

Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI

DACD – Dipartimento ambiente costruzioni e
design

IST – Istituto scienze della Terra



Alla scoperta del ghiaccio nascosto nelle Alpi Ticinesi: morfologia, metodi di studio e impatto dei cambiamenti climatici.

Cristian Scapozza

Istituto Scienze della Terra, Scuola Universitaria Professionale della Svizzera
Italiana (SUPSI), Campus Trevano, CH-6952 Canobbio

cristian.scapozza@supsi.ch

Gruppo Amici della Meteorologia – martedì 11 settembre 2012

Sommario

1. Due concetti fondamentali: permafrost e “ghiacciai rocciosi”

- Il permafrost: definizione e fattori di ripartizione
- Monitoraggio e studio del permafrost
- I ghiacciai rocciosi: tipologia, dinamica e distribuzione

2. Metodi di studio del permafrost

- Metodi termici (studio del regime termico del permafrost)
- Metodi geofisici (studio delle caratteristiche del permafrost)
- Metodi geodetici (studio delle deformazioni del permafrost)

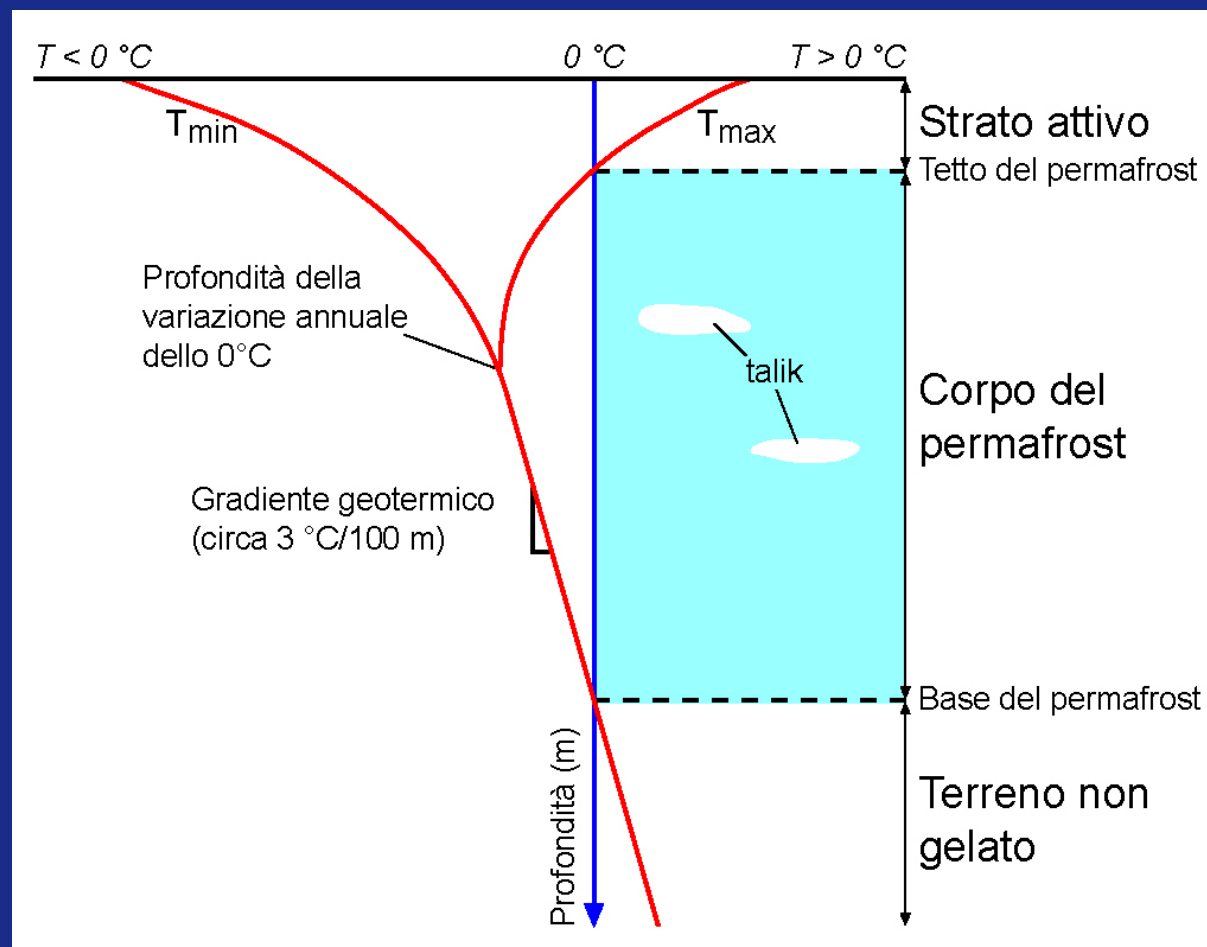
3. La criosfera alpina

- Il limite inferiore del permafrost (LIP)
- La linea di equilibrio dei ghiacciai (LEG)
- Cambiamenti climatici ed evoluzione della criosfera

1. Permafrost e ghiacciai rocciosi



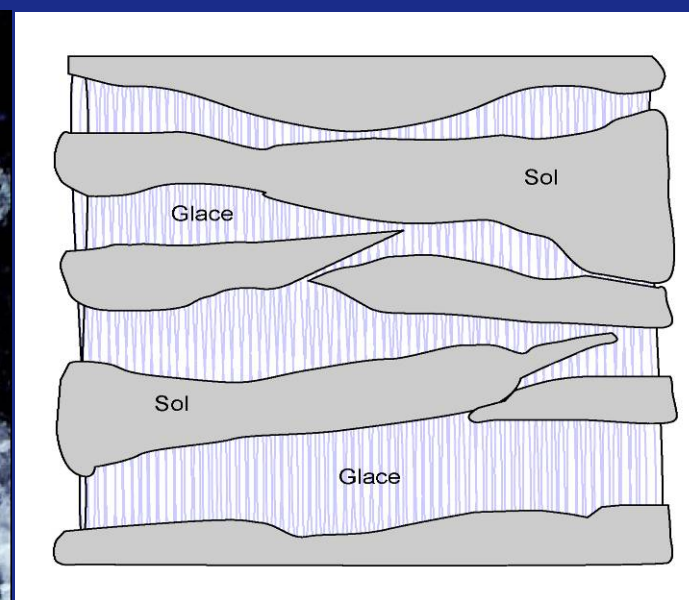
Il ghiaccio nascosto: il permafrost (o permagelo)



Permafrost: terreno la cui temperatura resta al di sotto di 0°C durante più di un anno

Il ghiaccio del permafrost

Ghiacciaio:	Neve	=>	ghiaccio “sedimentario”
Permafrost:	Acqua	=>	ghiaccio di congelazione

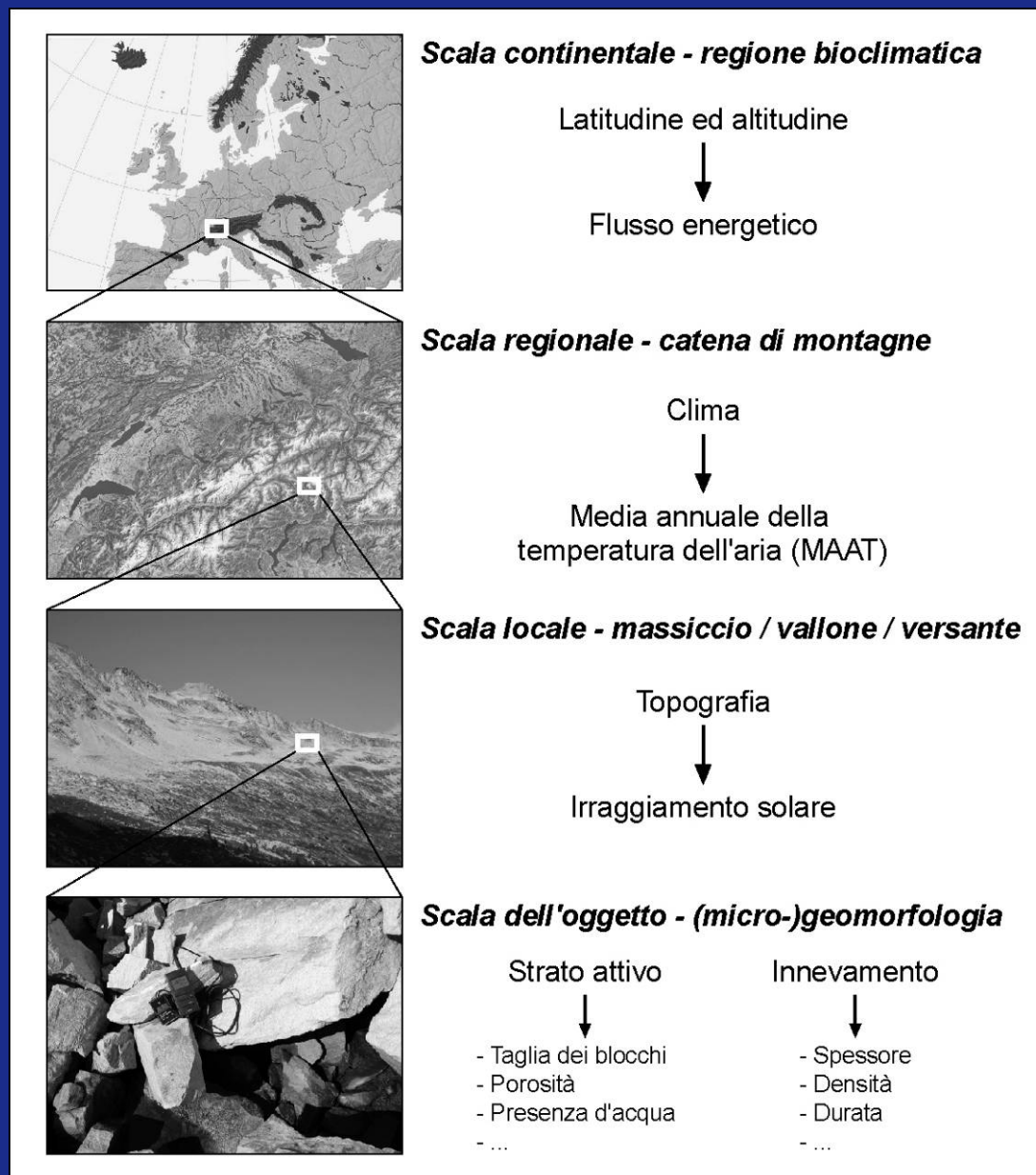


Fonte: Morard *et al.* (2007)

Organizzazione del **ghiaccio interstiziale** nel suolo

Fattori di ripartizione del permafrost

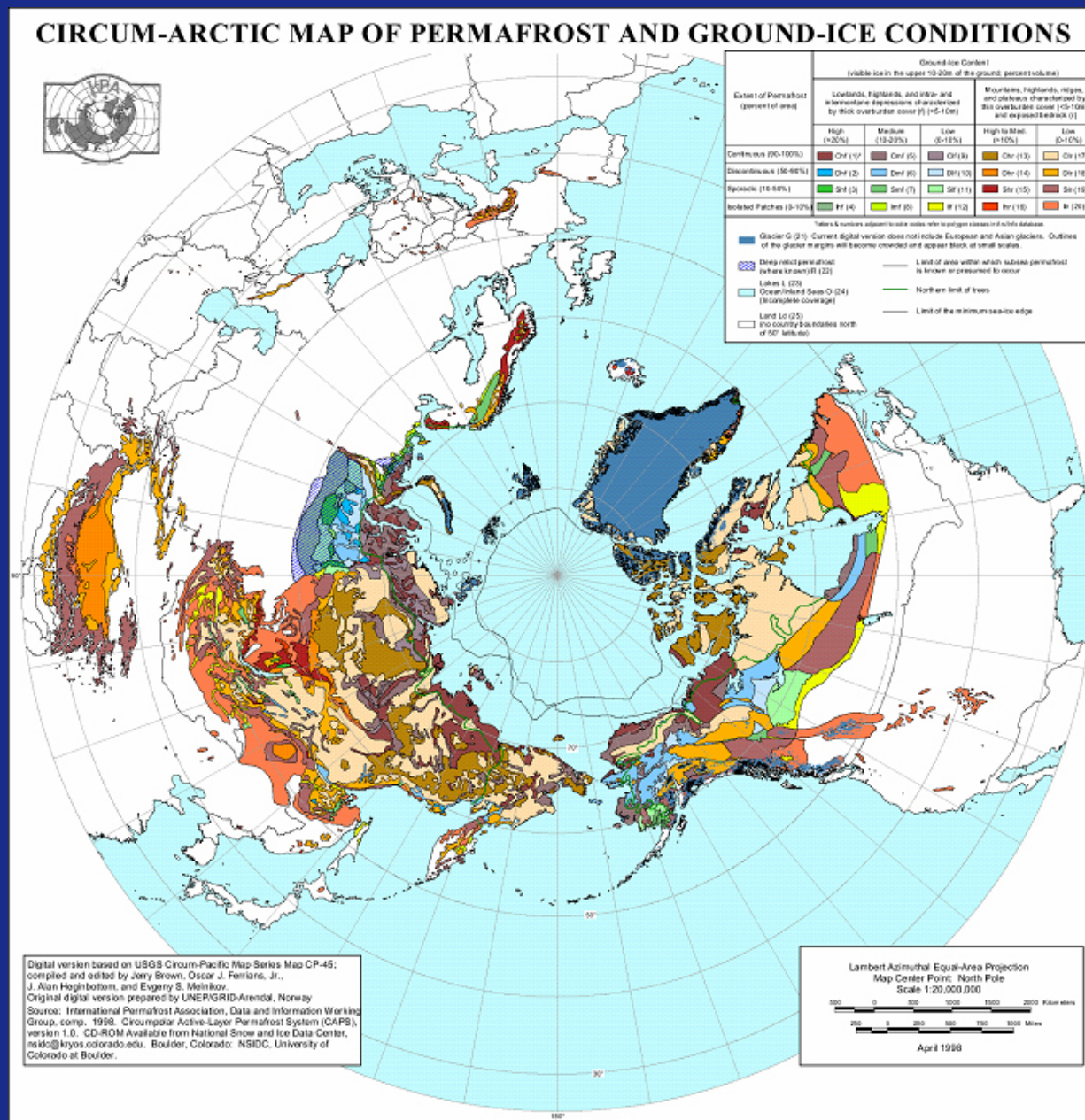
Fattori che si aggiungono a mano a mano che si passa dalla scala continentale alla scala dell'oggetto (o della forma geomorfologica)



Ripartizione del permafrost a scala mondiale...

Il permafrost occupa tra il 20 e il 25 % della superficie della Terra, di cui 6–7% nelle regioni di montagna.

