

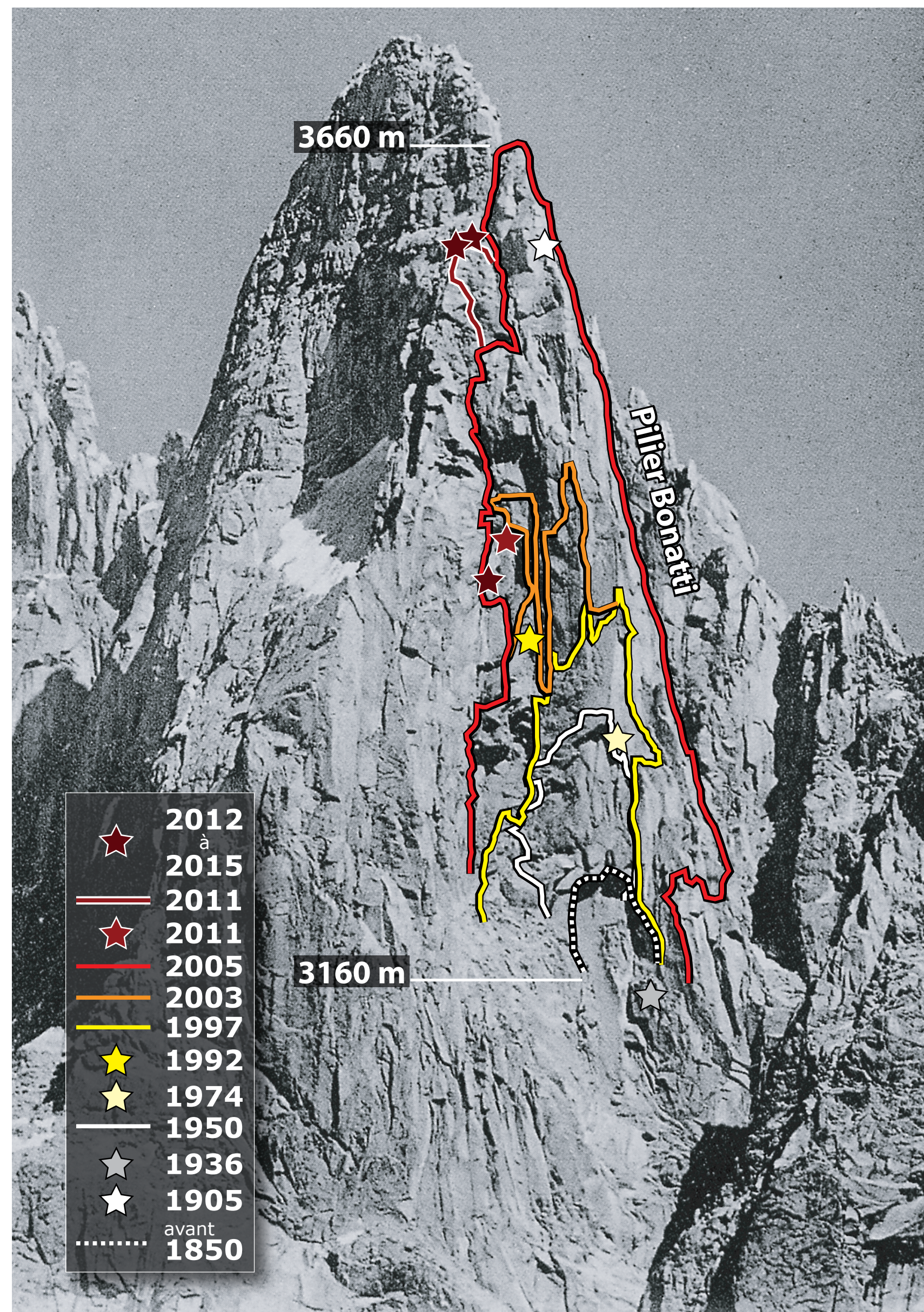
Autour des glaciers, les parois rocheuses occupent une place prépondérante dans les paysages de haute montagne. Granitiques dans le massif du Mont Blanc, elles semblent immuables. Elles sont pourtant actuellement en proie au réchauffement climatique...

