



Numéro spécial

Développement des capacités en observation et étude des géorisques dans la Région des Grands Lacs (projet RGL_GEORISK)

PREFACE

Géorisques dans la région des Grands Lacs en Afrique Centrale

Geohazards in the Great Lakes Region of Central Africa

Damien DELVAUX¹, Caroline MICHELLIER¹, & Olivier DEWITTE¹

Les lacs Kivu et Tanganyika font partie de la région dite des Grands Lacs (Est de la RDC, Burundi, Rwanda, Nord-ouest de la Tanzanie et Sud-Ouest de l'Uganda). Ils sont situés dans la branche occidentale du rift est-africain. Les processus géodynamiques liés au développement du rift sont responsables de la géographie particulière de cette région de montagnes, lacs et volcans dont les ressources naturelles (eau, sol, forêts, etc.) et le climat favorable attirent une population nombreuse. Ces processus ont également un impact environnemental important associés à divers aléas naturels d'origine géologique tels que les tremblements de terre, les glissements de terrain et les aléas volcaniques (e.g. MAKI MATEO & DEWITTE, 2014; SMETS et al. 2015, DELVAUX et al., 2017) (dans la suite de ce texte, nous parlerons de géorisques). Les interactions entre ces géorisques sont évidentes dans de nombreuses régions du monde (e.g. GILL & MALAMUD, 2014) et cette partie du rift ne fait pas exception. Par exemple, des recherches récentes ont montré l'existence de liens entre l'occurrence de glissements de terrain et de tremblements de terre (JACOBS et al., 2016; MONSIEURS et al., accepté), et l'activité des volcans des Virunga et la sismicité locale ont fait l'objet d'études combinées pour mettre en avant des liens étroits entre ces deux processus (SMETS et al., 2014).

La particularité de cette région est de concentrer ces géorisques sur un territoire déjà densément peuplé et politiquement instable. Cela accroît les risques qui pèsent sur cette population et sur l'environnement; risques dont il est essentiel de tenir compte dans une approche globale et intégrée du développement et de l'aménagement du territoire. Une bonne connaissance des aléas et de leurs conséquences est donc nécessaire, en vue de la prévention d'événements catastrophiques futurs. De plus, une évaluation de la vulnérabilité de la population et des infrastructures revêt aujourd'hui un caractère primordial pour la réduction des risques (MICHELLIER et al., 2016).

En dépit de la présence de plusieurs institutions scientifiques dans la région du lac Kivu, les experts à même d'assurer l'étude et le suivi des aléas, ainsi que l'analyse de la vulnérabilité des éléments exposés demeurent encore peu nombreux. Ces institutions connaissent une carence en matière d'enseignement et de connaissances de base dans le domaine des géorisques et ne sont pas toujours en mesure de pleinement contribuer à des projets de recherche ayant pour objectif l'identification et la mise en place de mesures de prévention et de gestion des risques.

De plus, les moyens modernes d'observation et de monitoring de ces processus sont relativement limités au sein de certaines de ces institutions. En conséquence, les aléas ne sont pas

¹ Musée royal de l'Afrique centrale, Tervuren, Belgique. Emails: damien.delvaux@africamuseum.be, caroline.michellier@africamuseum.be, olivier.dewitte@africamuseum.be

suffisamment pris en compte par les autorités dans leurs politiques de développement local et régional. Cette situation, commune à d'autres endroits de la planète, est ici accentuée par un contexte sécuritaire et politique qui n'a pas permis un développement optimal du secteur de la recherche. D'autres priorités ont retenu l'attention des décideurs.

Cette situation, qui est commune dans d'autres endroits de la planète du fait de la trop rare prise en compte des risques naturels dans les processus de décision, est ici accentuée par un contexte sécuritaire et politique qui n'a pas permis un développement serein du secteur de la recherche. Une préparation aux risques reste préférable à la remédiation après une crise majeure comme celle de l'éruption du Nyiragongo en 2002 (TEDESCO *et al.*, 2002), ou encore celle d'une éventuelle éruption limnique qui concernerait l'ensemble du Bassin du Kivu (SCHMIDT *et al.*, 2005).

Cependant, depuis plusieurs années, le Département des Sciences de la Terre du Musée royal de l'Afrique centrale (MRAC) développe une stratégie de recherche dans cette région, définie par l'initiative GeObsNet – Great Lakes GeoObservatories Network. Cette initiative constitue le cadre des actions que développe le MRAC en collaboration avec le Musée National d'Histoire Naturelle (MNHN) et le Centre Européen de Géodynamique et de Sismologie (ECGS), basés au Luxembourg. Elle vise à créer un réseau régional permettant de fédérer et coordonner les efforts de surveillance, d'étude et de formation autour des aléas géologiques et des risques associés.

