



**Suivi par imagerie géophysique électrique de  
la pointe Helbronner**  
*Caractérisation et évolution du permafrost*

**Consultation N°24-04-06**

**Proposition technique**

**Version : 01**

**Date : 04/06/2024**

**NAGA Geophysics**

229 Rue Joseph Fontanet

73000 Chambéry

[www.naga-geophysics.com](http://www.naga-geophysics.com)



<b>Client</b>	Skyway- Funivie Monte Bianco S.p.A
<b>Maître d’Ouvrage - Assistants</b>	
<b>Interlocuteurs</b>	
<b>Titre du document</b>	Suivi par imagerie géophysique électrique de la pointe Helbronner
<b>Sous-titre du document</b>	Caractérisation et évolution du permafrost
<b>Consultation</b>	N°24-06-04
<b>Chargé d’affaire</b>	Pierre-Allain Duvillard (NAGA Geophysics)
<b>Chargé de projet</b>	Pierre Vaudelet (NAGA Geophysics)
<b>Intervenants</b>	
<b>Date de mise à disposition du document</b>	04/06/2024
<b>Secteur d’étude</b>	Mont-Blanc
<b>Coordonnées X,Y, Z</b>	
<b>Mots clés</b>	
<b>Dates de campagne</b>	

<b>Date</b>	<b>Version</b>	<b>Rédacteur(s)</b>	<b>Vérificateur</b>	<b>Validation</b>
04/06/2024	01	P-A Duvillard	P. Vaudelet	P-A Duvillard

## TABLE DES MATIERES

<b>I. OBJECTIFS.....</b>	<b>4</b>
<b>II. METHODOLOGIE .....</b>	<b>4</b>
II.1. Acquisition des données.....	4
II.1.1 Profil 1 .....	5
II.1.1 Profil 2 .....	5
II.1.1 Profil 3 .....	5
II.2. Traitement des données.....	6
<b>III. SECURITE SUR LE CHANTIER .....</b>	<b>6</b>
<b>IV. DEVIS .....</b>	<b>7</b>

## I. OBJECTIFS

En septembre 2021 puis en 2022, deux campagnes de mesures géophysiques électriques ont été réalisées dans le but de caractériser la distribution et la présence du permafrost au niveau du panoramique Mont-Blanc et sur le versant sud-est du Skyway.

Sur la base de ces reconnaissances, l'objectif est de sélectionner trois profils pour le suivi à long terme du permafrost afin de caractériser son évolution. Cette proposition comprend la réalisation d'un diagnostic ponctuel en septembre 2024 avec l'objectif de répéter cette opération en 2026.

Les profils sélectionnés ont été discutés avec les différents gestionnaires du Skyway - Funivie Monte Bianco, Compagnie du Mont-Blanc, ainsi que les différents bureaux géotechniques (Société Alpine Géotechnique et Ingeolab) le 01 février 2024.