• QUELLES RELATIONS ENTRE CLIMAT ET ÉVOLUTION DES PAROIS?

Par manque de témoignages, retracer l'évolution des montagnes n'est pas chose aisée. Cela est pourtant nécessaire pour apprécier le rôle éventuel du réchauffement climatique dans la déstabilisation des versants rocheux. Aussi a-t-on utilisé les photographies de la face ouest des Drus (Figure 1) et du versant nord des Aiguilles de Chamonix prises abondamment depuis Chamonix dès le milieu du XIX^e siècle. Leur comparaison a permis d'identifier plus de 80 déstabilisations rocheuses de plus de 100 m³ : les «écroulements».

Le constat est sans appel : chaque période chaude se traduit par des écroulements. Les années à canicules sont d'ailleurs les périodes les plus catastrophiques pour les parois.

Figure 1 - La face ouest des Drus (3754 m) est une paroi emblématique des Alpes. Ses 1000 m de presque verticalité ont été escaladés pour la première fois en 1952. Trois ans plus tard, c'est un alpiniste italien, Walter Bonatti, qui a gravi en solitaire le pilier sud-ouest avec cinq bivouacs dans la face. Depuis la fin du Petit Âge Glaciaire, la paroi a subi une douzaine d'écroulements dont le plus important, en juin 2005, a emporté l'ensemble du pilier Bonatti (292 000 m³).



• UNE QUESTION DE «PERMAFROST»?

Dans les Alpes, les terrains sont gelés en permanence au-dessus de 2500/3000 m d'altitude. On nomme cet état thermique le «permafrost»; on peut le modéliser pour en connaître la localisation (Figure 2) à partir de mesures localisées comme celles de l'Aiguille du Midi (Figure 3).

Dans le massif du Mont Blanc, les écroulements rocheux font l'objet d'un suivi (Figure 4). Chaque année, plusieurs dizaines d'écroulements sont recensés (jusqu'à plus d'une centaine lorsque les étés sont caniculaires comme en 2015 ou 2017!) grâce à un réseau d'observateurs.

Leur analyse pointe clairement du doigt le réchauffement du permafrost comme facteur de déclenchement. En effet, le permafrost permet la présence de glace stabilisatrice dans les fissures de la roche (Figure 5), un véritable ciment pour les montagnes! Avec le réchauffement climatique, le permafrost se réchauffe et la glace se dégrade. La stabilité de certaines parois n'est alors plus assurée.