De 2012 à 2017, le SPP Politique Scientifique (BELSPO) a financé un projet de recherche grâce à son programme *Science pour un Développement Durable*. Ce projet, appelé GeoRisCA, avait pour objectif l'étude des géorisques dans le segment du rift du Kivu (*GeoRisCA: Géo-risque en Afrique Centrale, une approche intégrée des multi-aléas et de la vulnérabilité au service de la gestion du risque global*; <http://georisca.africamuseum.be/>; <https://africamuseum.science.blog/>). Mis en œuvre par un consortium d'équipes scientifiques belgo-luxembourgeoises, il a mis l'accent sur l'acquisition et l'analyse d'informations, et la création d'outils d'aide à la décision à destination des autorités en charge de la prévention des risques naturels et de la gestion des catastrophes.

En parallèle aux activités de recherche menées dans le cadre de GeoRisCA, un projet soutenu par la Direction générale belge de Coopération au Développement (DGD) a été développé avec pour objectif de renforcer l'expertise dans le domaine des géorisques au sein des institutions scientifiques et universitaires de la région d'étude (RGL_GEORISK (2013-2015) : *Développement des capacités en observation et étude des géorisques dans la région Kivu-Nord-Tanganyika (région grands lacs)*). L'Observatoire Volcanologique de Goma (OVG), le Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (CRSN), l'Université Officielle de Bukavu (UOB), l'Institut Supérieur Pédagogique (ISP) de Bukavu et l'Université du Burundi à Bujumbura (UB) ont pris part à ce projet qui a permis la formation de plus d'une vingtaine de jeunes chercheurs (19 élèves réguliers et 5 élèves libres). Cette formation s'est articulée autour des compétences existantes dans la région et a été complétée par l'intervention des experts du MRAC. La première année a été consacrée à la formation intensive des chercheurs; tandis qu'au cours de la deuxième année, ils ont effectué un travail personnel, dont 17 ont fait l'objet d'un mémoire défendu en séance académique publique. Parmi ceux-ci, cinq lauréats ont été sélectionnés sur base des résultats obtenus pour leur mémoire et la défense orale pour participer à un stage de trois mois au MRAC. En parallèle, le projet RGL_GEORISK a permis l'installation de trois stations d'observation équipées chacune d'un sismomètre, d'un GPS géodésique et d'une station météo automatique. Ces stations forment la base d'un réseau d'observation local à l'échelle du Kivu, dont la composante forme le premier réseau sismique à large bande (KivuSNet, OTH *et al.*, 2016) et la composante GPS, le premier réseau GNSS d'observation géodésique des déformations du sol (KivuGNet, GEIRSSON *et al.*, 2017).

Après un premier article géologique sur la région aurifère de Mobale (Kamituga), résultat d'une recherche effectuée hors du cadre du projet RGL_GEORISK (ILOMBE *et al.*, 2017), ce volume spécial de la revue GeoEcoTrop rassemble neuf travaux de recherche effectués par les participants à ce projet dans les domaines des aléas sismiques, volcaniques et de glissement de terrain, ainsi que de la vulnérabilité des infrastructures face à ces aléas.

L'activité sismique est générée par le mouvement le long de failles géologiques. L'article de GANZA *et al.*, (2017) étudie quelques failles actives de la partie occidentale du rift du Kivu pour leurs aspects sismotectoniques. Ces données ont été intégrées dans une étude régionale sur l'aléa sismique, publiée hors du cadre de ce volume (DELVAUX *et al.*, 2017).

Concernant les aléas sismo-volcaniques, l'atténuation de la partie Coda des ondes sismiques peut procurer des informations intéressantes sur les mouvements de magma en profondeur et ces mêmes ondes ont une évolution temporelle en relation avec les éruptions volcaniques. Ainsi, l'étude de l'atténuation des ondes Coda de 333 tremblements de terre volcano-tectoniques a permis d'imager une intrusion magmatique à faible profondeur dans la région volcanique des Virunga (FIAMA *et al.*, 2017a). Dans un second article, la variation de l'atténuation des ondes Coda avant l'éruption de 2011 – 2012 du volcan Nyamulagira est évaluée comme précurseur des éruptions volcaniques dans la région des Virunga (FIAMA *et al.*, 2017b). Enfin, l'analyse des essaims de séismes et trémors volcaniques associés à l'activité sismo-volcanique du volcan Nyamulagira a aussi été utilisée comme précurseur possible d'une des éruptions volcaniques (RUZANGIZA *et al.*, 2017).