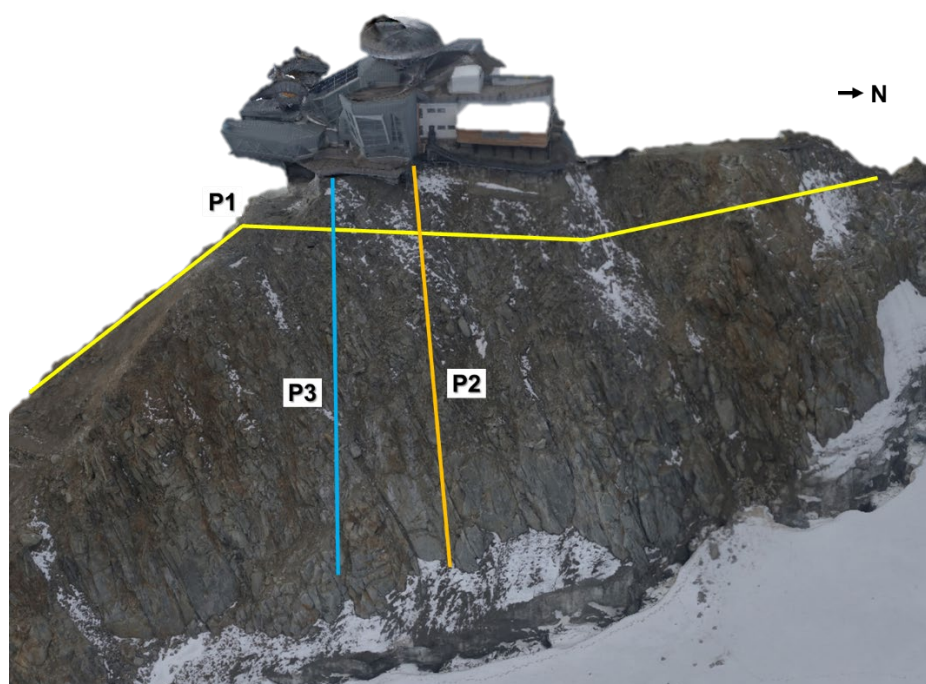
## II. METHODOLOGIE

La méthodologie proposée vise à réaliser une campagne de profils géophysiques électriques en polarisation provoquée et résistivité électrique. Cette méthodologie a démontré son efficacité pour la détection du permafrost dans de nombreuses études scientifiques et dans des études opérationnelles réalisées par l'équipe de NAGA Geophysics.

### II.1. Acquisition des données

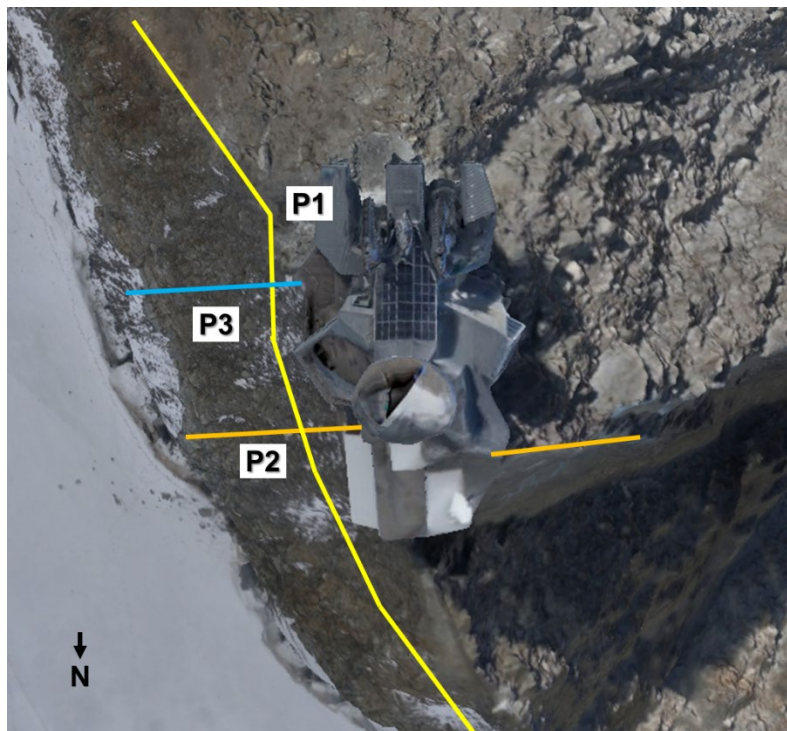
L'acquisition des mesures ERT/PP sera réalisée le long de profils avec un espacement inter-électrodes de 2 m avec le dispositif de 64 à 96 électrodes. Nous utiliserons un appareil dernière génération Syscal Terra développé par IRIS Instrument. Il permet l'acquisition de mesures précises en polarisation provoquée.

Pour répondre au mieux aux contraintes topographiques du site, nous envisageons 2 profils, avec des électrodes espacées de 2 mètres, de longueurs variées afin d'assurer la profondeur d'investigation nécessaire pour atteindre les objectifs de l'étude.