Fonte: IPA (International Permafrost Association)



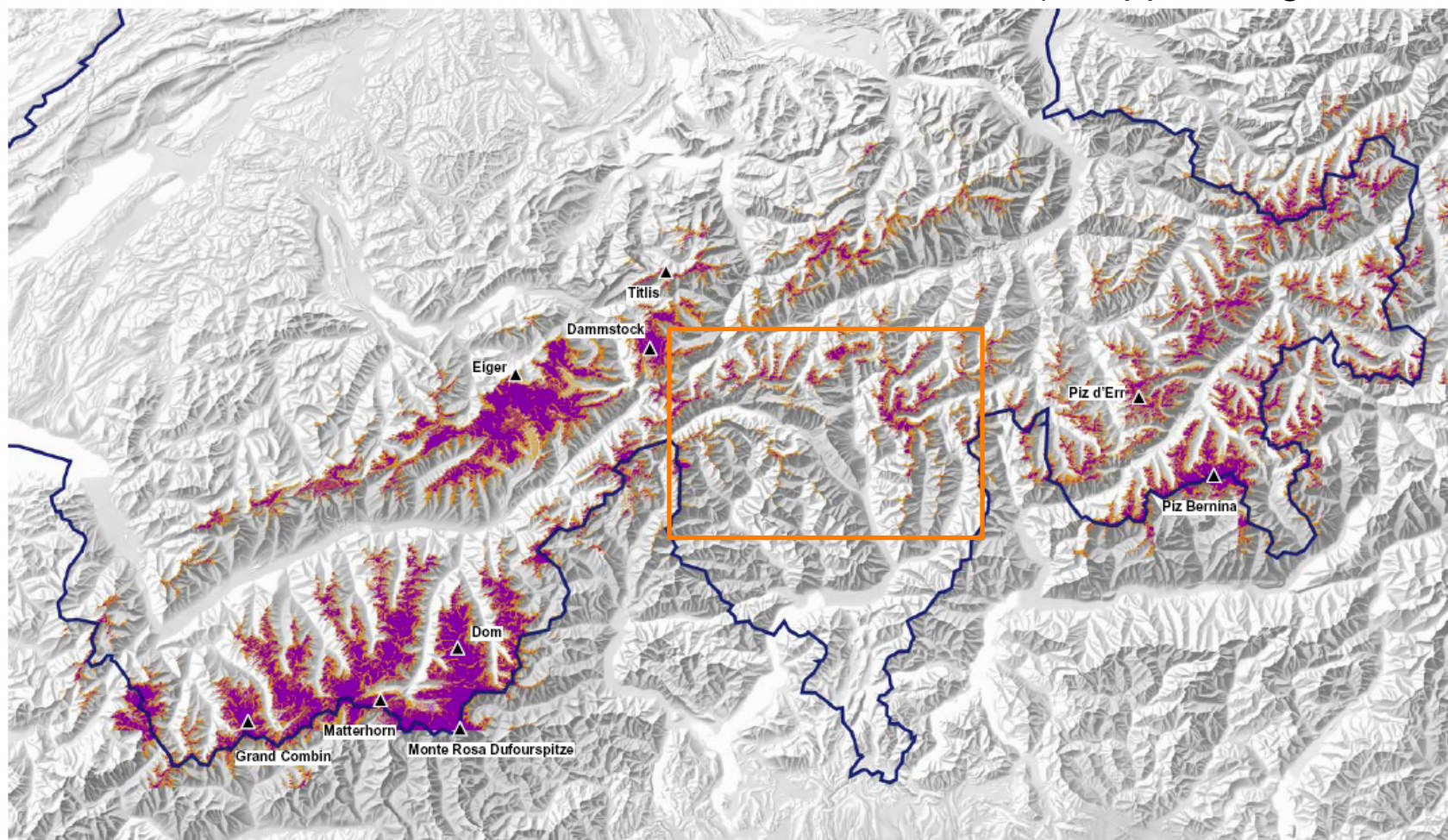


Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM

... e nelle Alpi svizzere

4–6% del territorio (il doppio dei ghiacciai!)



Fonte: BAFU/OFEV 2006

Legende:



Permafrost lokal möglich



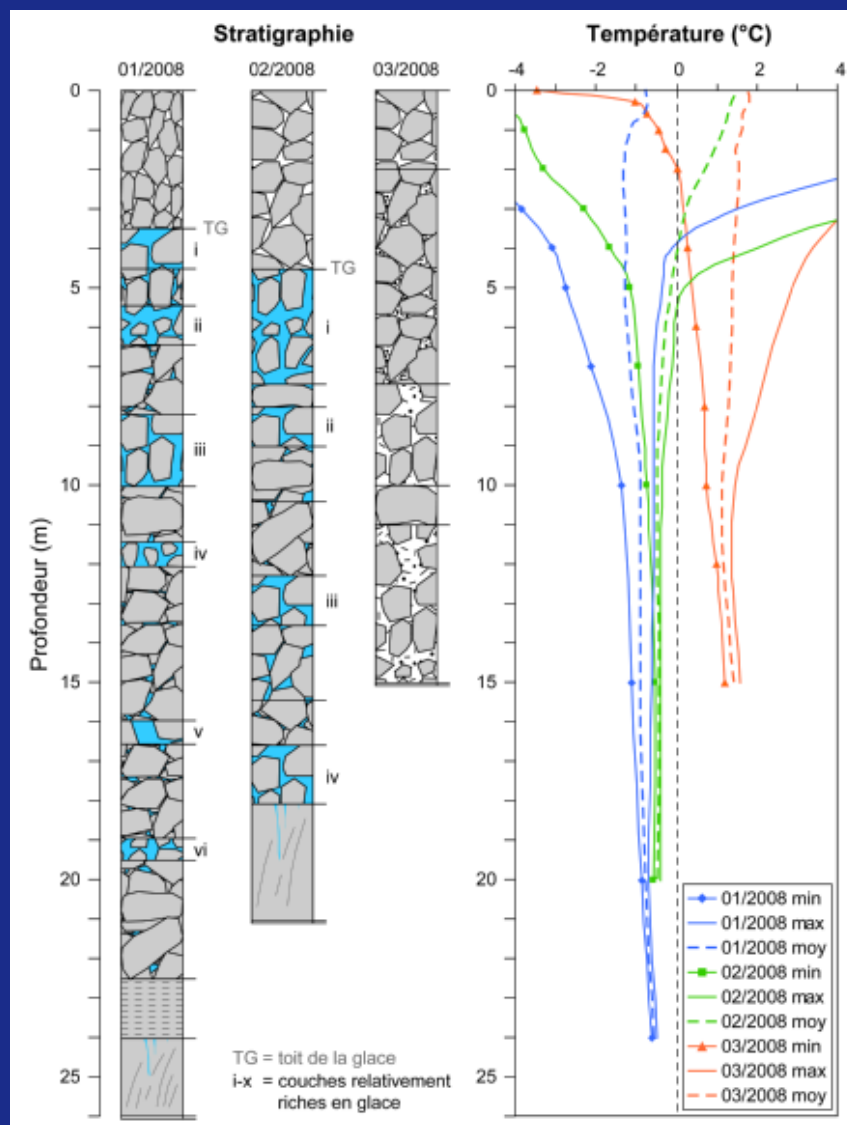
Permafrost flächenhaft wahrscheinlich

Come monitorare il permafrost



L'unico sistema per poter studiare **direttamente** il permafrost è quello di effettuare delle perforazioni profonde. Altrimenti il suo studio è basato su dei **metodi indiretti**.

PERMOS !



PERMOS Temperature Sites

- PERMOS Site
- PERMOS Reference Site

© PERMOS
Hillshade: SRTM

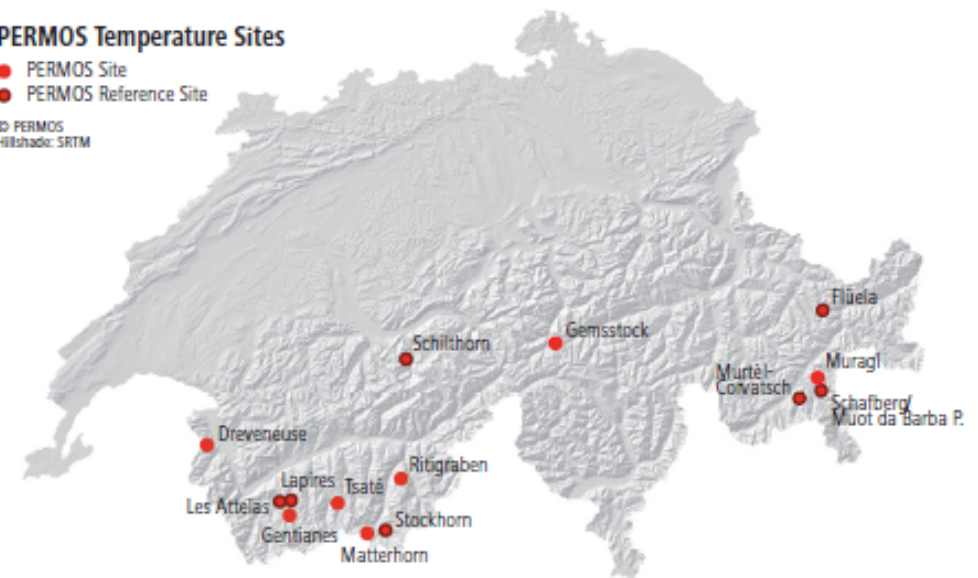
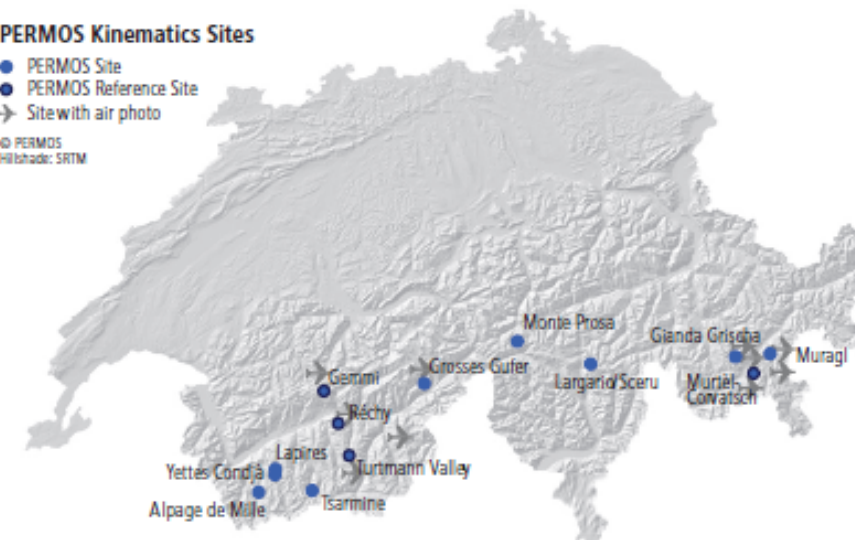


Figure 1.1: PERMOS temperature sites.

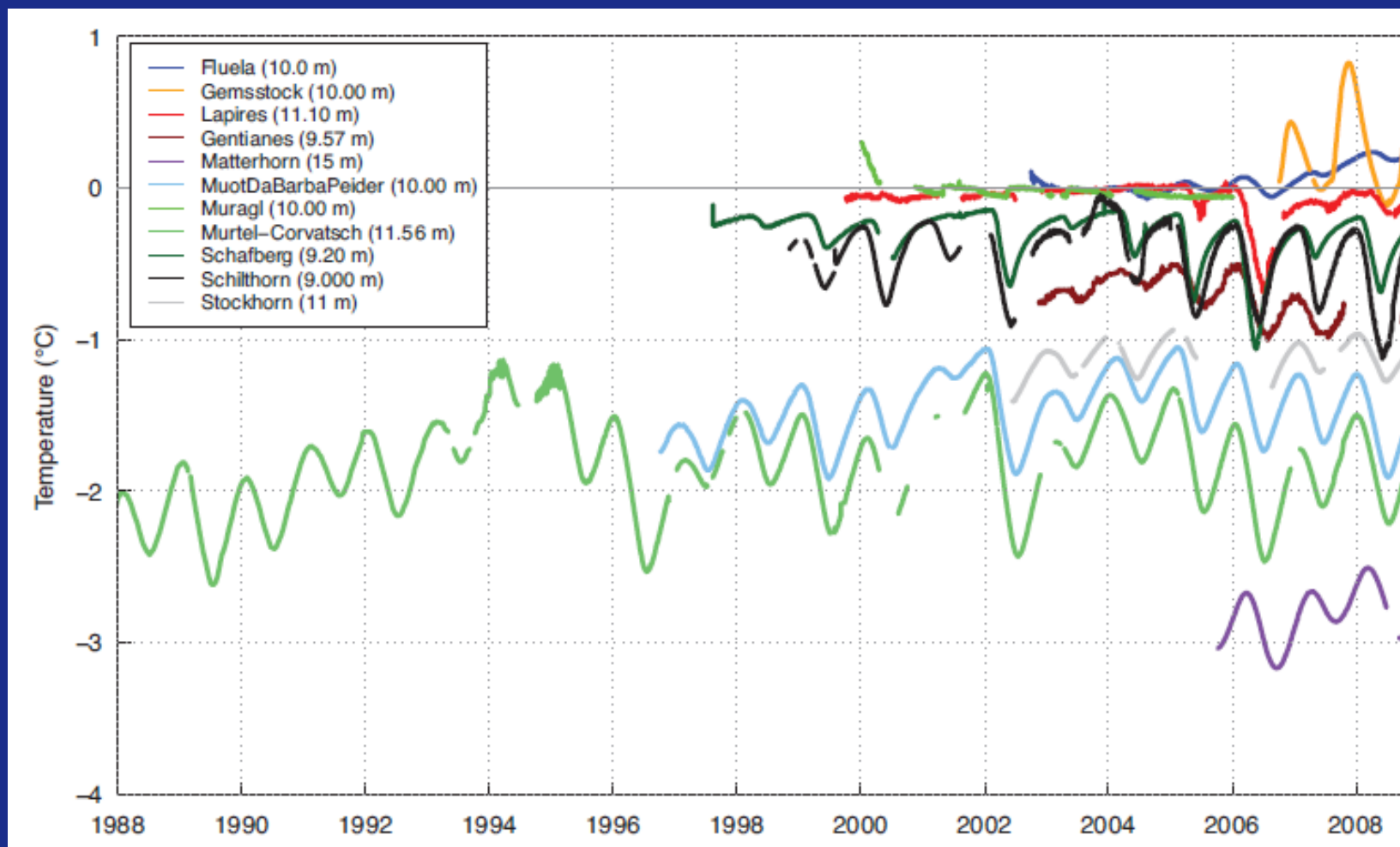
PERMOS Kinematics Sites

- PERMOS Site
- PERMOS Reference Site
- ➔ Site with air photo

© PERMOS
Hillshade: SRTM



Permafrost e riscaldamento climatico



Temperature a 10 m di profondità nelle perforazioni della rete PERMOS.