L'aléa glissement de terrain a été étudié dans la zone urbaine de Bukavu, en particulier pour les interactions entre les activités anthropiques et l'instabilité des pentes. Une évaluation préliminaire des éléments à risque liés aux glissements de terrain a été réalisée à l'échelle du bassin versant de la rivière Weshu; ce dernier a connu un peuplement récent important et son étude permet de mieux comprendre les processus actifs dans un environnement en cours d'anthropisation (KULUMISHI *et al.*, 2017). L'étude de la variabilité spatio-temporelle des facteurs naturels et anthropiques du glissement de terrain de Nyakavogo, particulièrement actif au cours des dernières années a été réalisée en combinant analyse et enquête de terrain, photographies aériennes, imagerie satellitaire et analyse d'archives (MUGARUKA *et al.*, 2017).

Un dernier groupe d'articles est consacré à la vulnérabilité des infrastructures face aux glissements de terrain à Bukavu et aux coulées de lave à Goma. La vulnérabilité du bâti face aux glissements de terrain a été étudiée par BALEGAMIRE *et al.* (2017) grâce à une analyse spatio-temporelle dans le grand glissement de Funu, une des plus grandes instabilités de pente dans le centre-ville de Bukavu. L'impact des mouvements du sol sur la vulnérabilité des réseaux de distribution d'eau et d'électricité de l'ensemble de la zone urbaine a été étudié par KALIKONE *et al.* (2017). A Goma, CIZA *et al.* (2017) ont étudié, selon une approche plus détaillée, la vulnérabilité des réseaux de distribution d'eau potable et d'électricité de la ville, dans l'hypothèse d'une coulée de lave du volcan Nyiragongo similaire à celle de 2002.

REMERCIEMENTS

Le projet RA_S1_RGL_GGORISK a été financé par la Coopération belge au développement via l'Accord-Cadre conclu entre la Coopération belge au développement et le Musée Royal de l'Afrique centrale. Le projet-père GeoRisCA a été financé par la Politique Scientifique Belge (Grant SD/RI/02A). L'Académie royale des Sciences d'Outre-mer de Belgique est remerciée pour son patronage scientifique à la revue *Geo-Eco-Trop*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALEGAMIRE, C., MICHELLIER, C., MUHIGWA, J.B., DELVAUX, D., IMANI, G. & DEWITTE, O., 2017. Vulnérabilité du bâti face aux glissements de terrain: analyse spatio-temporelle à Bukavu (RD Congo). *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 263-277.
- MUGARUKA, B.T., KULUMISHI S.M., MUHINDO S.W. & DEWITTE, O., 2017. Glissement de terrain de Nyakavogo (Bukavu, RD Congo): interaction entre facteurs naturels et anthropiques. *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 249-261.
- CIZA, A., MICHELLIER, C., KARUME, K., KERVYN, F., 2017. Vulnérabilité des réseaux de distribution d'eau potable et d'électricité dans la ville de Goma, face aux coulées de lave du volcan Nyiragongo (RD Congo). *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 193-312.
- DELVAUX, D., MULUMBA, J.-L., SEBAGENZI, M.N.S., FIAMA BONDO, S., KERVYN, F. & HAVENITH, H.-B. (2017). Seismic hazard assessment of the Kivu rift segment based on a new sismo-tectonic zonation model (Western Branch, East African Rift system). *Journal of African Earth Sciences*, 134: 831-855.

