

# Suivi multi-paramètre de crevasses sur un glacier alpin pour comprendre la formation et l'évolution des ponts de neige

Ludovic RAVANEL<sup>1,2\*</sup>, Emilien LACROIX<sup>1</sup>, Philip BATOUX<sup>4</sup>, Emmanuel LEMEUR<sup>3</sup>, Emmanuel MALET<sup>1</sup>

<sup>1</sup> EDYTEM, Univ. Savoie Mont-Blanc, CNRS (UMR 5204), 73370 Le Bourget du Lac, France

<sup>2</sup> Department of Geosciences, Université d'Oslo, Sem Sælands vei 1, 0371 Oslo, Norvège

<sup>3</sup> IGE, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IRD, Grenoble INP, 38000 Grenoble, France

<sup>4</sup> ENSA, ENSM, 74400 Chamonix, France

\* Auteur correspondant : [Ludovic.Ravanel@univ-smb.fr](mailto:Ludovic.Ravanel@univ-smb.fr)

Différents symboles de l'alpinisme, éventuellement porteurs de risques, dont les glaciers, les parois rocheuses ou les parois glaciaires, font l'objet de recherches, notamment quant à leur évolution face au réchauffement climatique. Sur les glaciers, un élément important de l'imaginaire collectif n'a jusqu'à présent fait l'objet de presque aucune étude : les ponts de neige (PdN) qui, à la manière d'une arche, peuvent se former au-dessus des crevasses de manière plus ou moins durable. Si un PdN peut généralement supporter son propre poids, cela n'est parfois plus vrai en cas de surcharge (skieur, alpiniste) et l'accidentalité associés dans les massifs alpins est loin d'être négligeable. Entre oct. 2015 et juil. 2021 (~ 6 ans), 63 personnes ont été secourues pour ces raisons dans le cadre de la pratique de l'alpinisme (hors ski) dans les Alpes françaises (données CNOSM). 32 étaient indemnes (51 %), 26 blessées (41 %) et 5 décédées traumatiques (8 %).

Les alpinistes s'accordent sur l'importance très vraisemblable du vent dans la formation des PdN et sur celle de températures de l'air élevées dans leur rupture. Cependant, pour améliorer la gestion des risques liés aux crevasses et pour mieux comprendre cet objet naturel, des données d'observation étaient nécessaires, en particulier pour comprendre comment les PdN se forment, évoluent et se déstabilisent.

Malgré les difficultés inhérentes aux milieux de haute montagne (mobilité des glaciers, conditions climatiques extrêmes), nous avons installé en août 2016 un système de suivi d'une série de crevasses à 3450 m d'altitude dans le massif du Mont-Blanc, à proximité du Col du Midi (3522 m).

Le dispositif (mise en place : <https://youtu.be/sO1Y4BwyR8A>), a relevé durant deux ans et à un rythme horaire différents paramètres nivo-météorologiques. Un appareil photo automatique a par ailleurs suivi la géométrie de surface du PdN tandis qu'un extensomètre a mesuré l'évolution de l'ouverture de la première crevasse suivie (37.5 m de long, 6 m de large et 18 m de profondeur lors de l'instrumentation). En 2021, une campagne géophysique (*ground penetrating RaDAR*) a été effectuée pour imager l'épaisseur du glacier et la position des crevasses dans la zone d'étude tandis que des balises ont été installées pour quantifier les vitesses de surface du glacier.

Le RaDAR a mis en évidence le fait que les crevasses suivies se forment au niveau de bosses rocheuses sous 30 m de glace. Les photos et les données météorologiques ont montré qu'un vent parallèle à une crevasse favorise son comblement par la neige – conduisant éventuellement à un comblement total – tandis qu'un vent faisant un angle important avec la crevasse peut créer un PdN par accréation de corniches dans des conditions de vent fort et de températures très basses. À ces deux types de structures, il faut ajouter les PdN construits par les couches de neige successives qui se déposent au fur et à mesure de l'ouverture de la crevasse. D'autre part, les températures élevées, l'interruption des cycles gel/dégel, et le métamorphisme de fonte de la neige associé sont responsables de la plupart des ruptures naturelles observées. Enfin, dans les conditions rencontrées (très faibles accumulations de neige), des indicateurs de la présence d'un PdN – et donc d'une crevasse – sont perceptibles pour autant que les alpinistes en aient connaissance.