre 1,3 et 2,6. Ces valeurs indiquent que les pentes sur lesquelles se développent ces glissements de terrain sont naturellement stables, même très stables. Les deux cas analysés révèlent que l'on ne devrait pas craindre un glissement de terrain au niveau de Mutatala et de Ndunga, le facteur de sécurité étant supérieur à l'unité selon les méthodes de Bishop simplifiée et de Fellénus (Fondasol, 2012). Si tel est le cas, comment expliquer l'instabilité qui provoque ces glissements de terrain à Mutatala et Ndunga ?

3.5. Déforestation

La présence de la végétation renforce la stabilité d'un talus dans le cas des glissements superficiels, comme c'est le cas à Mutatala et Ndunga. La végétation joue un rôle très important dans la stabilité des pentes à travers la zone de non-saturation qu'elle entretient dans le premier mètre de profondeur (Hemmati et Modaressi, 2013). L'instabilité proviendrait des activités anthropiques. En effet, le déclenchement est parti de la déforestation autour de la source. On a observé la présence des anciens champs par des souches encore intactes, jusqu'au niveau de la source des ruisseaux. A ce niveau, le ruissellement a pris le dessus sur l'infiltration et l'écoulement hypodermique à cause de la dénudation du sol. Ce qui aurait entraîné une incision ayant alors déstabilisé la pente. La source, où se situe le talus, semble avoir aussi contribué, non seulement au déclenchement du glissement, mais aussi à son entretien à partir de l'affouillement de sables fins du sol sous le talus. Comme on le voit par les Figures 3 & 4, une fois sortis de la zone de forêt, les glissements évoluent sur la savane où la végétation herbacée à enracinement superficiel accélère le processus.

3.6. Dynamisme de propagation de glissement

Le glissement de Mutatala

Le Tableau 3 rapporte les relevés de la vitesse de propagation du glissement à Mutatala au niveau de chaque jalon. Sur l'ensemble des jalons, des descentes de terres ont été enregistrées de manière régulière. Cependant, on observe de périodes de statu quo, signifiant l'absence de mouvement par exemple au jalon P4 au cours de la première année. De même, la vitesse a diminué la seconde année. En fait, plus on s'approche du haut du plateau, plus la pente diminue et moins le glissement s'active (Kakesa *et al.* 2022)

Les mesures-repères révèlent que la progression est rapide dans l'ensemble du glissement. Les sept repères ont enregistré une avancée du glissement qui varie de 5 m à 18 m par an. En deux ans, le glissement s'est élargi de près de 71 m en amont.

Depuis 1982, le glissement de Mutatala aurait parcouru environ 870 m en ligne droite. L'étendue glissée, à Mutatala, est estimée à près de 20 hectares.

Tableau 3. Propagation du glissement de Mutatala

Année	Relevés de descente par jalon/période							Total
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	
2017-2018	12	3	6	0	4,6	5,8	11	42.4
2018-2019	6	1.8	1.2	3	7,4	5.5	3.3	28.2
Total	18	4,8	7,2	3,0	12.0	11.3	14,3	70.6
Moyenne annuelle : 35,3 m								

Le glissement de Ndunga

En ce qui concerne le site de Ndunga, les relevés de 3 jalons (Tableau 4) indiquent une progression plus faible à celle de Mutatala. Avec une progression de 14 m par an, au bout de 11 années, ce glissement atteindra la route régionale de desserte agricole (située à 157 m en amont) dont la conséquence serait l'interruption de l'approvisionnement en produits agricoles pour la ville de Kikwit.

Tableau 4 : Propagation du glissement Ndunga suivant les repères

Année	Relevés de descente par jalon/période			
	P ₁	P ₂	P ₃	Total
2017-2018	2,7	3,2	5,0	10 ;9
2018-2019	6,2	5,8	5,3	17,3
Total	8,9	9,0	10,3	28,2
Moyenne annuelle par épisode pluvial : 14,1 m				

A Ndunga, la présence des fentes profondes de 30 à 40 cm en amont du dernier décollement (Figure 4) indique la rétrogression du glissement. Ce glissement (Ndunga) est moins spectaculaire que celui de Mutatala mais très dangereux parce que sa progression peut atteindre la route d'intérêt régional qui mène vers Kabudi - Mudikalunga - Feshi, située à près de 150 m en amont.