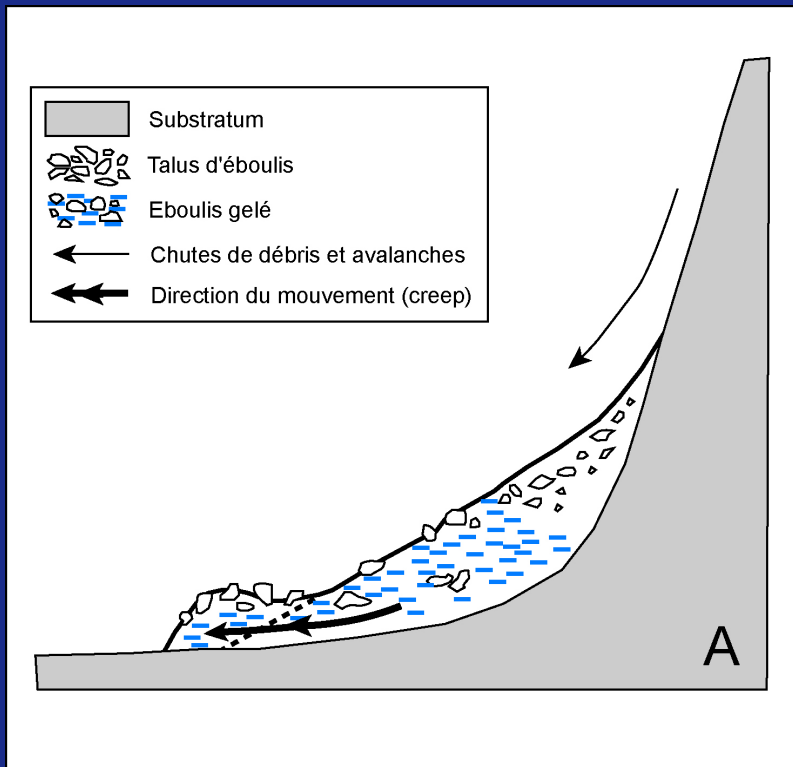
Una forma particolare: il ghiacciaio roccioso



Foto: Martino Buzzi

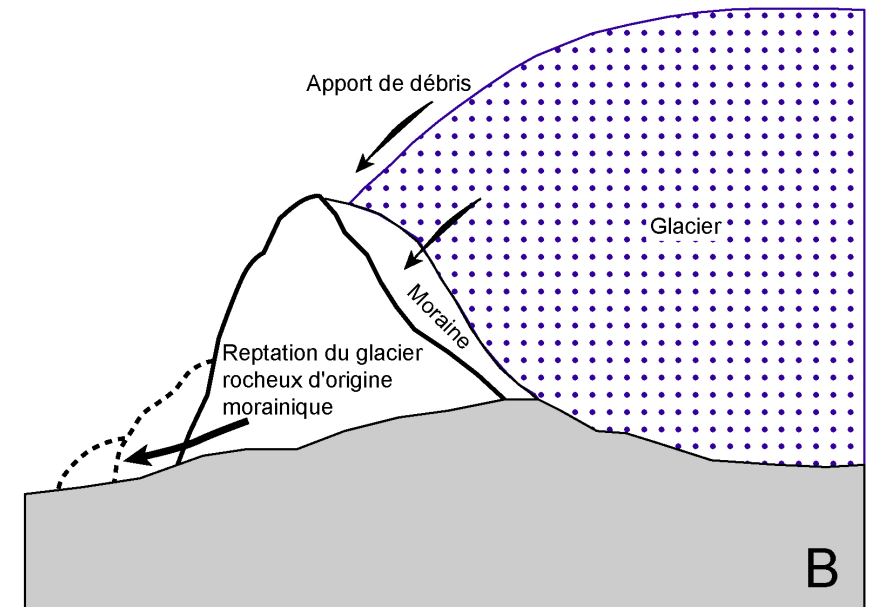
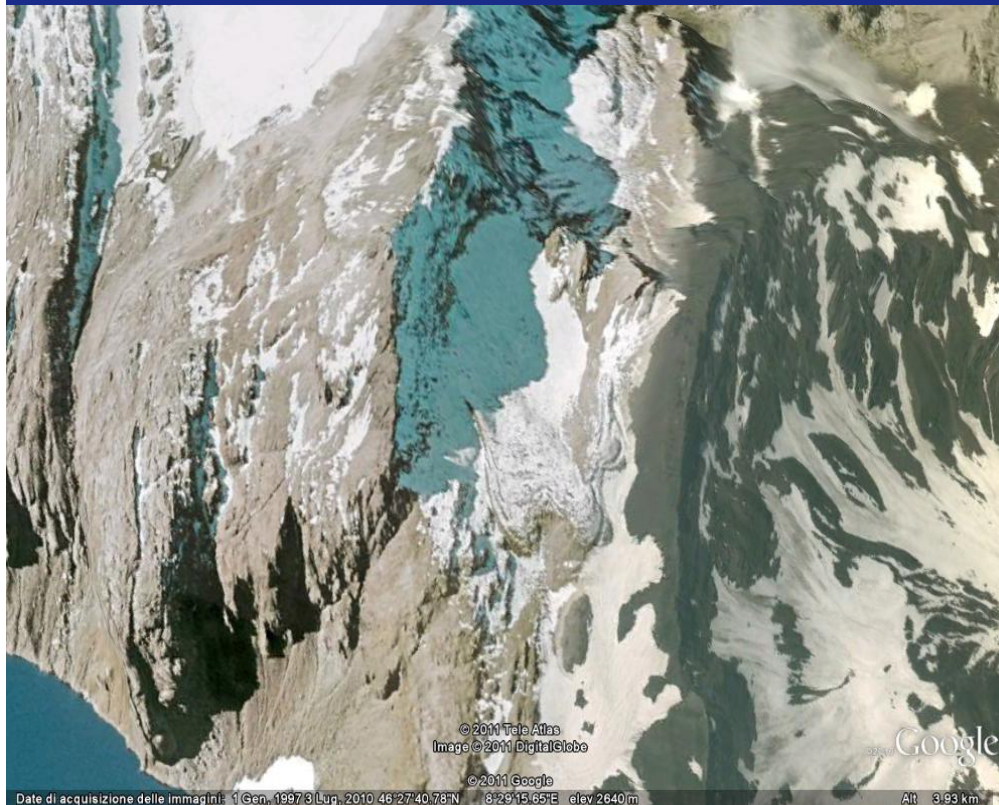
Ghiacciaio roccioso dei Ganoni di Schenadüi, Val Cadlimo (regione del Lucomagno)

Tipologia dei ghiacciai rocciosi I



Ghiacciaio roccioso di versante: GR di Piancabella, alta Val Malvaglia

Tipologia dei ghiacciai rocciosi II



Ghiacciaio roccioso di detriti morenici : GR di Cristallina, alta Valle Maggia

Dinamica dei ghiacciai rocciosi

MAGST : température moyenne annuelle de la surface du sol

BTS : Bottom temperature of the Snowcover

CA : couche active

PF : pergélisol

GS : gel saisonnier



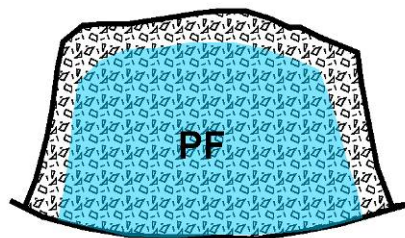
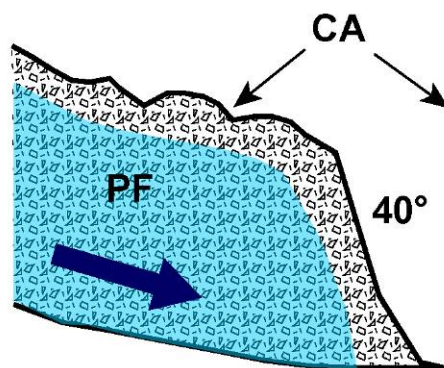
Reptation du pergélisol (creep)



Solifluction

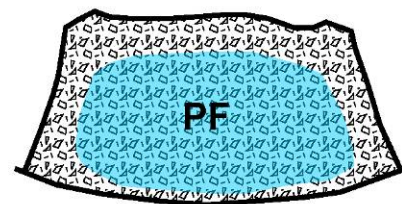
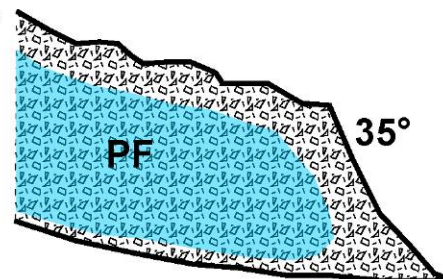
Glacier rocheux actif

MAGST $\leq 0^{\circ}\text{C}$
BTS $< -3^{\circ}\text{C}$



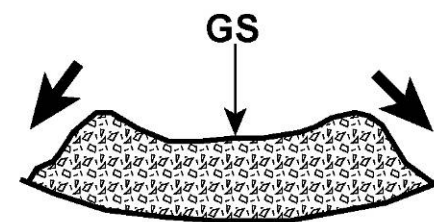
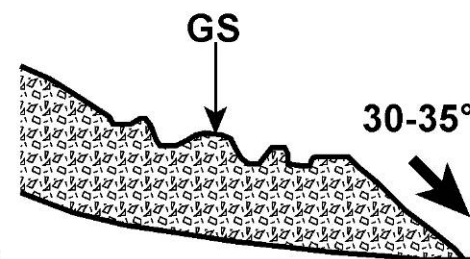
Glacier rocheux inactif

MAGST $> 0^{\circ}\text{C}$
BTS $\leq -2^{\circ}\text{C}$



Glacier rocheux fossile

MAGST $> 0^{\circ}\text{C}$
BTS $> -2^{\circ}\text{C}$



Profil longitudinal

Profil transversal

Source :
Ikeda & Matsuoka 2002

Ghiacciai rocciosi attivi



GR del Passo Predèlp
(regione del Lucomagno)



GR di Gana e di Gana Bianca
(alta Val Malvaglia)

Ghiacciai rocciosi inattivi



GR dell' Alpe Pièi (Valle di Blenio)

Ghiacciai rocciosi relitti



GR dell' Alpe Sceru (alta Val Malvaglia)

Distribuzione dei ghiacciai rocciosi in Ticino

203 ghiacciai rocciosi !

di cui:

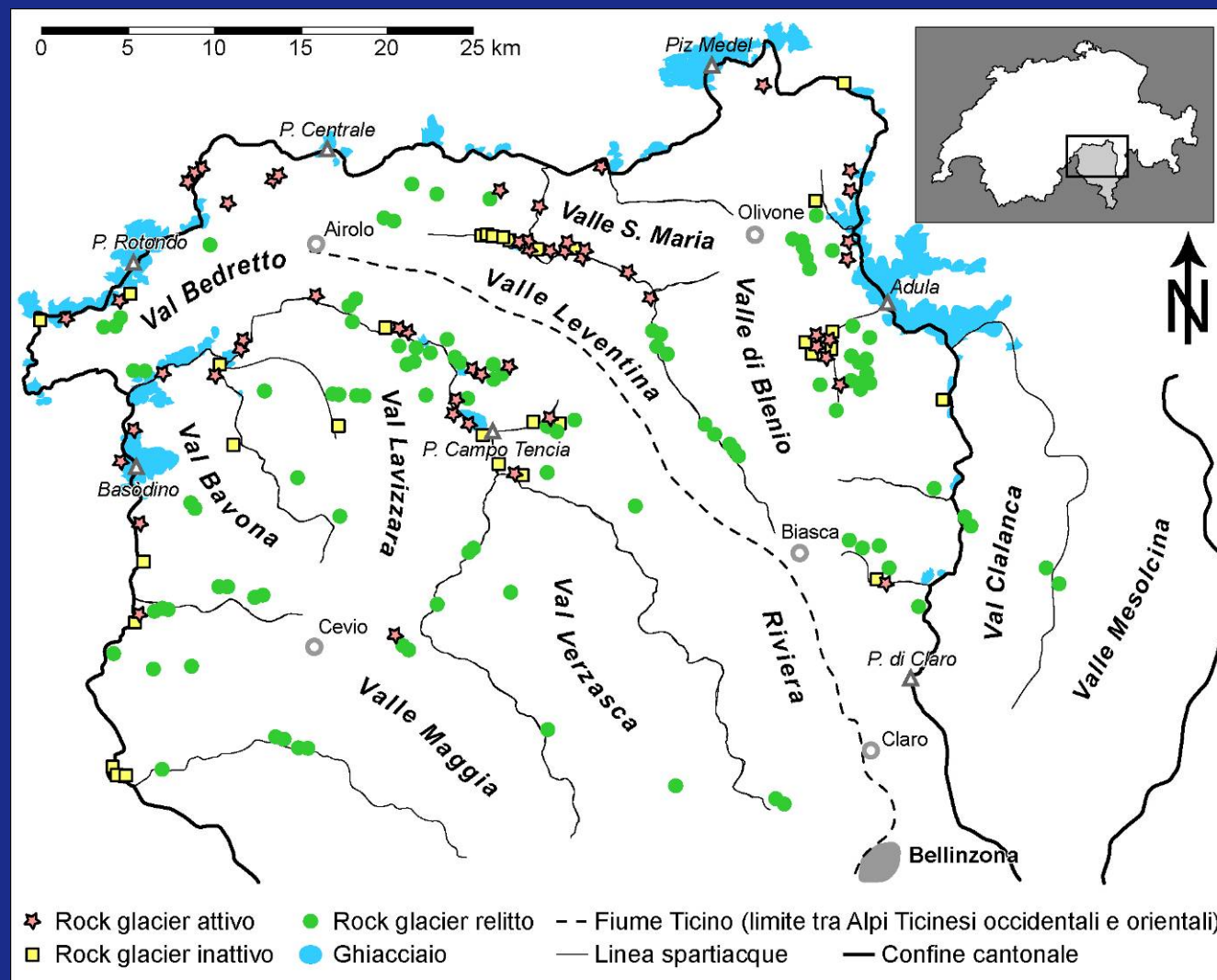
56 attivi

35 inattivi

112 relitti

Fonte:

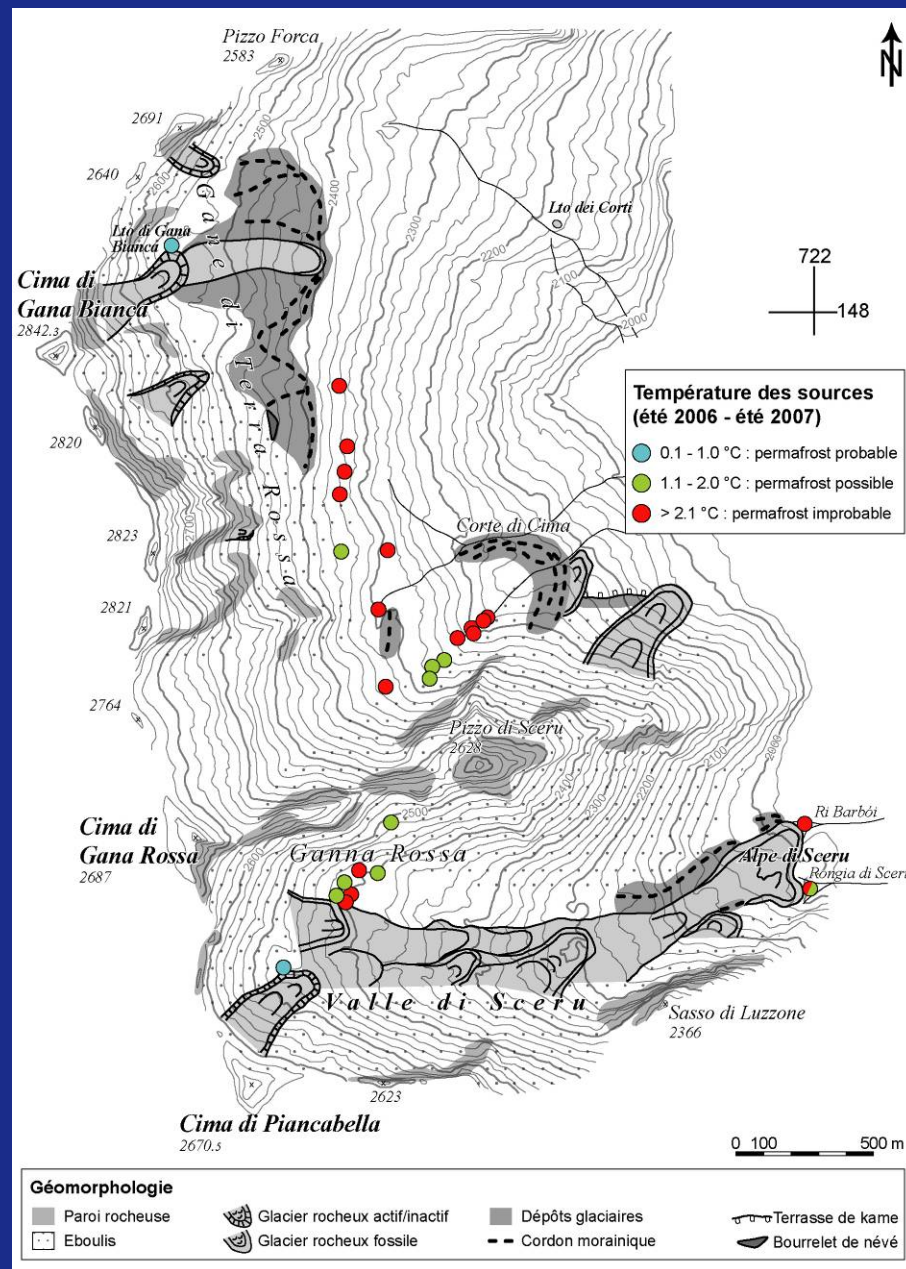
Scapozza & Mari (2010)



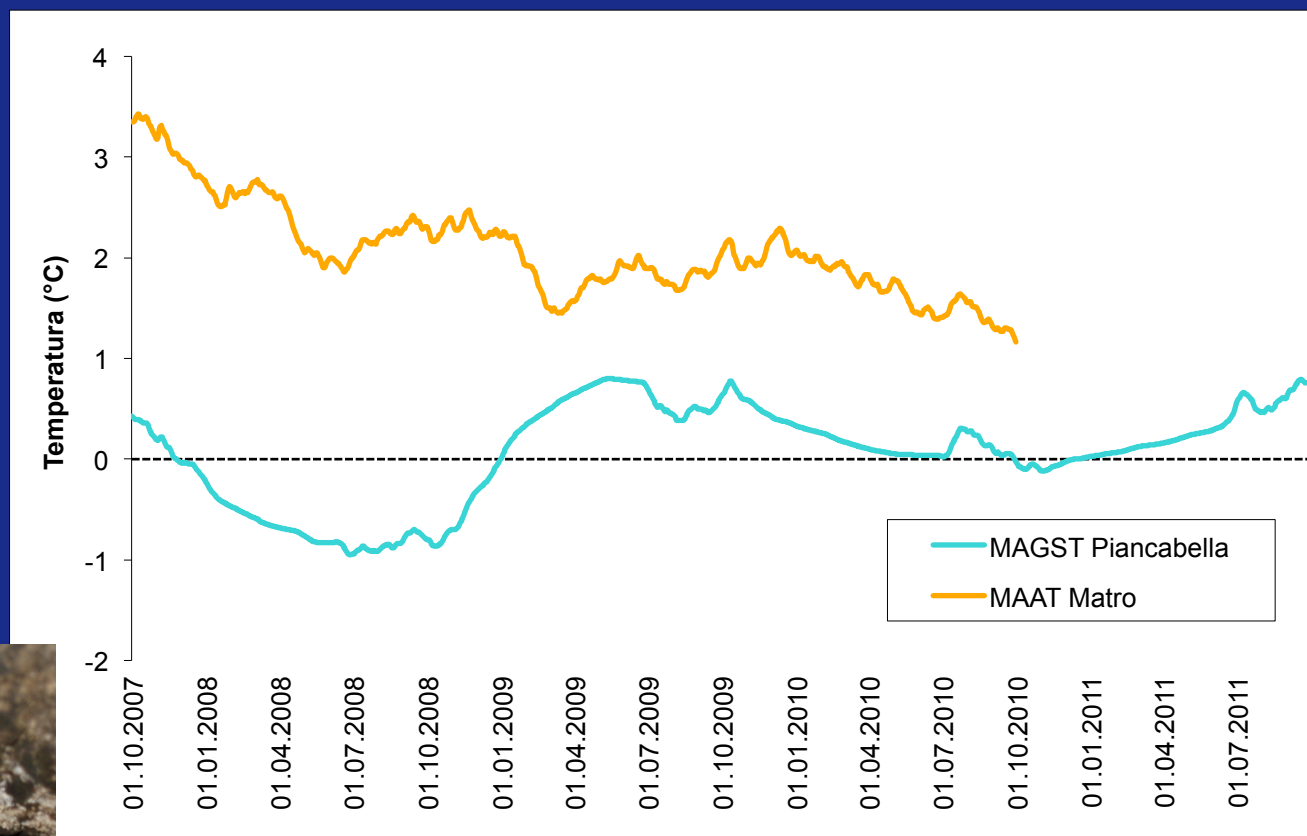
2. Metodi di studio del permafrost



Temperatura delle sorgenti



Temperatura della superficie del suolo



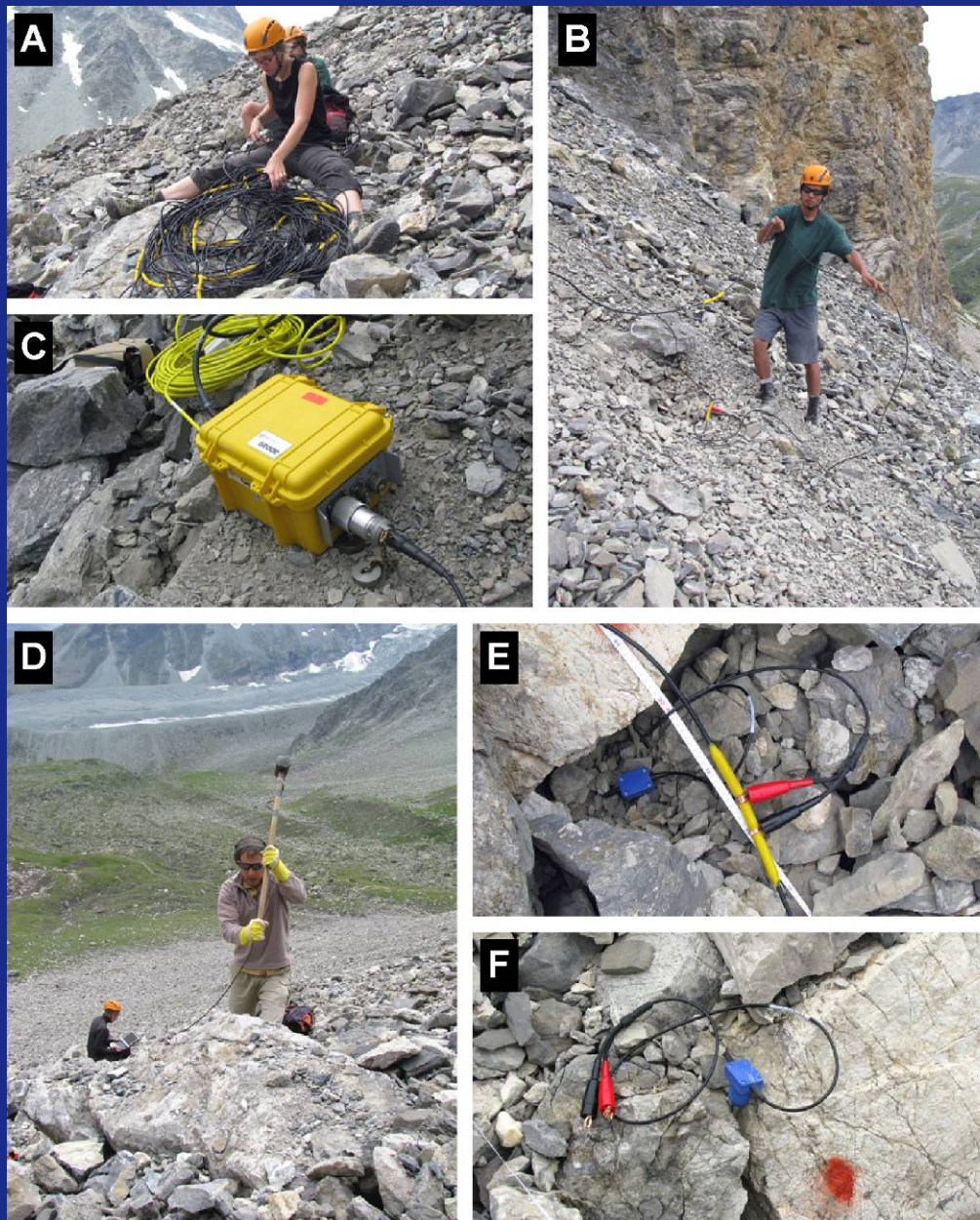
Mini-logger UTL-1

Media annua della temperatura della superficie del suolo (MAGST) sul ghiacciaio roccioso di Piancabella, (alta Val Malvaglia)

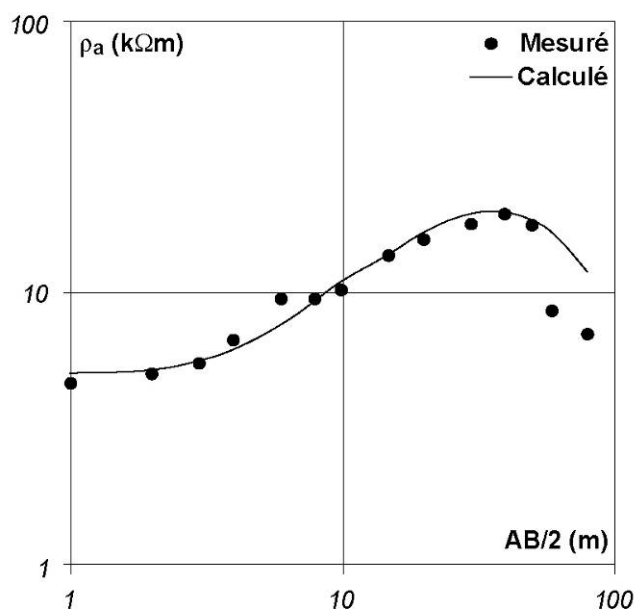
Metodi geofisici

La prospezione geofisica è basata su delle misure effettuata alla superficie del suolo (metodi non invasivi) che permettono di studiare la ripartizione di alcune caratteristiche fisiche del sottosuolo, come, ad esempio:

- Resistività elettrica (metodi geoelettrici ed elettromagnetici)
- Velocità delle onde sismiche (metodo sismico)
- Correnti elettriche naturali (metodo della polarizzazione spontanea – PS)



Sondaggi geoelettrici



Description du modèle SCE-SE07

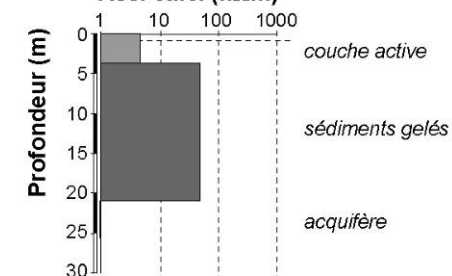
Rés. calc. (Ω m) Epaisseur (m)

1. 4'900 4.0
2. 47'000 17.1
3. 950

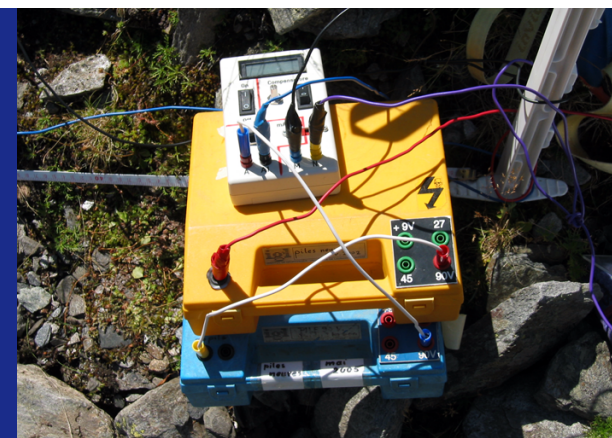
RMS-Erreur: 0.05

Modèle SE-07

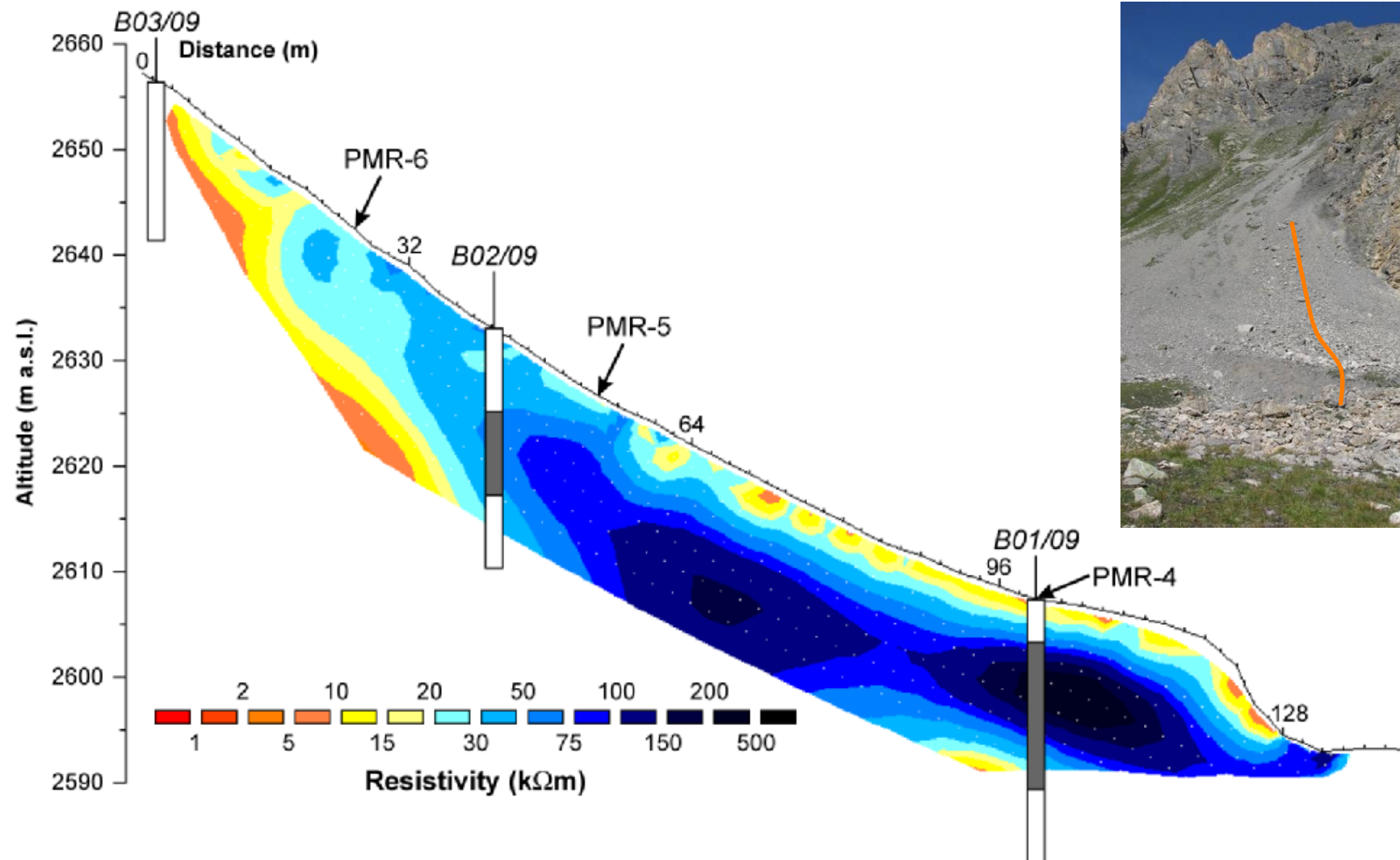
Rés. calc. (k Ω m)