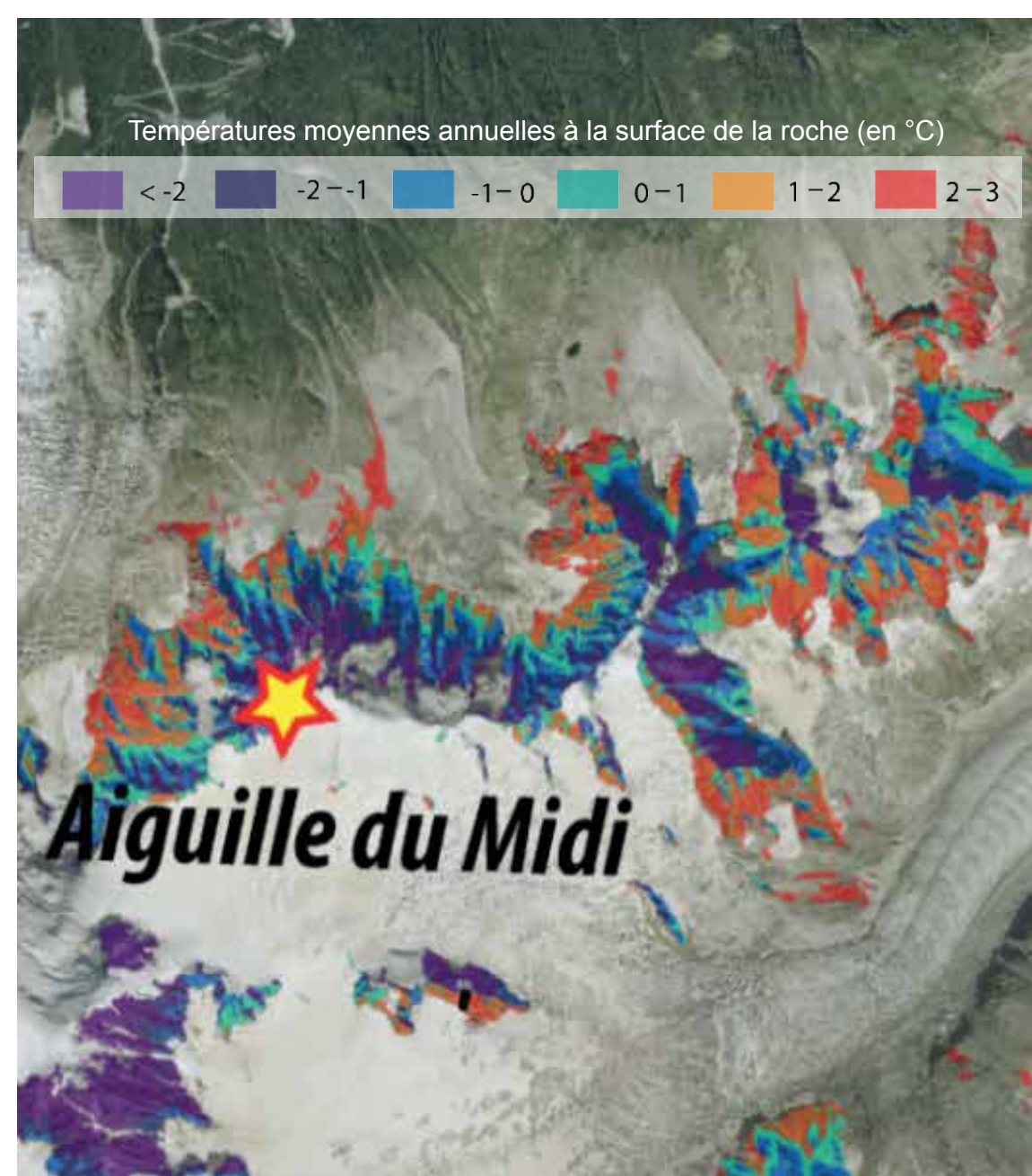


Figure 2 - Les difficultés de la cartographie du permafrost de paroi résultent de son invisibilité et de son extrême sensibilité aux conditions locales, ce qui rend sa modélisation indispensable. Dans le massif du Mont Blanc, sa présence est continue à partir de 2600 m en face nord et 3000 m en face sud.



Figure 3 - L'Aiguille du Midi (3842 m), un laboratoire du permafrost. Depuis les premières mesures de température à la surface de la roche en 2005, de très nombreuses méthodes d'analyse du permafrost ont été mises en œuvre. Cela en fait probablement le site à permafrost le plus étudié des Alpes!