3.7. Impact des glissements sur le milieu

Les conséquences occasionnées par les glissements de terrain dans les environs de Kikwit, spécialement à Mutatala et à Ndunga ont un impact certain sur plusieurs plans : (i) Sur le plan humain, il a été signalé la mort de trois personnes en 2001, emportées par un éboulement dans le glissement de Mutatala ; (ii) Sur le plan économique, la réduction de l'espace agricole et de l'élevage, la destruction des champs de cultures vivrières, susceptibles d'entraîner une baisse de la production et la productivité dans les villages concernés ; (iii) Sur le plan environnemental, la diminution des forêts de sources constitue une menace sur les ressources et la biodiversité dans le milieu ; (iv) Sur le plan infrastructurel, le glissement de Ndunga menace de couper la route de desserte agricole qui risque de

freiner le trafic et plonger la ville de Kikwit en crise alimentaire.

4. CONCLUSION

Plusieurs glissements spontanés sont observés dans les environs de la ville de Kikwit dont deux, celui de Mutatala et de Ndunga situés respectivement à 36 km et 21 km de la ville ont été étudiés. Les mécanismes, les facteurs et les causes ont été examinés dans ces deux cas.

L'analyse montre qu'ils sont déclenchés depuis les années 1982 et seraient provoqués par la déforestation proche des cours d'eau. La progression du phénomène bénéficie des caractéristiques physiques du milieu (sols fragiles, climat agressif et topographie accidentée), exacerbées par d'autres activités humaines (sentiers, champs, etc.). Les glissements de Mutatala et de Ndunga sont très dynamiques, ils ont progressé, sur le front, respectivement de 35 m et de 14 m en moyenne par an.

Ces glissements grignotent peu à peu l'espace agricole (20 hectares perdus à Mutatala) et pourraient couper la ville de Kikwit de son hinterland au Sud si la route régionale Kabudi -

Mudikalunga - Feshi venait d'être coupée au niveau du village Ndunga. En termes d'intensité et de susceptibilité, l'étude devra être étendue à plusieurs autres phénomènes observés dans les environs par un inventaire plus exhaustif possible et très approfondie en rapport avec la morphologie, les caractéristiques de résistance des formations meubles et les formations géologiques.

Références

Colas B. & Baillet L., 2009. *Cartographie de la susceptibilité aux mouvements de terrain dans la région Languedoc-Roussillon - Echelle 1/250 000*. Rapport BRGM/RP-56409-FR, 148 p.

Estrada Mejia N., 2008. *Étude numérique du cisaillement des géo-matériaux granulaires cohésifs : relation micro-macro, microstructure, et application à la modélisation de glissements de terrain*. Thèse de doctorat, Laboratoire Géosciences Montpellier, UMR CNRS-UM2, 149 p.

Fehr S., 1990. La pluviométrie de Kikwit. *Pistes et recherches*, 5(2-3), 183-317

Fondasol (Anonyme), 2012. *Étude de glissement de terrain, stabilité de pente et d'excavation*, 67 p.

Grzybowski K., 1984. Evolution du relief tabulaire dans la zone intertropicale : cas de la partie Est du plateau du Kwango. *Africana Bulletin*, N° 32, 61-72

Hemmati S. & Modaresi A., 2013. Étude de la stabilité des pentes non saturées sous les effets de l'infiltration prenant en compte la végétation. *Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris 2013*, 4 p.

Kakesa K, J.P., Miti T.F., Makanzu I.F & Mubanga N. G., 2022. *Impact des glissements de terrain majeurs à Kikwit : Une ville de la province du Kwilu en République Démocratique du Congo. Dynamisme, Extension et Gravité du glissement*. *Revue Pluridisciplinaire Africaine de l'Environnement*, 7, 81-94

Kakesa K J.P., 2022 *Phénomènes d'inondation et d'ensablement dans le centre commercial (ville basse) de Kikwit : réflexion et perspective*. *DaloGéo. Revue scientifique spécialisée en Géographie* (Université Jean Lorougnon Guédé), numéro spécial 002, 225-251.