- FIAMA, S.B., MAVONGA, G.T., RUSANGIZA, K., KERVYN, F. & DELVAUX, D., 2017a. Atténuation sismique des ondes Coda dans la région volcanique des Virunga, Branche Occidentale du Système des Rifts Est Africain: Résultats Préliminaires. *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 187-203.
- FIAMA, S.B., MAVONGA, G.T., G., SUBIRA, J., KERVYN, F. & DELVAUX, D., 2017b. Variation temporelle de l'atténuation sismique des ondes codas dans la région volcanique des Virunga avant l'éruption du Nyamulagira 06 novembre 2011, République Démocratique du Congo. *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 205-218.
- GANZA BAMULEZI, G., MAVONGA, G.T. & DELVAUX, D., 2017. Analyse sismotectonique de quelques failles actives de la partie occidentale du rift du Kivu en République démocratique du Congo (RDC). *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 169-185.
- GEIRSSON, H., D'OREYE, N., MASHAGIRO, N., SYAUSWA, M., CELLI, G., KADUFU, B., SMETS, B. & KERVYN, F., 2017. Volcano-tectonic deformation in the Kivu Region, Central Africa: Results from six years of continuous GNSS observations of the Kivu Geodetic Network (KivuGNet). *Journal of African Earth Sciences*, 134: 809-823.
- GILL, J.C. & MALAMUD, B.D., 2014. Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards. *Reviews of Geophysics*, 52: 680-722.
- ILOMBE, G.M., MUKOKYA, Y.M., NZOLAND, C., KALIKONE, C.B., BIRHENJIRA, E.M., MUGARUKA, B.T. & DELVAUX, D., 2017. Géologie et structure du gisement aurifère de Mobale à Kamituga, Sud Kivu: approche lithostratigraphique pétrographique et structurale. *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 151-168.
- JACOBS, L., DEWITTE, O., POESEN, J., DELVAUX, D., THIERY, W. & KERVYN, M., 2016. The Rwenzori Mountains, a landslide-prone region? *Landslides*, 13: 519-536.
- KALIKONE, C.B., TEGANYI, F., DEWITTE, O., & MICHELLIER, C. 2017. Impact des mouvements du sol sur la vulnérabilité des réseaux de distribution d'eau et d'électricité à Bukavu. *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 279-292.
- KULUMISHI, S.M., MUGARUKA, B.T., MUHINDO S.W., MICHELLIER, C. & DEWITTE, O., 2017. Glissements de terrain et éléments à risque dans le bassin versant de la Weshu (Bukavu, RD Congo). *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 233-248.
- MAKI MATEO, J.-C. & DEWITTE, O., 2014. Towards an inventory of landslides and the elements at risk on the Rift flanks West of Lake Kivu (DRC). *Geo-Eco-Trop* 38, 137-154.
- MICHELLIER, C., PIGEON, P., KERVYN, F. & WOLFF, E., 2016. Contextualizing vulnerability assessment: a support to geo-risk management in central Africa. *Natural Hazards*, 82: 27-42.
- MONSIEURS, E., JACOBS, L., MICHELLIER, C., MAKI MATEO, J.-C., BASIMIKE, J., GANZA BAMULEZI, G., KULUMISHI MATABARO, S., MUGARUKA BIBENTYO, T., NAHIMANA, L., NDAYISENGA, A., NKURUNZIZA, P., KERVYN, F., THIERRY, W., DEMOULIN, A., KERVYN M. & DEWITTE, O., accepté. Landslide inventory for hazard assessment in data-poor context: a regional-scale approach in Central Africa. *Landslides*.
- OTH, A., BARRIÈRE, J., D'OREYE, N., MAVONGA, G., SUBIRA, J., MASHAGIRO, N., KADUFU, B., FIAMA, S., CELLI, G., BIGIRANDE, J.DED., NTENGE, A.J., HABONIMANA, L., BAKUNDUKIZE, C. & KERVYN, F., 2016. KivuSNet: The First Dense Broadband Seismic Network for the Kivu Rift Region (Western Branch of East African Rift). *Seismological Research Letters*, 88, 1: 49-60.
- RUZANGIZA R.B., MAVONGA, G.T. & SUBIRA, J.M., 2017. Analyse des essaims de séismes et tremors volcaniques associés à l'activité sismo-volcanique du volcan Nyamulagira, région des Virunga. *Geo-Eco-Trop*, 41, 2: 219-232.
- SCHMIDT, M., HALBWACHS, M., WEHRLI, B., WUEST, A., 2005. Weak mixing in Lake Kivu: new insights indicate increasing risk of uncontrolled gas eruption. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6: Q07009.
- SMETS, B., D'OREYE, N., KERVYN, F., KERVYN, M., ALBINO, F., ARELLANO, S.R., BAGALWA, M., BALAGIZI, C., CARN, S. A., DARRAH, T.H., FERNANDEZ, J., GALLE, B., GONZALEZ, P.J., HEAD, E., KARUME, K., KAVOTHA, D., LUKAYA, F., MASHAGIRO, N., MAVONGA, G., NORMAN, P., OSODUNDU, E., PALLERO, J.L.G., PRIETO, J.F., SAMSONOV, S., SYAUSWA, M., TEDESCO, D., TIAMPO, K., WAUTHIER, C. & YALIRE, M.M., 2014. Detailed multidisciplinary monitoring reveals pre- and co-eruptive signals at Nyamulagira volcano (North Kivu, Democratic Republic of Congo), *Bulletin of Volcanology*, 76: 787.
- SMETS, B., KERVYN, M., D'OREYE, N. & KERVYN, F., 2015. Spatio-temporal dynamics of eruptions in a youthful extensional setting: Insights from Nyamulagira Volcano (D.R. Congo), in the western branch of the East African Rift. *Earth-Science Reviews*, 150, 305-328.
- TEDESCO, D., VASELLI, O., PAPALE, P., CARN, A., VOLTAGGIO, M., SAWYER, G.M., DURIEUX, J. KASEREKA, M., & TASSI, F., 2002. January 2002 volcano-tectonic eruption of Nyiragongo volcano, Democratic Republic of Congo. *Journal of Geophysical Research*, 112: B09202.