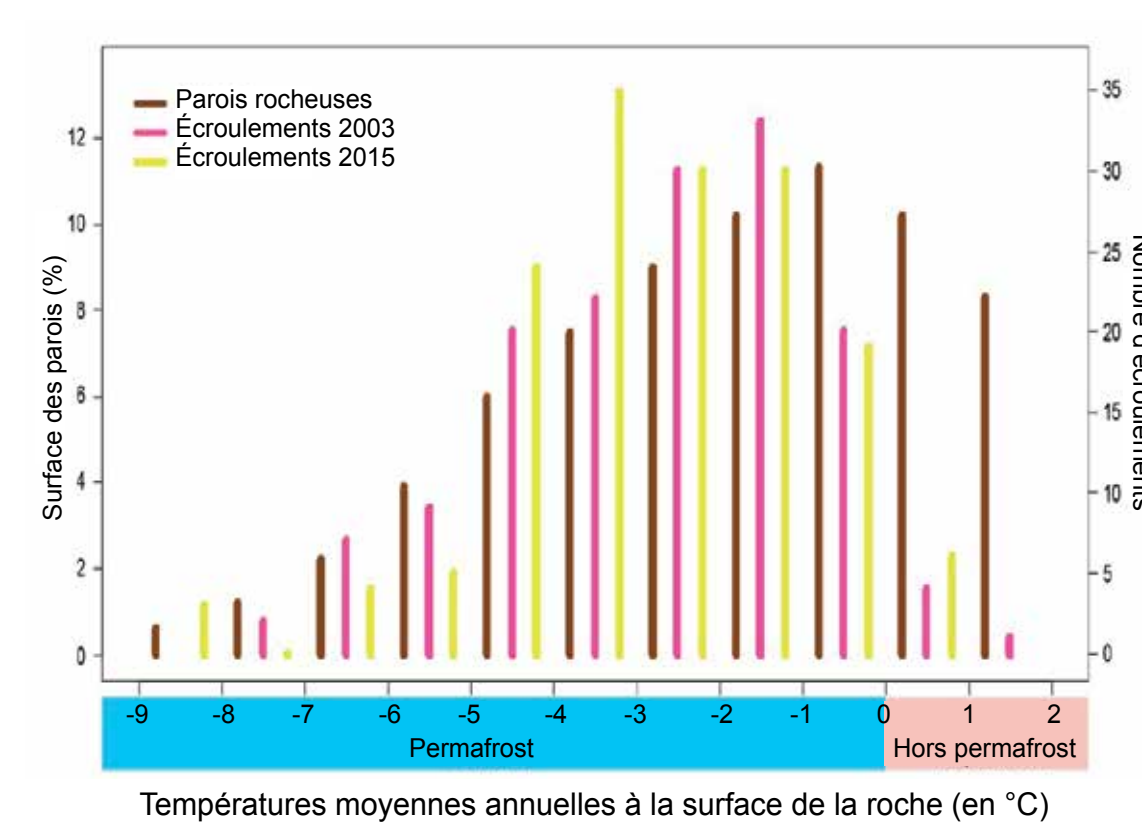


Figure 4 - Distribution des parois rocheuses du massif du Mont Blanc et des écroulements rocheux des étés caniculaires 2003 et 2015 au regard des températures du permafrost. Pour 2003, les écroulements ont été détectés a posteriori sur une image satellite tandis que les événements de 2015 ont été identifiés grâce à un réseau d'observateurs (guides, gardiens de refuge et alpinistes). Les écroulements se produisent essentiellement en contexte de permafrost «tempéré», c'est à dire proche de 0°C. Il est à noter que les écroulements ne se produisent pas à 0°C mais plutôt autour de -1/-2°C. Cela est cohérent avec des études en laboratoire qui indiquent que les caractéristiques mécaniques de la glace sont à ces températures déjà bien dégradées et qu'il n'est pas nécessaire d'atteindre une température de 0°C pour qu'il y ait rupture.



Figure 5 - Un écroulement de 44 000 m³ survenu dans la face nord de l'Aiguille du Midi (éperon Tournier) en septembre 2017 a mis au jour de grandes quantités de glace que les chercheurs ont échantillonnées pour datation afin de savoir depuis quand la glace cimentait la montagne.

• QUELQUES AXES DE RECHERCHE ACTUELS SUR LE PERMAFROST ET LES ÉCROULEMENTS

Les effets du réchauffement climatique en haute montagne constituent une thématique scientifique porteuse tant le milieu est sensible et la hausse des températures rapide. Ainsi tente-t-on par exemple de mieux comprendre l'effet d'anciennes périodes chaudes sur la stabilité des parois (Figure 6), de modéliser les températures futures du permafrost (Figure 7), de comprendre l'évolution et le rôle des couvertures de glace des face nord sur le permafrost (Figure 8), ou encore de mieux évaluer l'impact des écroulements sur les paysages de montagne (Figure 9).