**Figure 1** : Implantations des profils en face Nord-Est.



**Figure 2** : Implantations des profils entre la face Nord-Sud.

### II.1.1 Profil 1

En 2021, un profil présentant une implantation similaire avait permis d'imager en profondeur, mais il avait été perturbé par des éléments métalliques du confortement du talus d'une terrasse du Panoramique Mont-Blanc. L'objectif est de réaliser à nouveau ce profil en s'affranchissant des sources de perturbation géoélectrique et d'allonger le profil en longueur afin de gagner des informations en profondeur. Ce profil sera constitué de 72 à 96 électrodes, selon les contraintes du terrain. Ce profil permettra d'imager la distribution du permafrost entre le Skyway et le Panoramique Mont-Blanc dans la face Nord-Est.

### II.1.1 Profil 2

Ce profil constituera une répétition d'un profil mesuré en 2021, qui avait permis d'imager la distribution du permafrost à l'intérieur de la Pointe Helbronner. Les électrodes ayant été laissées en place sur la face ouest, nous répéterons ce profil composé de 64 électrodes.

### II.1.1 Profil 3

L'acquisition de ce nouveau profil permettra d'acquérir des informations plus précises sur l'effet de la face Sud et de caractériser plus précisément l'effet sur le permafrost. Il sera réalisé avec 32 à 48 électrodes, selon les contraintes du terrain.

Le programme des mesures sera ajusté en fonction des contraintes du site et des conditions météorologiques. Le programme prévoit initialement une acquisition en 4 jours.

## II.2. Traitement des données

Les données géophysiques et topographiques seront filtrées avec un processus de traitement mise en place par **NAGA** puis une **inversion de la résistivité et de la chargeabilité en 2D**. Les **profils seront présentés en 2D puis en pseudo 3D** afin de mettre évidence les croisements d'informations à différentes profondeurs.

Dans un second temps les mesures acquises seront converties en température ou en teneur en eau grâce à l'application de modèles pétrophysiques développés récemment par NAGA (voir [Duvillard et al., 2021](#) ; [Revil et al., 2020](#)).

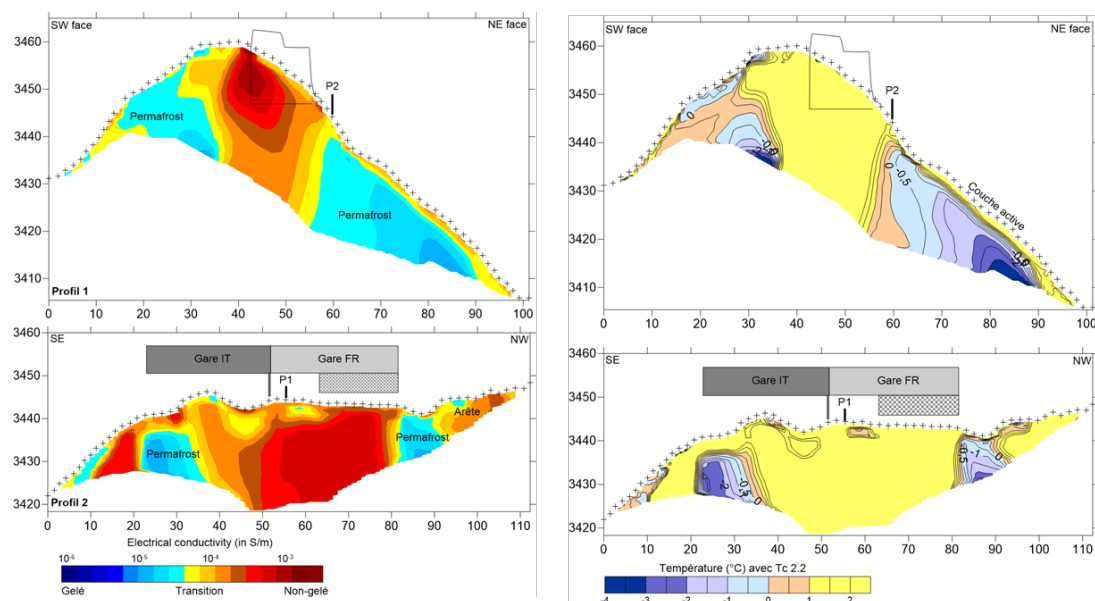


Figure 2. Exemple de profils en pseudo 2D acquis en 2021 pour le Panoramic Mont-Blanc (CMB).