Sondaggio geoelettrico in presenza di permafrost, ghiacciaio roccioso di Piancabella (alta Val Malvaglia)

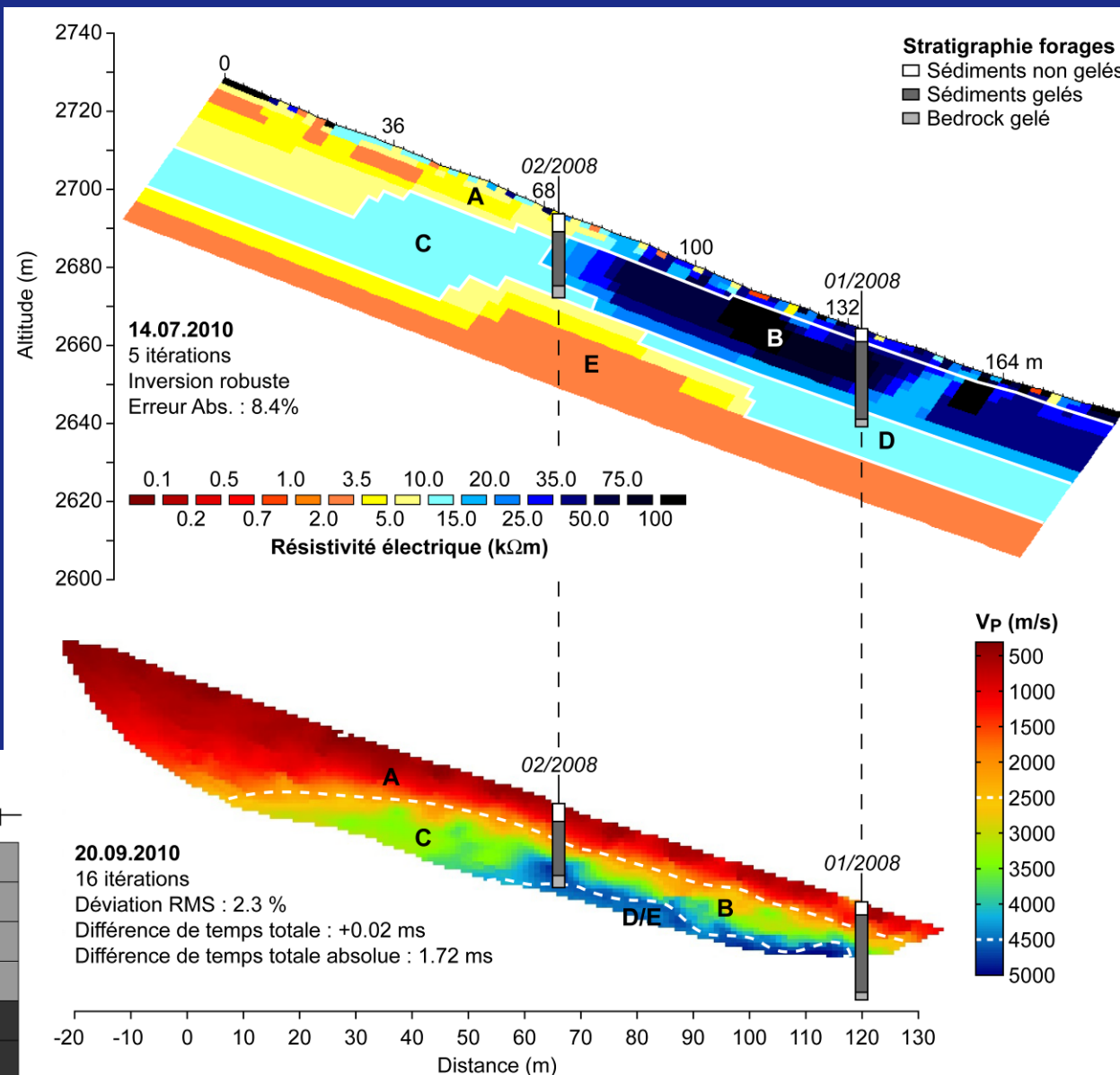
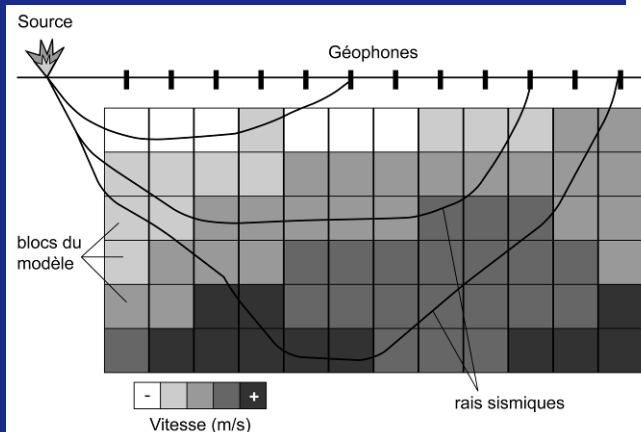


Tomografia delle resistività elettriche

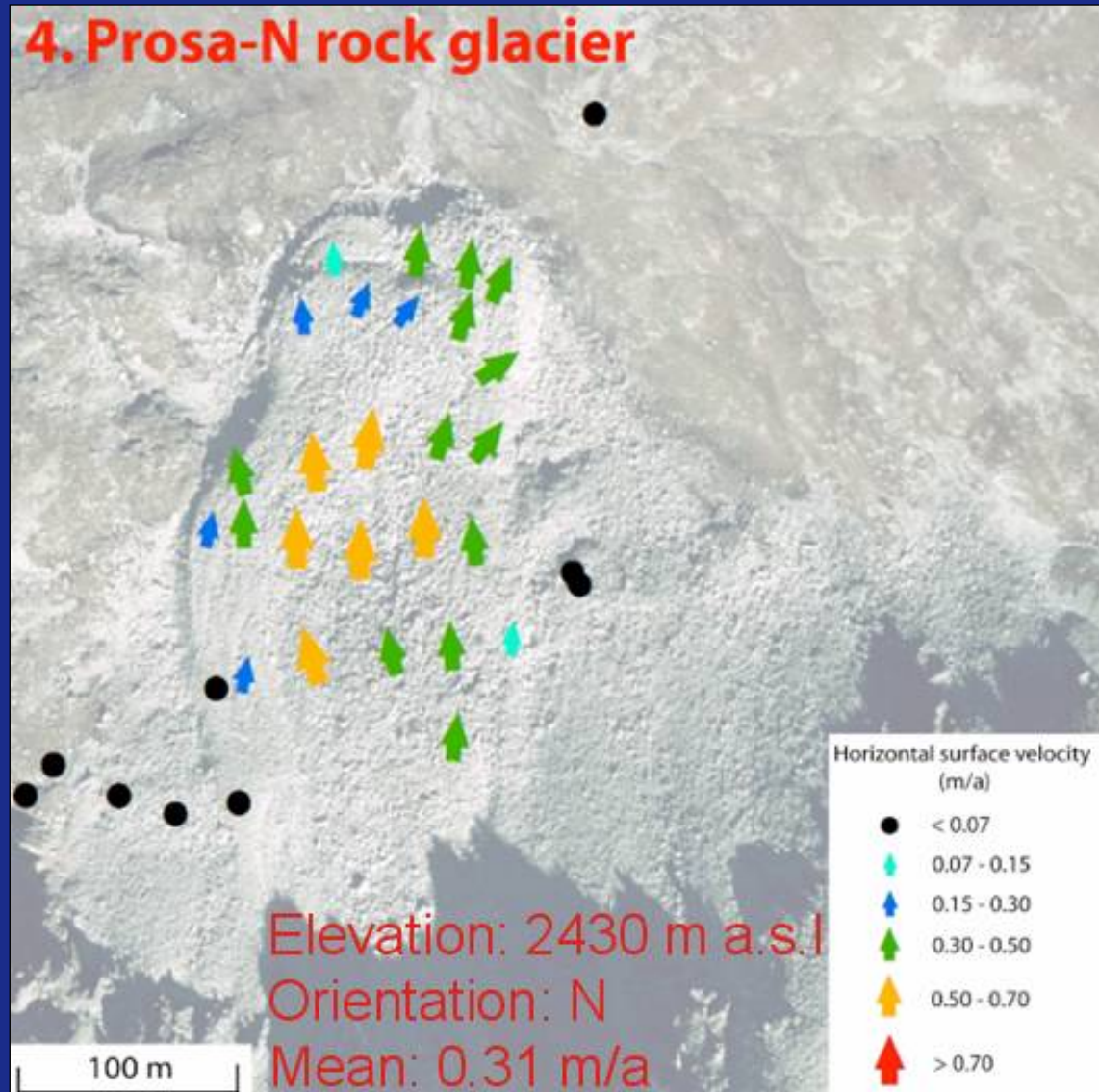


Tomografia di sismica a rifrazione

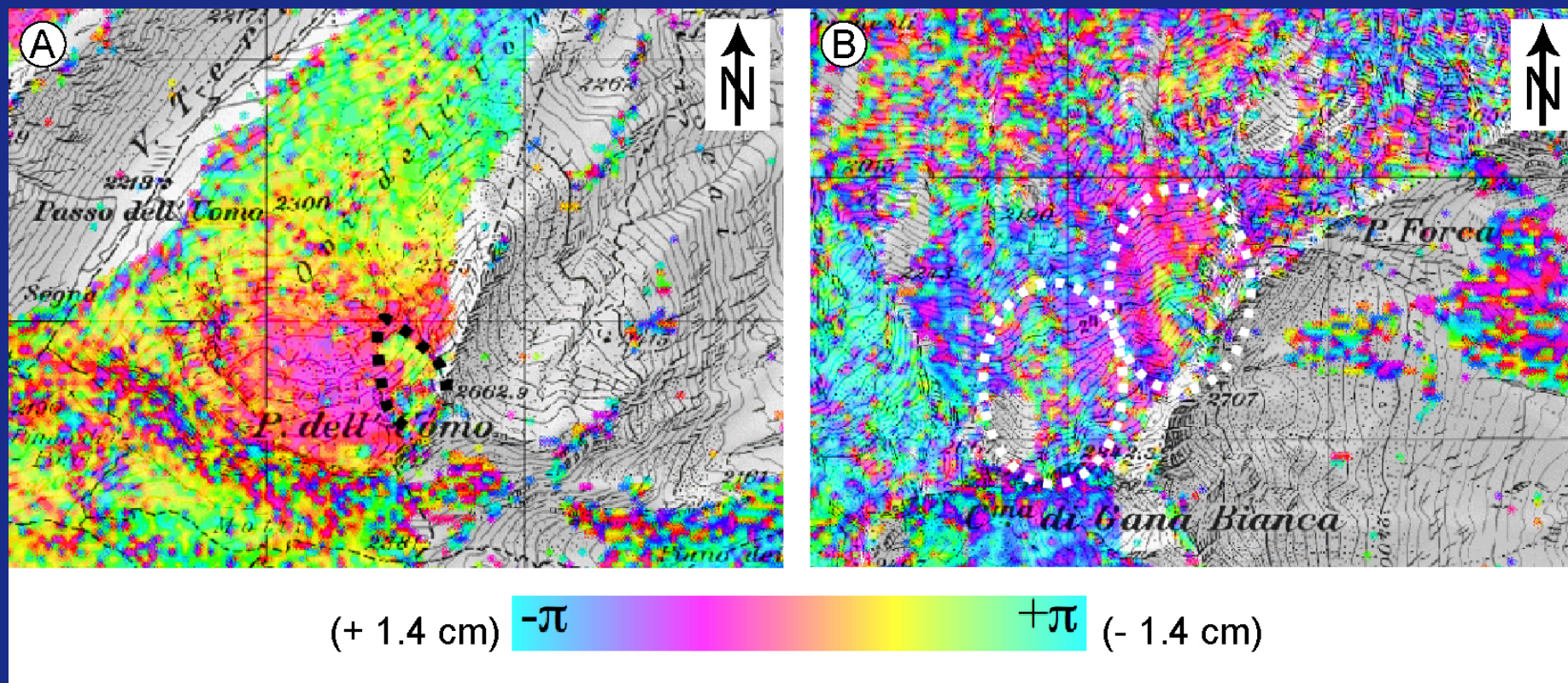
Metodo complementare alla prospezione geoelettrica soprattutto nelle “zone grigie” di quest’ultima



Metodi geodetici I: il GPS differenziale



Metodi geodetici II: InSAR

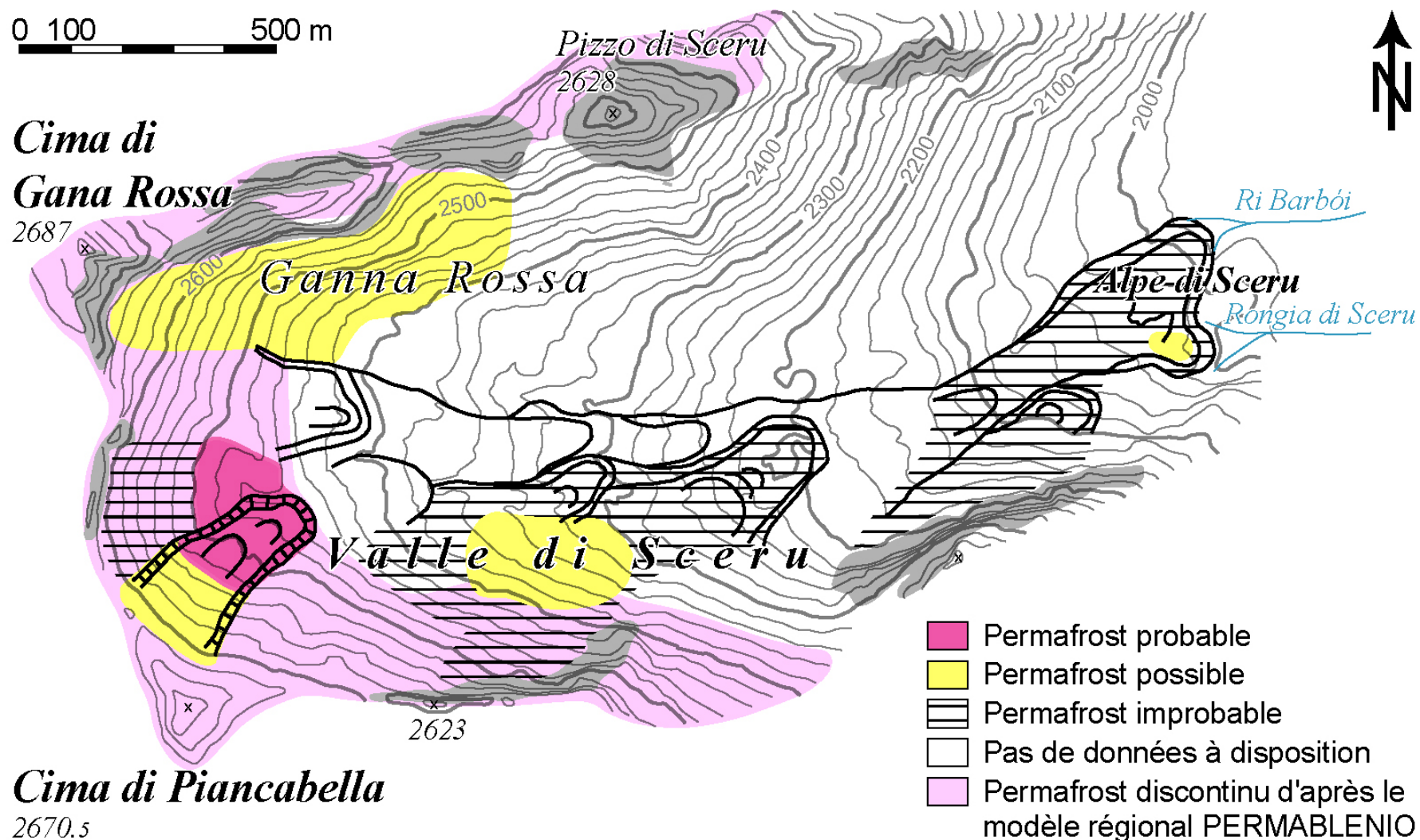


Interferometria radar da satellite (InSAR) = ogni tanto ce se ne può stare comodamente seduti in ufficio al caldo e all'asciutto!!!