Kakesa K., 2016. *Études des glissements de terrain à Kikwit et ses environs, Province du Kwilu, R.D. Congo : Dynamisme, extension et gravité du risque de glissement*. Mémoire de D.E.A en Sciences géographiques, Université de Kinshasa, 128 p.

Lubini A. & Kusehuluka S., 1990. Aperçu préliminaire sur les groupements des jachères des environs de Kikwit. *Pistes et Recherches*, 5(2-3), 317-414.

Makanzu Imwangana F., Bambi Tshitshi M. & Ntombi muen Kabeya M., 2020. Occurrences des catastrophes dues aux aléas naturels en RD.Congo : causes et conséquences. *Bull. du CRGM, XIII (N°cumulatif)*, 255-273.

Makanzu Imwangana F., Kayembe M., Ntombi muen Kabeya M. & Moeyersons J., 2017. La ville de Kinshasa face aux risques hydrologiques : Cas du ravinement

urbain. *Journal Congo Sciences*, 5(2), 126-137. <http://www.congosciences.org>

Maki Mateso J.C. & Dewitte O., 2014. Vers un inventaire des glissements de terrain et des éléments à risque sur les versants du Rift à l'ouest du lac Kivu (RDC). *Geo-Eco-Trop.*, 38(1.), 137-154.

Malet J.-P., Thiery Y., Maquaire O. & Puissant A., 2006. Analyse spatiale, évaluation et cartographie du risque glissement de terrain. *Revue Internationale de Géomatique*, 16, 499 - 525.

Mathon C. & Zornette N., 2009. *Cartographie de l'aléa mouvements de terrain. Communes de Louvières et Nogent (52)*. BRGM/RP-57261-FR. 49 p.

Mbala Z. & Mabweta K., 1990, Essai d'une étude physique des sables de Kikwit. *Pistes et Recherches*, 5(2-3), 233-287.

Moeyersons J. & Trefois Ph., 2008. Desertification and changes in river regime in central africa : possible ways to prevention and remediation. In : *Gabriels, D., Cornelis, W., Eyletters, M., Hollebosch, P., combating desertification ? Assessment, adaptation and mitigation strategies. Proceedings of the conference on desertification, Ghent, 23 january 2008. Unesco centre for eremology, ghent university, belgium*, 144 - 156.

Moeyersons J.& Trefois Ph., 2008. Desertification and changes in river regime in central africa : possible ways to prevention and remediation. In : *Gabriels, D., Cornelis, W., Eyletters, M., Hollebosch, P., combating desertification ? Assessment, adaptation and mitigation strategies. Proceedings of the conference on desertification, Ghent, 23 january 2008. Unesco centre for eremology, ghent university, belgium*, 144 - 156.

Munyololo Y., Wafula M., Kasereka M., Ciraba M., Mukambilwa K., Mavonga T., Cirimwami M., Muhigirwa B., Bagalwa R. & Mundala M., 1999. *Recrudescence des glissements de terrain suite à la réactivation sismique du bassin du Lac Kivu. Région de Bukavu (Rép. Dém. Congo)*. Rapport Annuel du Département de Géologie et de Minéralogie du Musée Royal de l'Afrique Centrale 1997-1998, pp. 285-298.

Nicolai H., 1963. *Le Kwilu, étude géographique d'une région Congolaise*. CEMUBAC. Bruxelles, 472 pages

Sahani M., 2011. *Le contexte urbain et climatique des risques hydrologiques de la ville de butembo (Nord-Kivu/RDC)*. Thèse de doctorat, Université de Liège, Faculté des Sciences, 273 p.

Roose E et al., 2000, *Ravinement en Algérie, typologie, facteurs de contrôle, quantification, réhabilitation*. *Sciences et changement planétaire*, 11(4), 317-360.

Vandecasteele I., Makanzu Imwangana F., Tumwaka C.N., Ntombi A.M., Trefois P., Ozer P. & Moeyersons J., 2011. The increasing threat of natural hazards in central Africa: the case of urban mega-gullies. *23rd colloquium of african geology, january 8-14, 2011*, 407 p.