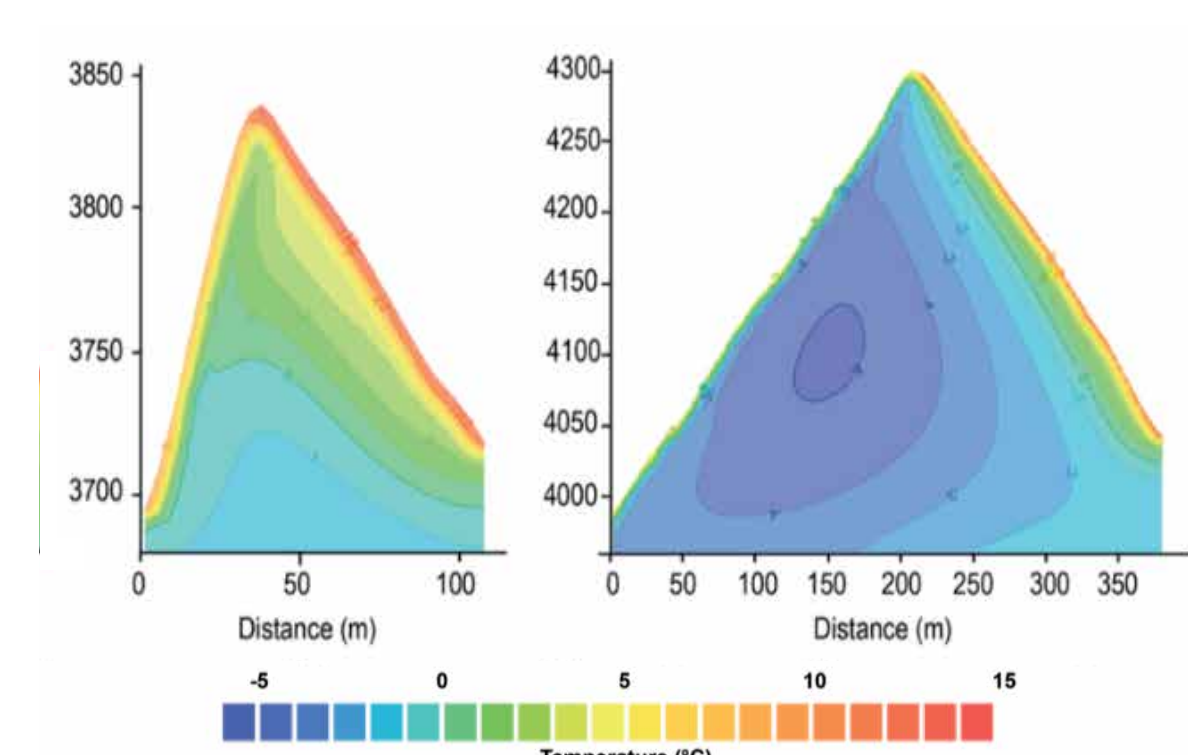


Figure 7 - Modélisation des températures de surface et en profondeur à l'Aiguille du Midi et au Grand Pilier d'Angle (4243 m; versant italien du massif du Mont Blanc) à la fin du XXI^e siècle. Le permafrost devrait intégralement disparaître en dessous de 3300 m d'altitude.

Figure 6 - Certains minéraux comme le quartz enregistrent leur temps d'exposition au rayonnement cosmique (c'est à dire issu de l'univers). Des méthodes chimiques donnent la possibilité de quantifier ce temps (on parle de datations «cosmogéniques»), ce qui permet de dater l'occurrence d'anciens écroulements

Figure 9 - Sur le versant nord du massif des Aiguilles Rouges, le fond du vallon de la Balme est tapissé d'un dépôt d'un grand écroulement (env. 450 000 m³) qui s'est produit il y a plus de 10 000 ans. La hauteur de certains bloc dépasse 25 m, comme ici autour des chalets de la Balme (1830 m).