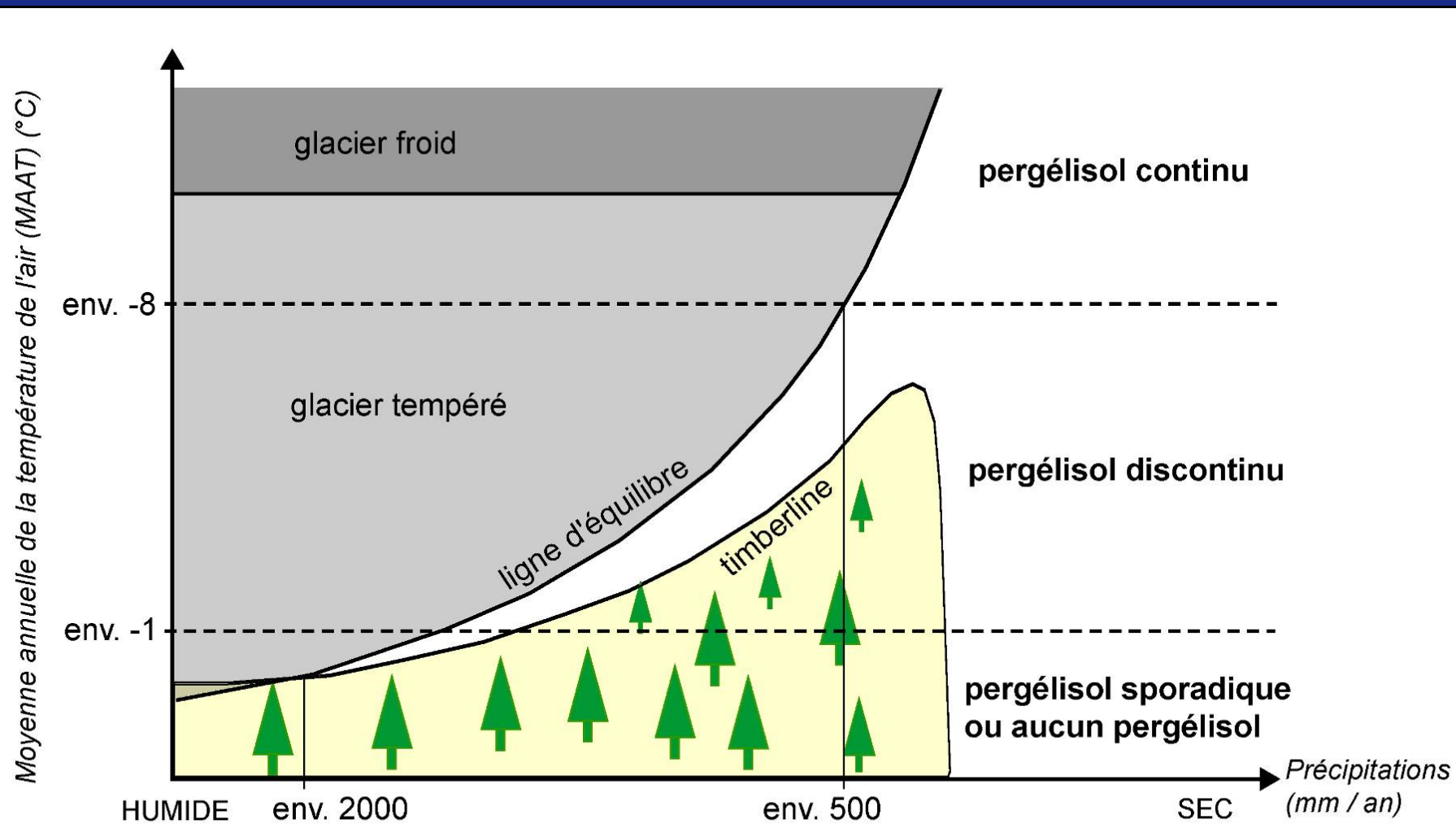
3. La criosfera alpina



Evoluzione del permafrost nei ghiacciai rocciosi



Ghiacciai e permafrost: il modello della criosfera

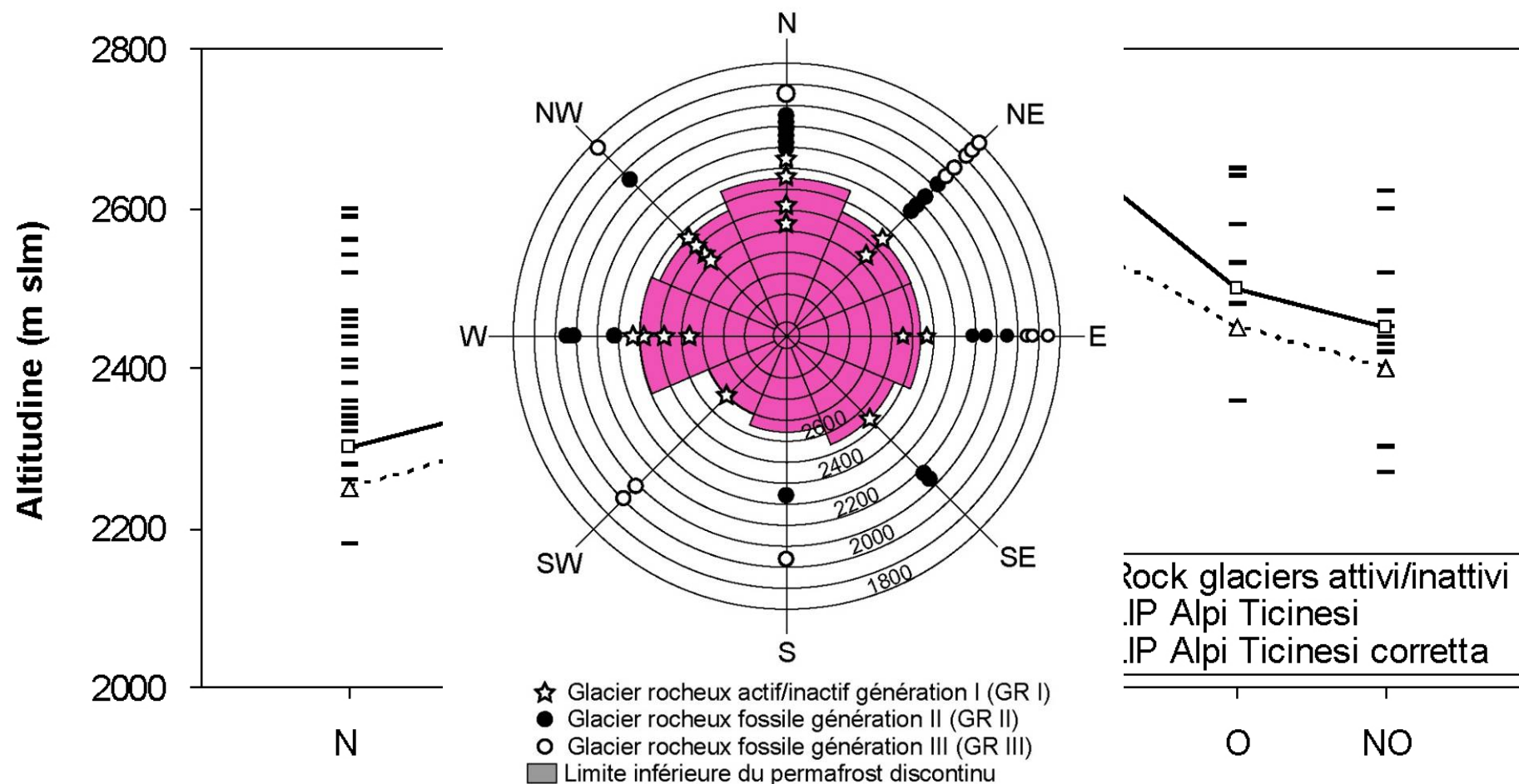


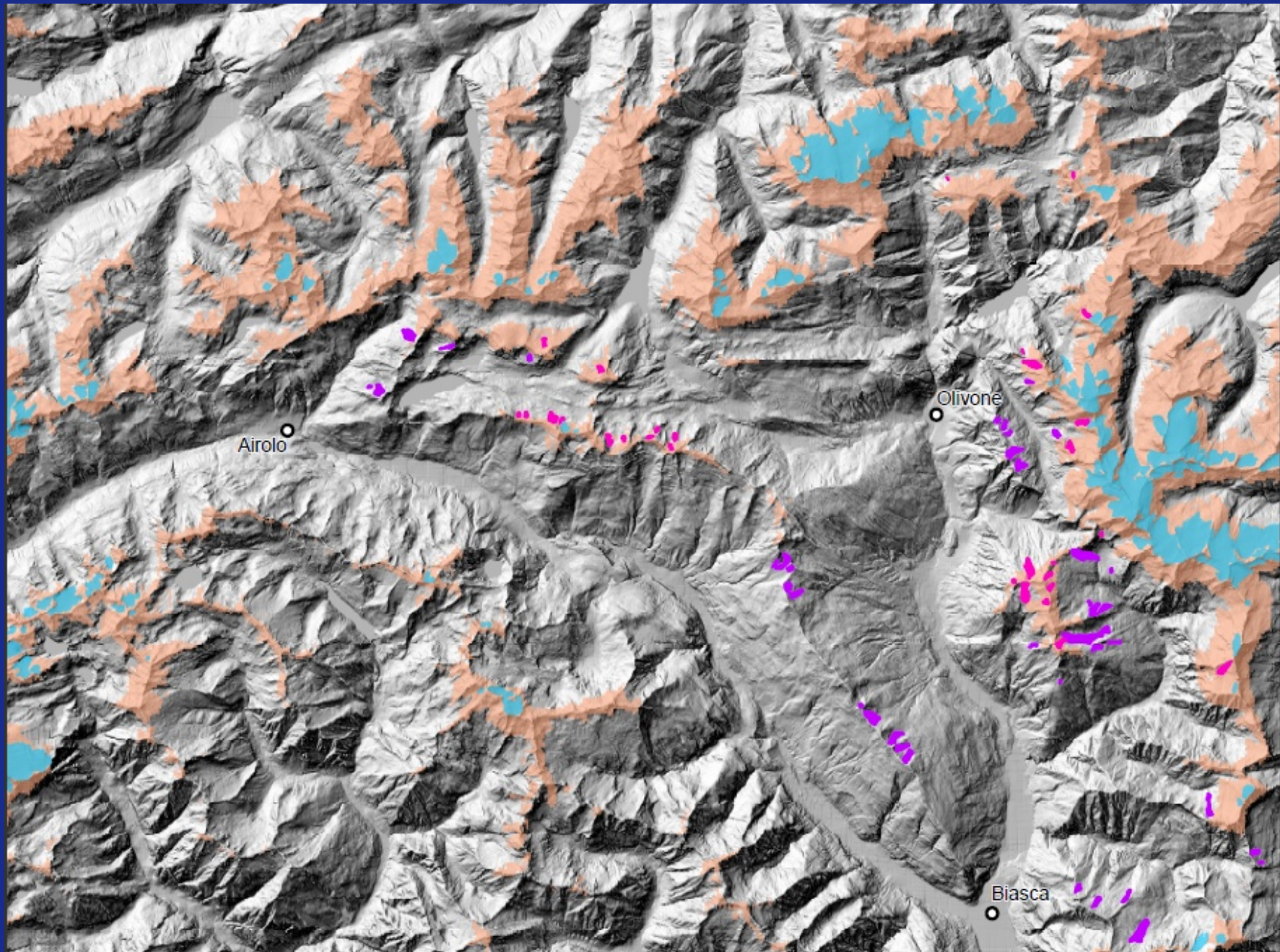
adapté de Haeberli, 2005

La Linea di Equilibrio dei Ghiacciai (LEG)

