

Abstract

Rockfall is one of the most common hazards in mountain environments and poses a risk to human infrastructures and human lives. With ongoing climate changes, changes in the frequency, intensity, and spatial distribution of mass-wasting processes in the Alps and other mountain ranges have occurred in the past thirty years. The study's main objective is the investigation of the relation between susceptible source areas using a susceptibility method currently used to locate dangerous cliff areas in Switzerland, and a method enabling estimations of the cliff release frequency by combining dendrogeomorphology and 3D trajectory models. The study site is located in Täsch, in the Matter Valley, a dry inner-alpine valley in Valais, Switzerland. In this study, cliff susceptibility was compared with reconstructed release frequencies from past rockfall activity. Past rockfall activity can be derived from historical records, dendrogeomorphology, aerial and terrestrial picture comparison or DEM comparison (Carrea et al., 2021).

Dendrogeomorphology provides a history of the spatial occurrence of rockfall by sampling and analyzing tree cores and their associated growth disturbances. In forested slopes with incomplete rockfall records, dendrogeomorphology is an efficient tool to evaluate rockfall activity for the past decades to centuries (Stoffel, 2006). Rockfall trajectories were simulated in RockyFor3D, a trajectory simulation software enabling the identification of source areas and reach probabilities of rockfall impacting the forested area. The hazard estimated from dendrogeomorphology was combined with trajectory simulations to estimate release frequencies in the source area following the methodology applied at La Fory site in Switzerland, where conclusive results were obtained (Farvacque & Corona, 2021). The objective of the work is a discussion on similarities and differences between the results of the susceptibility analysis with results of the source area release frequency method. The relationship between high modelled joint densities and high release frequency areas is the main interest, with the hypothesis that highly fractured parts of the cliff area could correlate with source areas displaying high release frequencies.

The results show poor correlations between observed source areas at the site and the Matterocking model predictions for high joint densities, finding no direct link between high joint density and past release points. Matterocking is mostly based on the interaction of joint orientations with the topography, a strong correlation is found between steep cliff areas and high joint densities. The calculated cliff release frequencies were high in comparison to initial study site results and above any expected or realistic release frequencies. This led to further investigations into the reasons why the release frequency results are high: results showed the release frequencies are very sensitive to model rugosity inputs: a small increase in terrain rugosity resulted in important increases in the release frequency results, through diminution of the release surface and reach probability, which are two of three parameters used for release frequency calculations.

The compartmentalization of source areas into low, medium or high release frequencies was not achieved successfully, because of the scattered and aleatoric nature of the source area cells. Nevertheless, the two analysis conclusions were similar: while the susceptibility map and past release areas show no specific pattern of release in the source area, the inability to compartmentalize the source area with the release frequency method could be linked to the source area being non-compartmentalized and homogenous: low or high release frequency areas are indistinct.

Key words: Rockfall, Release frequency, Dendrogeomorphology, Trajectory simulations, Alps, Natural hazards, Rockfall Susceptibility, Matter Valley, Matterocking.

Résumé

Les chutes de pierres sont des processus géomorphologiques des plus communs en milieu montagneux. Elles correspondent à un mouvement gravitaire rapide d'un ou plusieurs blocs qui se décrochent de falaises verticales à sub-verticales et se déplacent par chute libre, rebonds, glissement et/ou roulement jusqu'à ce qu'il soit immobilisé dans sa zone de dépôt. Les chutes de pierres peuvent endommager ou détruire des infrastructures et porter atteinte aux vies humaines. Avec le changement climatique, l'activité liée aux chutes de pierres a déjà connu des variations de magnitude, fréquence et distribution spatiale dans les Alpes et dans d'autres chaînes de montagnes à travers le globe (Stoffel et al., 2014). La capacité à pouvoir prédire des zones propices à de futurs départs de blocs en falaise est important pour les analyses de risques : les zones source représentent le début du processus d'analyse d'aléa, les zones sources sont d'où sont simulés les propagations de chutes de pierres sont définies pour estimer les propagations. Une erreur dans les zones source se traduit par des erreurs de distribution spatiale des fréquences et intensités. Les lithologies, la topographie du versant ainsi que les propriétés des systèmes de failles et conditions de surface de la roche servent à identifier des zones fortement fracturées et altérées qui sont propices à un départ de bloc. La dendrogéomorphologie étudie et date les conséquences de processus géomorphologiques sur la croissance des arbres par l'étude de leurs cernes de croissance. Dans cette étude, les résultats de la méthode Matterock, utilisée en Suisse pour modéliser la distribution spatiale des densités de joints, sont comparés aux zones de départ en falaise obtenus selon la méthode utilisée avec succès au site de la Fory, Suisse (Farvacque & Corona, 2021). Les arbres échantillonnés lors du terrain sont inclus dans le modèle RockyFor3D, qui enregistre toutes les simulations passant par les cellules contenant ces arbres. La surface totale des zones sources et la probabilité d'atteinte pour chaque arbre sont ensuite combinées aux données d'aléa obtenues lors de l'analyse dendrogéomorphologique afin d'obtenir des fréquences de départ en falaise (Farvacque & Corona, 2021).

Les résultats de susceptibilité Matterock montrent une forte corrélation des zones à hautes

densités de joints et des zones pentues de la zone source, alors que l'analyse des zones de départ ne confirme pas une corrélation entre zones pentues et un nombre de départ plus prononcé. Les fréquences de départ obtenues par la combinaison de données dendrogéomorphologiques et de simulations de trajectoire sont très élevées par rapport aux fréquences obtenues par la même méthode à La Fory et par des méthodes d'observation directes sur d'autres falaises de roches compétentes. L'analyse des raisons qui ont conduit à ces valeurs aberrantes indique que les fréquences de départ en falaise sont extrêmement sensibles aux valeurs de rugosité : une petite augmentation du paramètre de rugosité Rg_{70} entraîne une baisse des probabilités d'atteinte et des surfaces de départ. La diminution de ces paramètres augmente alors les fréquences de départ. La compartimentalisation des zones de départ en zones de fréquences basses, moyennes et élevées n'ont pas été accomplies à cause de la nature des cellules de départ, qui étaient dispersés pour des arbres uniques. Toutefois, les deux analyses ont tiré des conclusions convergentes quant aux départs de bocs en falaise : La répartition homogène des zones source récemment identifiées et la distribution des densités de joints unimodales tendent vers une distribution spatiale de l'activité homogène en zone de falaises. L'échec de déterminer des compartiments de hautes, moyenne et basse fréquences par le calcul de fréquences en falaise démontre également qu'il n'y a pas de zones d'activité préférentielles.

. Mots-clé : Chutes de pierres, fréquence de départ, dendro-géomorphologie, simulations trajectographiques, Alpes, Dangers naturels, Matterocking,