

# Sécurisation d'un itinéraire routier à forts enjeux soumis à des risques rocheux : expérimentation du suivi d'une falaise de grandes dimensions par scanner laser terrestre

## Contexte et objectif

La falaise étudiée est située au-dessus de la RN90 entre Moutiers et Aime, au niveau de Pomblière qui fait partie de la commune de Saint-Marcel (73). La Direction Interdépartementale des Routes Centre-Est (DIR CE), en charge de la gestion de la RN90, souhaite anticiper les risques naturels dont les chutes de blocs le long de cette route afin de sécuriser l'itinéraire et optimiser les flux de véhicules en particulier pendant la saison hivernale (Figure 1). Un suivi de l'évolution de la falaise de Pomblière à l'aide de modèles 3D de la surface acquis par scanner laser longue portée a été expérimenté et évalué entre 2021 et 2023. Trois acquisitions de la surface de la falaise ont été réalisées en 2021, 2022 et 2023 à l'aide d'un scanner laser longue portée (RIEGL VZ 2000i).

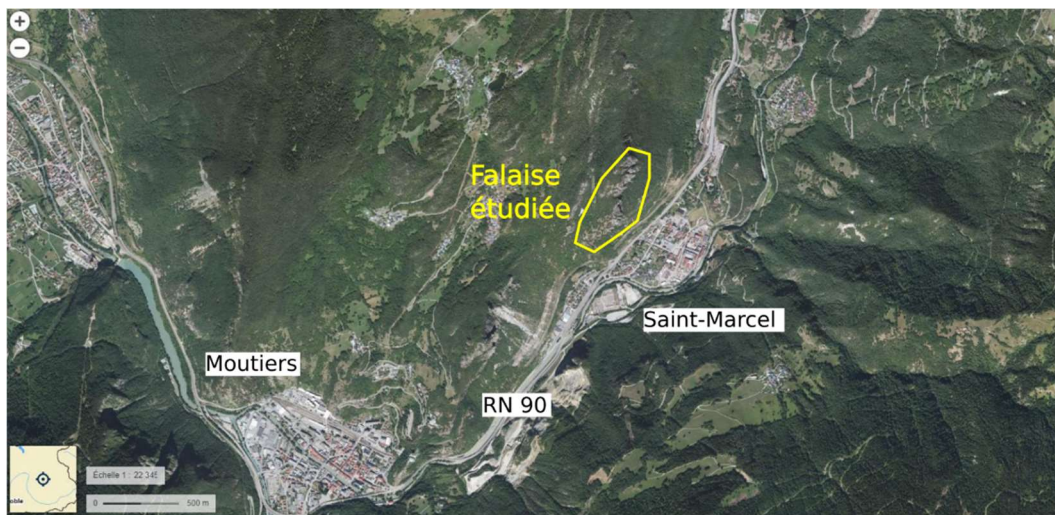


Figure 1 : Localisation de la falaise de Pomblière – source Géoportail

## Méthodologie de traitement des nuages de points développée pour analyser l'activité « chutes de blocs » de la falaise

La méthodologie de traitement des nuages de points (notés N1 et N2) construite pour ce site (Figure 2) se compose :

- d'un nettoyage de la végétation à l'aide de l'algorithme Canupo (Brodu et Lague, 2012),
- d'un recalage des nuages de points avec l'algorithme ICP (Besl et MacKay, 1992),
- d'une détection des changements entre les deux nuages de points à partir du calcul des distances M3C2 calculées dans la direction de visée (Lague et al, 2013) suivie d'un regroupement des points présentant un changement statistiquement significatif à l'aide de l'algorithme de clusterisation DBSCAN. A noter que cette étape est réalisée en détectant les changements entre les nuages N1 et N2 puis entre N2 et N1. Seuls les changements significatifs observés sur les deux calculs sont retenus comme des changements réels.
- d'une qualification visuelle des changements (éboulement ou déformation continue) suivie par une quantification de l'éboulement : volume éboulé pour un éboulement ou valeur du déplacement pour un mouvement de déformation continue.