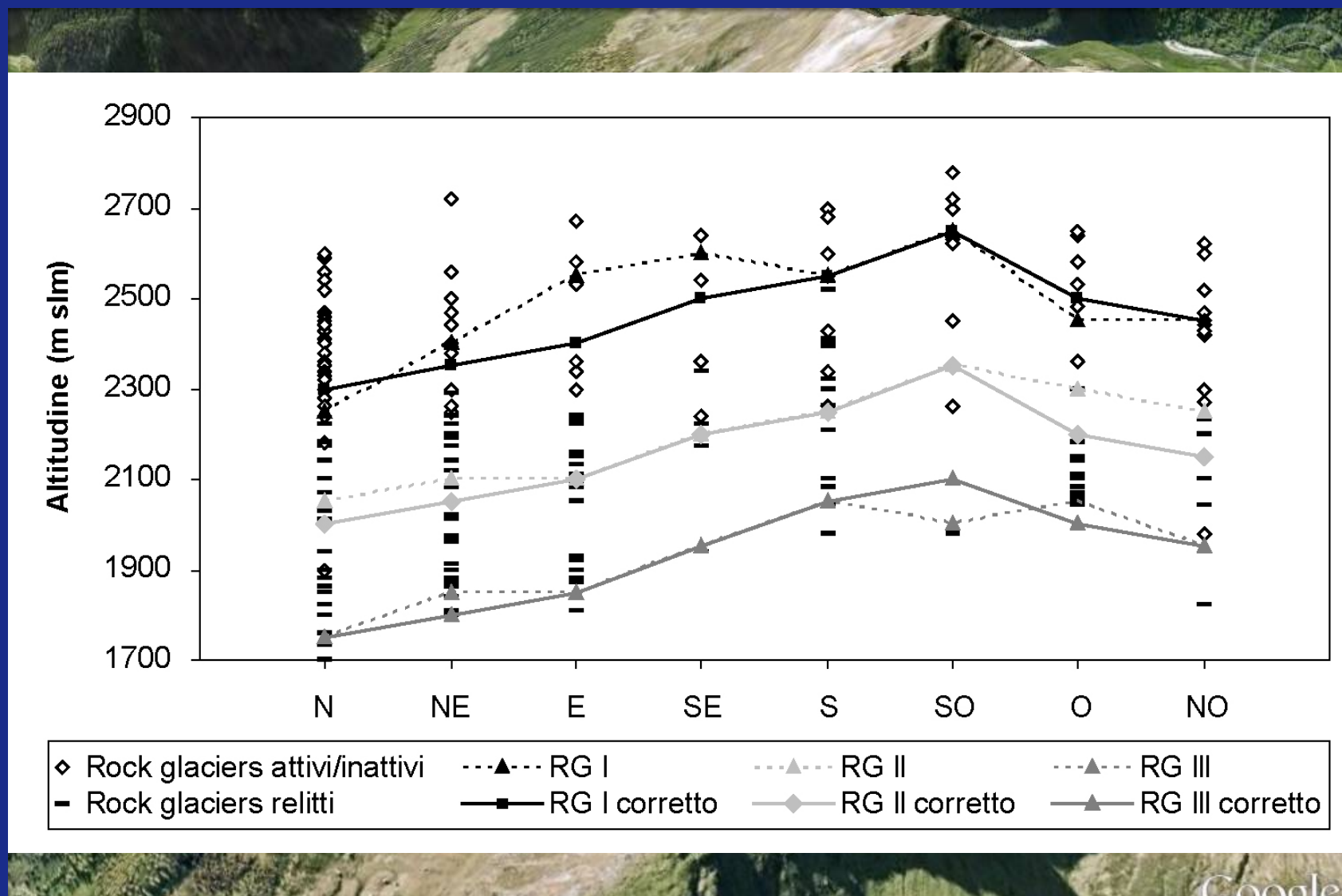


Limite Inferiore del Permafrost (LIP) attuale

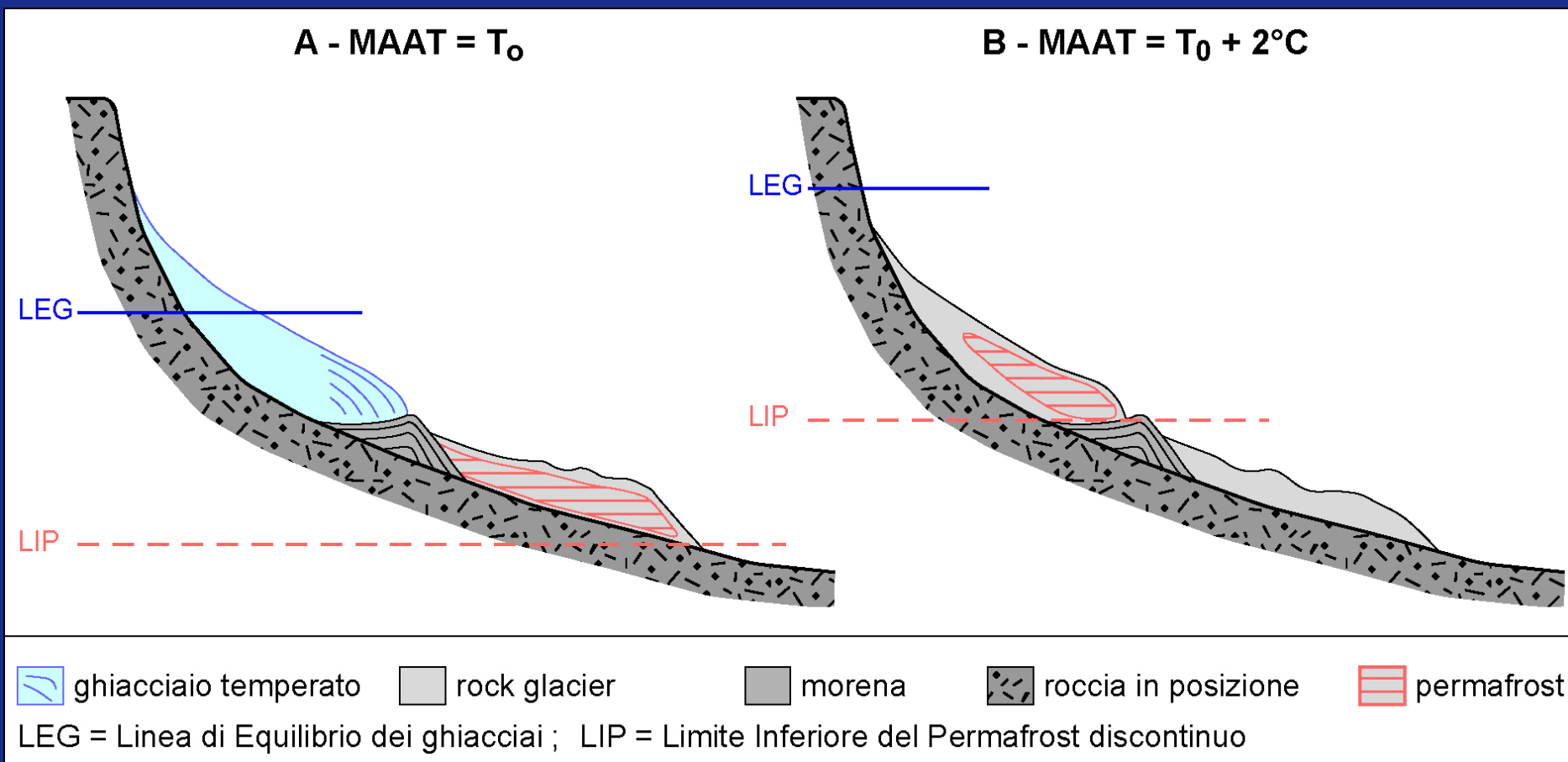




LIP passate e Depressione del Permafrost (DP)



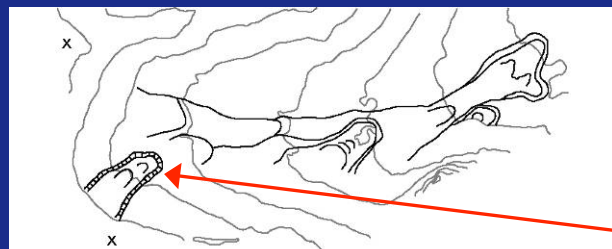
Fluttuazioni della LEG e del LIP



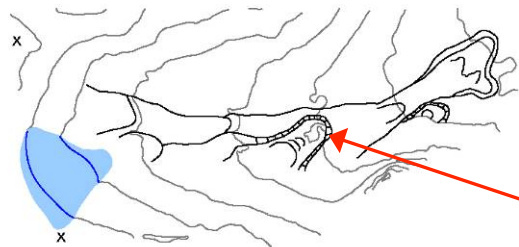
Modifica importante degli ambienti di alta montagna, che da “bianchi” (ambienti glaciali => ghiacciai) diventano “grigi” (ambienti periglaciali => ghiacciai rocciosi)

Fluttuazioni della LEG e del LIP

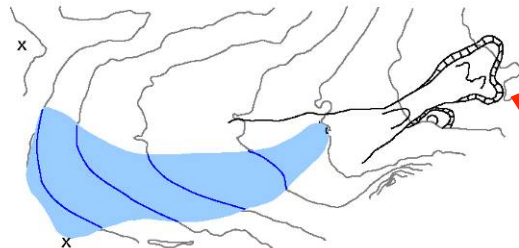




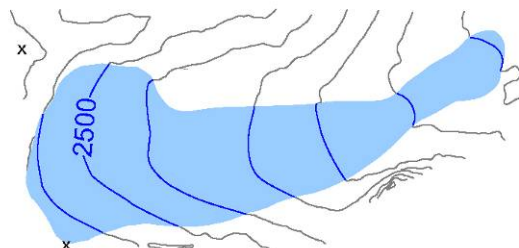
A) Fine della PEG e fasi fredde dell'Olocene



B) Dryas recente (11'000 - 10'000 BP)



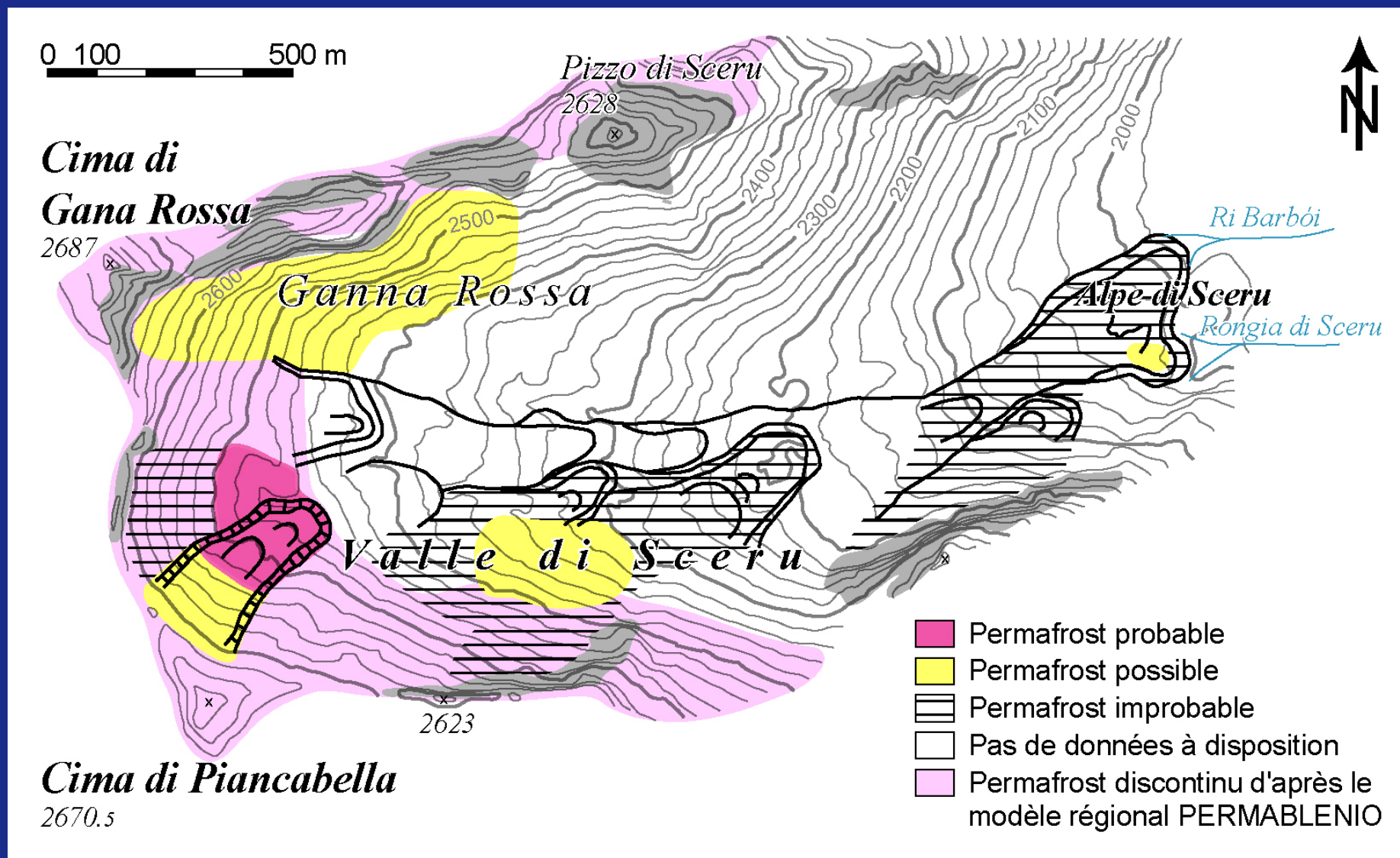
C) Fine del Dryas antico (14'000 - 13'000 BP)



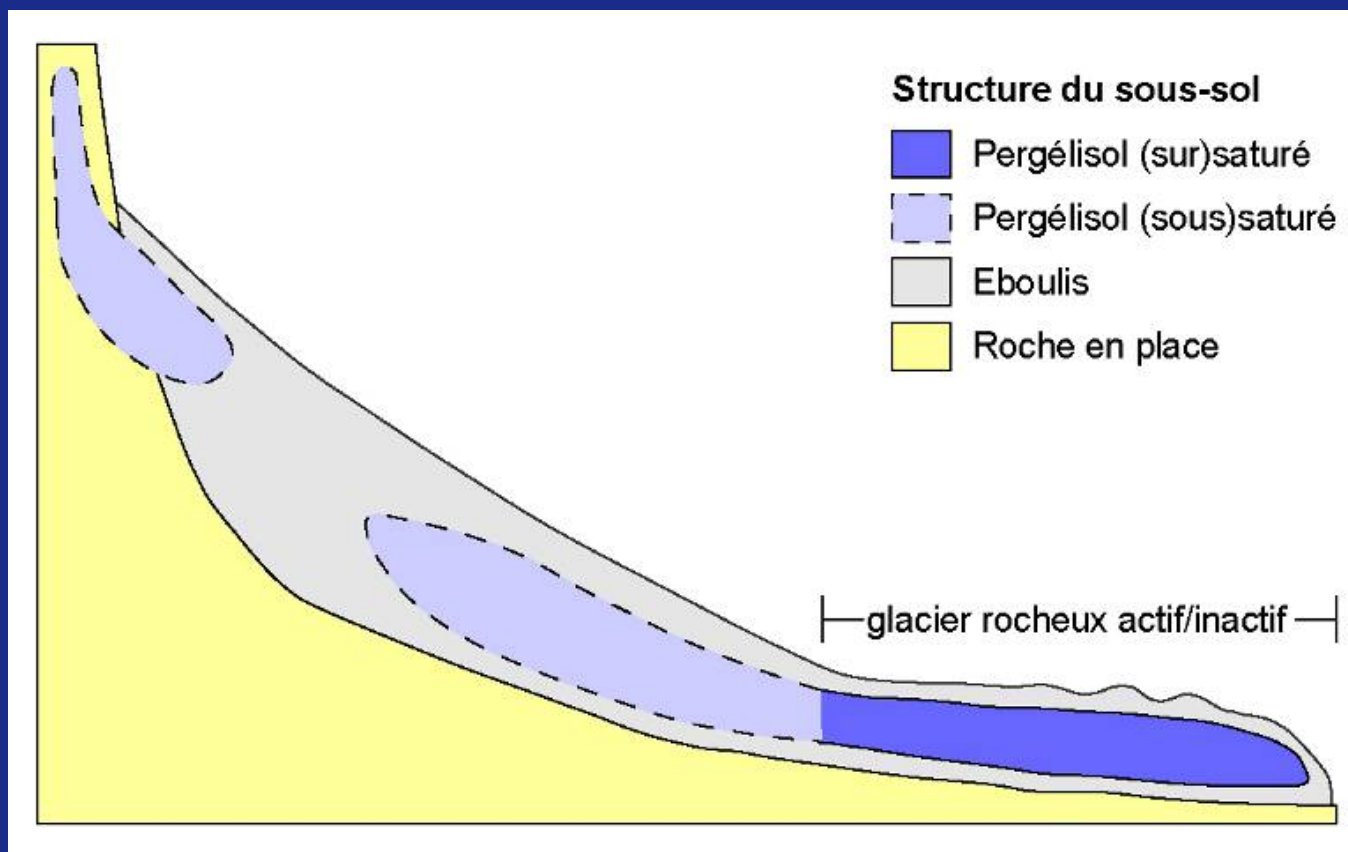
D) Dryas antico (15'000 - 14'000 BP)