## III. SECURITE SUR LE CHANTIER

Afin d'assurer la sécurité de notre équipe sur le chantier, nous prévoyons les mesures suivantes :

- **Formation en sécurité** : Tous les membres de notre équipe seront formés aux procédures de sécurité spécifiques au chantier. Cela inclura des formations sur la manipulation sûre des équipements, la prévention des chutes, les premiers secours et les protocoles d'évacuation d'urgence.
- **Utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI)** : Notre équipe portera des équipements de protection individuelle appropriés, tels que des casques si nécessaire, des gants, des lunettes de protection et des chaussures de sécurité, conformément aux normes de sécurité en vigueur. Si un opérateur doit s'approcher de l'eau, il sera équipé d'un gilet de sauvetage.
- **Communication et coordination** : Une communication claire et efficace sera établie entre tous les membres de l'équipe sur le chantier grâce à des radios.
- **Pente forte et terrain escarpé** : Les mesures dans les talus seront réalisées avec des mains courantes ou sur cordes fixes par des **ingénieurs ou techniciens cordistes qualifiés**, experts dans l'évolution sur corde et la manipulation des dispositifs de sécurité.

## IV. DEVIS



**SAS NAGA Geophysics**  
229 rue Joseph Fontanet  
73000 Chambéry - France  
SIRET : 89154694700013 RCS de Chambéry  
Capital : 4000€  
TVA Intracom : FR101891546947

## DEVIS

**Funivie Monte Bianco S.p.A**  
P.IVA: IT00617110077  
C.F: 02425670961  
Strada Statale 26 dir. 48  
11013 - Courmayeur (AO)  
Italie

**Mesures géophysiques du pemafrost à la pointe Helbronner**

**Validité**

**03/08/2024**

Description	Qté	Unit	Prix Unit	Total
<b>Phase 1 : Acquisition des mesures</b>				
Temps préparation terrain par ingé. terrain NAGA	1	F	800 €	<b>800 €</b>
Électrodes fixes pour le monitoring	1	F	1 000 €	<b>1 000 €</b>
Mise a dispo. appareil mesures géophysiques / topographiques	1	F	2 000 €	<b>2 000 €</b>
Frais de déplacement Chambéry - Courmayeur	1	F	400 €	<b>400 €</b>
Acquisition de données par 2 ingé. terrain NAGA (4 j.)	8	J	800 €	<b>6 400 €</b>
Assistants terrain guides de haute montagne / cordistes (4 j.)	8	J	625 €	<b>5 000 €</b>
<b>Phase 2 : Traitement des données</b>				
Traitement 2D et analyse des données	6	J	800 €	<b>4 800 €</b>
Rapport d'expertise	2	J	1 000 €	<b>2 000 €</b>
Réunion en visio-conférence	1	F	600 €	<b>600 €</b>
			<b>Total HT</b>	<b>23 000 €</b>
			<b>TVA (20 %)</b>	<b>4 600 €</b>
			<b>TTC</b>	<b>27 600 €</b>

Pierre-Allain Duvillard

Chambéry,

3 juin 2024

*Conditions de l'offre : Cette proposition est la propriété intellectuelle de la société Naga Geophysics. Toute communication à un tiers ou exploitation même partielle des éléments qu'elle contient est soumise à un accord écrit préalable de la société Naga Geophysics. En cas d'utilisation non autorisée ou de communication à un tiers, le client devra fournir, à ses frais exclusifs, son assistance à la société Naga Geophysics pour faire cesser immédiatement cette utilisation non autorisée. Il s'engage en outre à indemniser la société Naga Geophysics de tout dommage direct ou indirecte cause par cette utilisation ou communication.*