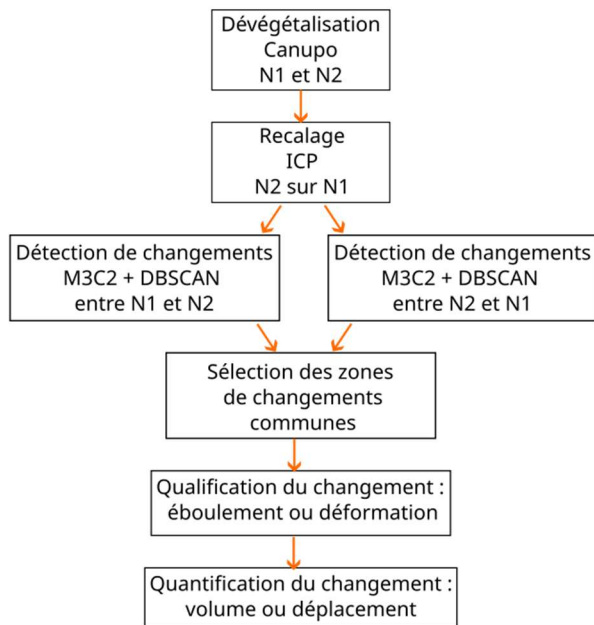


Figure 2 : Méthodologie de traitement développée pour la comparaison de deux nuages de points notés N1 et N2

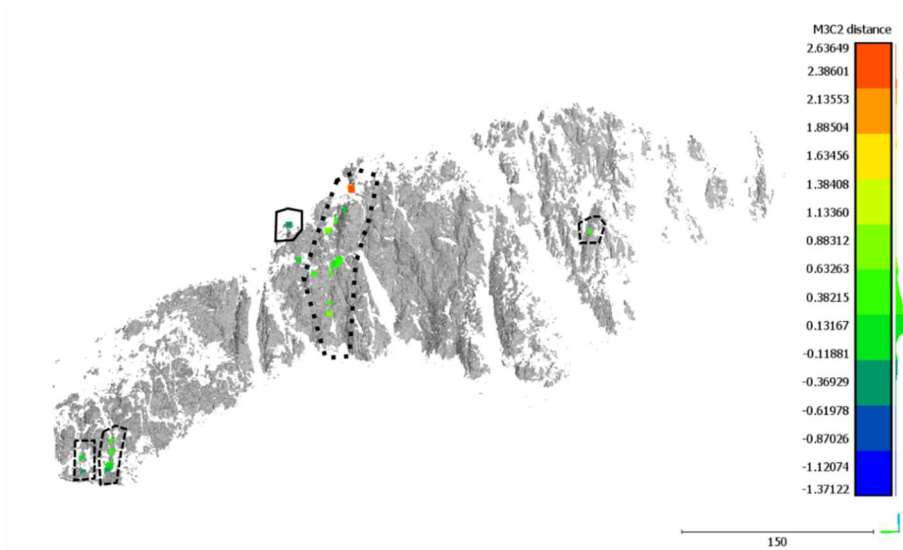
## Résultats

Les résultats finaux obtenus à partir des nuages de points 2021, 2022 et 2023 sont présentés sur la Figure 3.

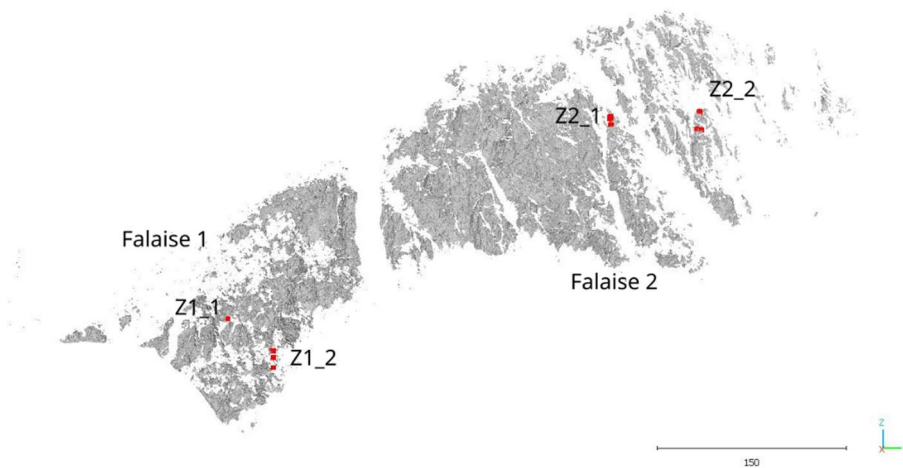
Sur la période 2021-2022 (Figure 3a), la plus grosse évolution (délimitée en pointillés-point) est l'éboulement d'un volume d'environ 10 m<sup>3</sup> dont les impacts lors de la chute ont provoqué des pertes de matière le long de sa trajectoire. Des zones (pointillés-tiret) ont été érodées localement avec accumulation en contrebas. Enfin, une zone (trait plein) voit sa surface avancer vers le point de mesure, ce qui correspond à un mouvement vers l'aval de la surface. Ce changement a été contrôlé sur le terrain lors d'un vol hélicoptère. Rien de particulier n'a été détecté lors de cette visite : l'écaille de grande dimension associée ne présente pas d'indice net de mouvement et est partiellement masquée par la végétation ce qui a pu générer un faux changement avec le traitement réalisé.