Evoluzione del permafrost nelle falde di detrito



Ripartizione del permafrost nelle falde di detrito



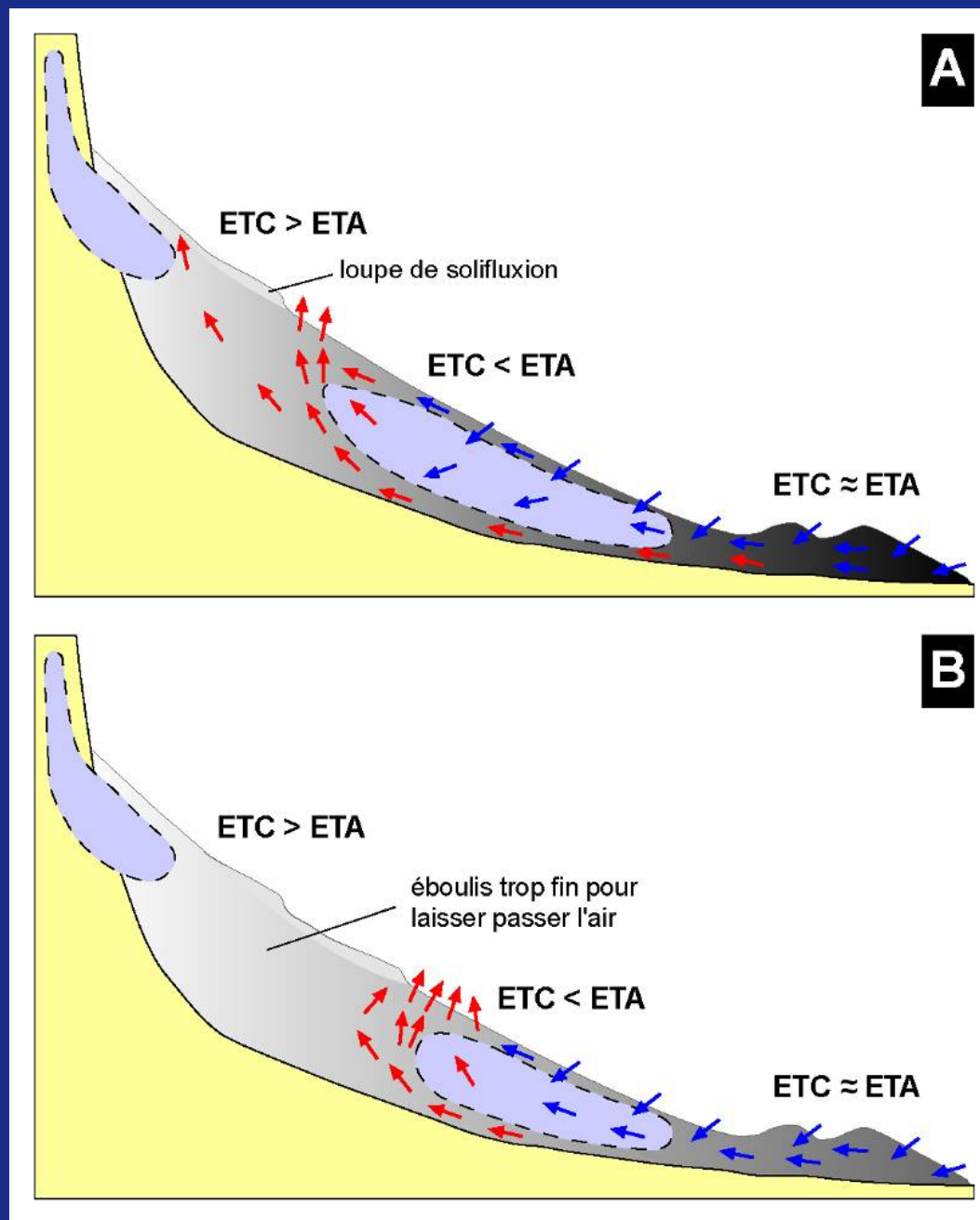
In sintesi:

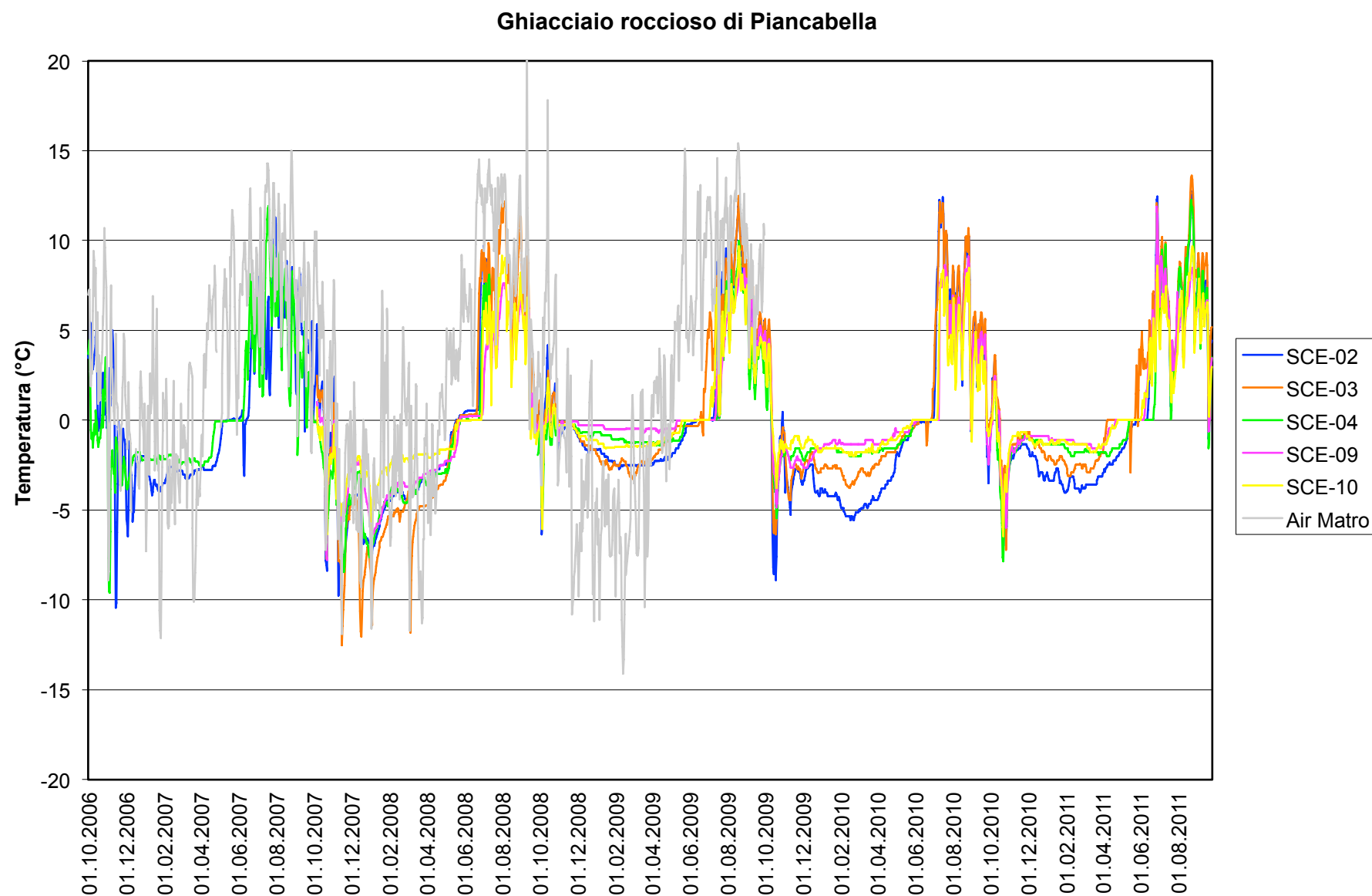
In una falda di detrito, il permafrost è presente nelle zone inferiori e assente nelle zone superiori del versante!

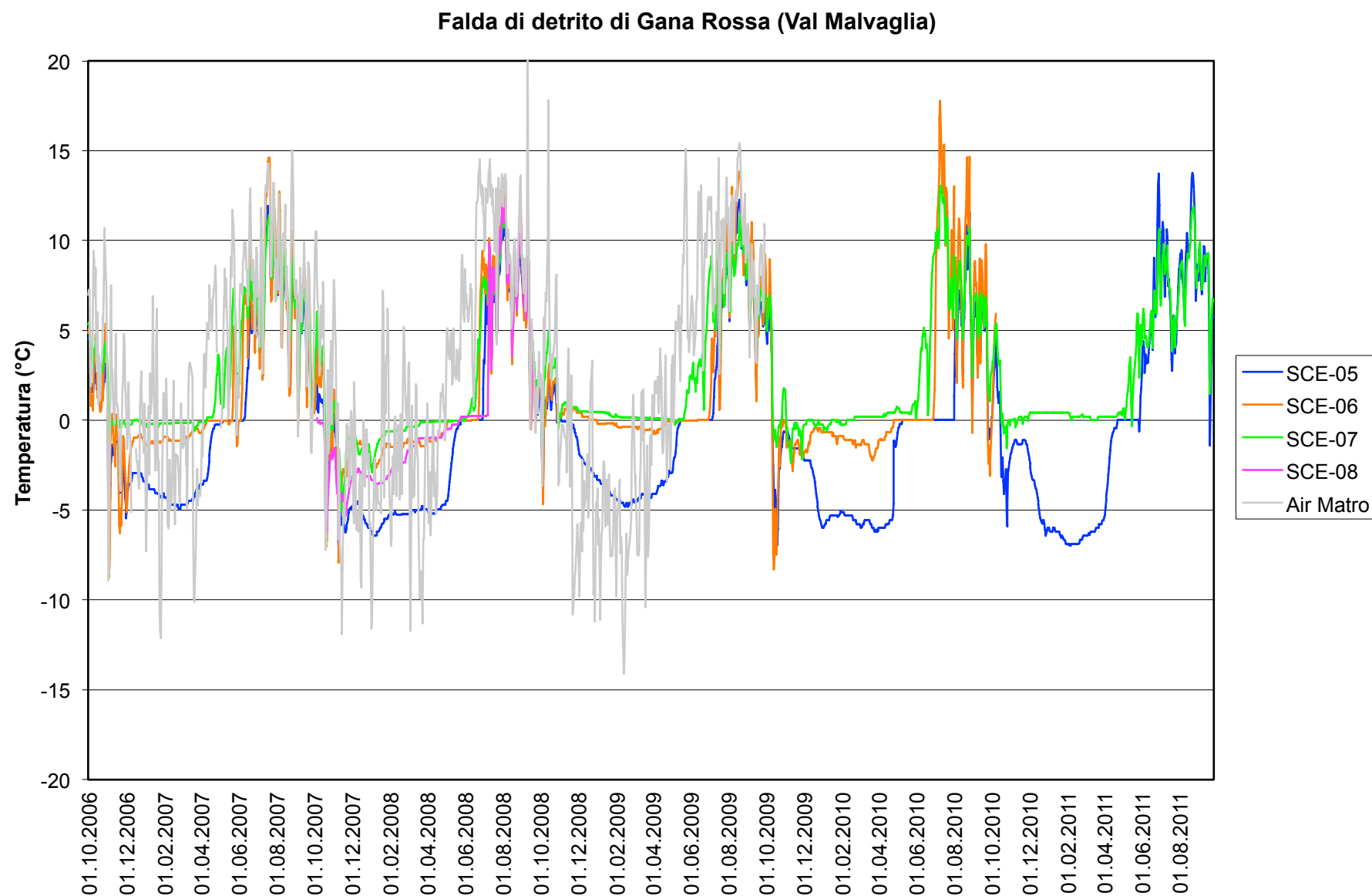
Ventilazione delle falde di detrito

Falde di detrito che presentano una **ventilazione ascendente** invernale che permette di raffreddare la loro parte inferiore e di conservarvi delle condizioni di permafrost.

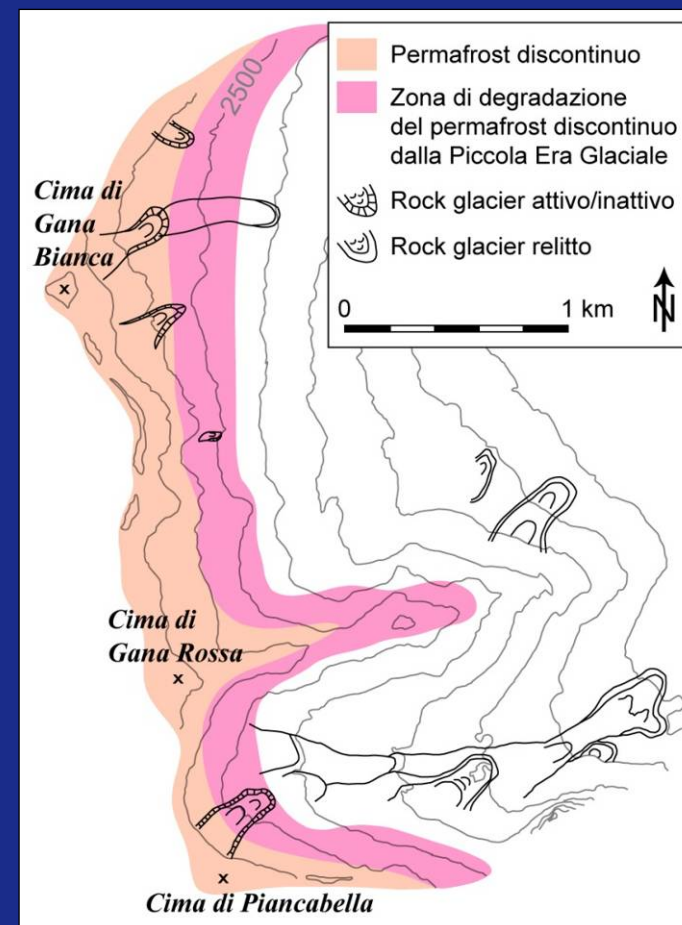
Questa ventilazione è anche la responsabile del riscaldamento della parte superiore delle falde di detrito, che determina l'assenza di permafrost in questo settore.







In conclusione: e il futuro?



“Grigificazione” del paesaggio => neo-permafrost nelle zone a più alta altitudine (?)
e degradazione del permafrost alla LIP => risalita in altitudine della zona periglaciale !