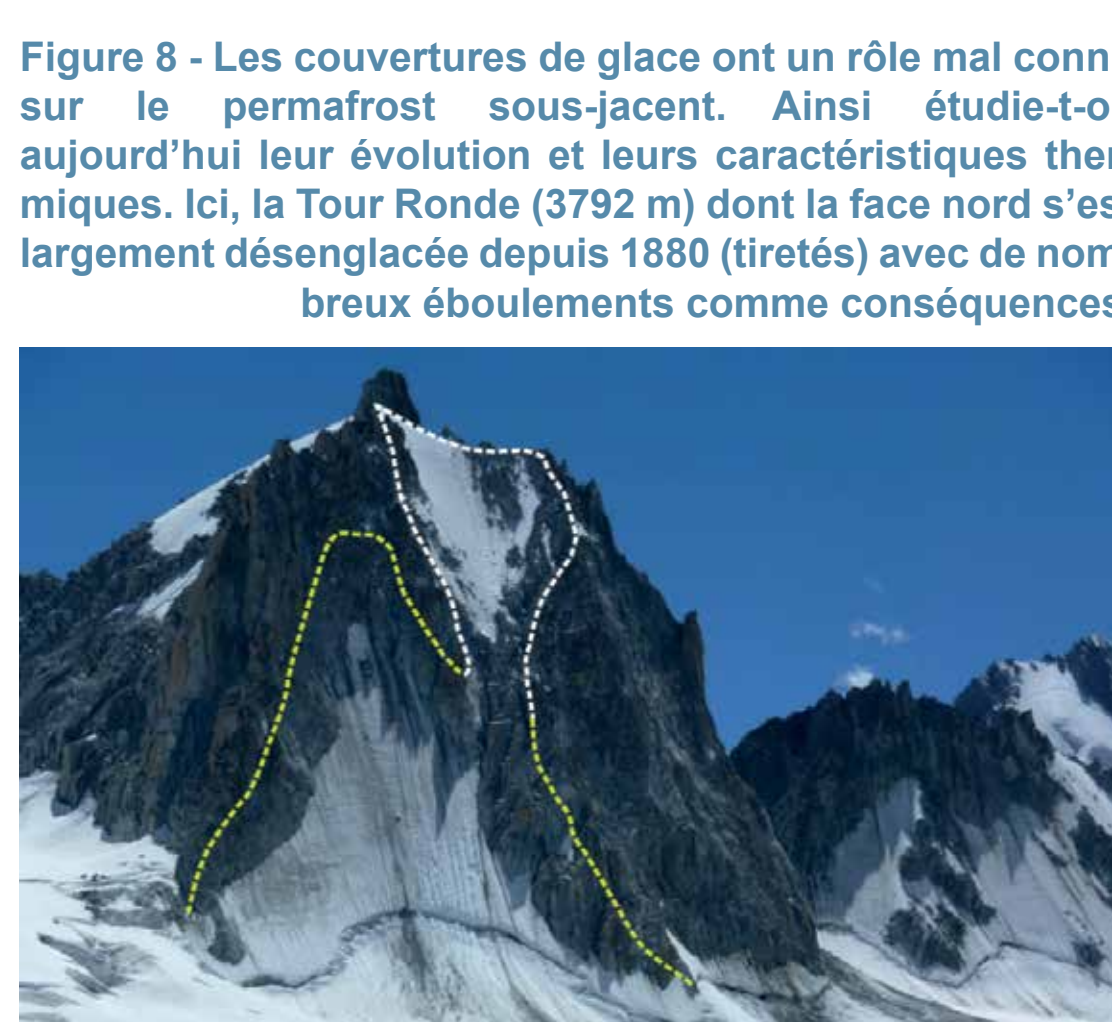


Figure 8 - Les couvertures de glace ont un rôle mal connu sur le permafrost sous-jacent. Ainsi étudie-t-on aujourd'hui leur évolution et leurs caractéristiques thermiques. Ici, la Tour Ronde (3792 m) dont la face nord s'est largement désenglacée depuis 1880 (tiretés) avec de nombreux éboulements comme conséquences.