Sur la période 2022-2023 (Figure 3b), 4 zones sont identifiées comme présentant un changement significatif :

- Z1-1 : cette zone correspond à un éboulement avec un volume estimé à 0,25 m<sup>3</sup>.
- Z1-2 : dans cette zone, trois changements se sont produits, il ne s'agit pas d'une zone de falaise mais d'une zone de sols qui est modifiée par des érosions ou des accumulations d'épaisseur faible.
- Z2-1 : cette zone correspond à un éboulement avec un volume estimé à 1,16 m<sup>3</sup>. Deux zones de changements significatifs sont détectées : en partie supérieure, la zone de départ de la masse éboulée et en partie inférieure, la zone d'arrêt/stockage de la masse éboulée.
- Z2\_2 : cette zone correspond à un éboulement d'un volume de 0,56 m<sup>3</sup>. Deux zones de changements significatifs sont détectées : en partie supérieure, la zone de départ de la masse éboulée et en partie inférieure, la zone d'arrêt/stockage de la masse éboulée.



a - 2021-2022



b - 2022-2023

Figure 3 : Synthèse des résultats de détection des changements sur la falaise complète à partir des nuages de points acquis

Le suivi de la falaise de Pombrière à partir d'acquisitions scanner laser présente toutefois quelques difficultés : le linéaire de falaise ainsi que sa hauteur génèrent des tailles de nuages de points conséquentes, ce qui rend les calculs (nettoyage, recalage, M3C2) relativement longs, voire difficiles, à réaliser sur les nuages de points complets. La végétation est un élément perturbateur de l'analyse. En effet, la végétation est un élément qui évolue entre les deux dates d'acquisition ce qui génère des changements dans les nuages de points 3D. Par contre, ces changements ne sont pas ceux que nous recherchons c'est pourquoi nous enlevons la végétation. Cette étape de dévégétalisation virtuelle est difficile et ne peut être effectuée parfaitement (classification avec un taux d'erreur) c'est pourquoi il peut rester des points de végétation dans les nuages de points analysés ce que nous devons garder en tête lors de l'analyse de l'activité « chutes de blocs » de la falaise. Par ailleurs, pour obtenir des résultats pertinents, il semble important de repositionner le scanner laser en une position similaire entre chaque campagne

d'acquisition avec un écart faible de 50 cm de façon à viser les mêmes zones avec le même angle.

## **Conclusions**

La méthode proposée permet un suivi global de l'activité de chutes de blocs de la falaise (nombres d'évènements, volumes concernés). Elle s'est avérée performante pour détecter un éboulement de  $10 \text{ m}^3$  présentant une surface visible de  $5 \text{ m}^2$  au sein d'une zone scannée de plus de  $100\,000 \text{ m}^2$  sur la période 2021-2022. Elle permet également de détecter des surfaces visibles plus faibles de l'ordre de  $1 \text{ m}^2$  comme sur la période 2022-2023. Cette méthode permet donc une analyse spatiale de la falaise avec la détection de mouvements notables et est complémentaire d'un suivi plus précis de compartiments particuliers identifiés comme instables.

## **Références**

Besl, P.J., McKay, N.D., 1992, A Method for Registration of 3-D Shapes. IEEE Trans. on Pattern, Analysis and Machine Intelligence. 14, 2, 239–256. <https://doi.org/10.1109/34.121791>.

Brodu and Lague,, 2012, 3D Terrestrial LiDAR data classification of complex natural scenes using a multi-scale dimensionality criterion, ISPRS j. of Photogram. Rem. Sens., <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.01.006>

Girardeau-Montaut, D., 2019, CloudCompare Version 2.6.1 User Manual. Available online: <https://www.danielgm.net/cc/>.

Lague D, Brodu N, Leroux J. 2013. Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: application to the Rangitikei canyon (NZ). ISPRS J Photogramm Remote Sens 82: 10–26.