

---

# PERTE DE PORTANCE AU DÉGEL DES ROUTES ET LAVES TORRENTIELLES DANS LES PERGÉLISOLS ALPINS: UN MÊME PHÉNOMÈNE

par  
Michel Dysli



Colloque du 1.12.1998 des  
laboratoires de mécanique des  
sols et des roches de  
l'Ecole polytechnique fédérale  
de Lausanne (EPFL)

# Table des matières

---

- **Introduction**

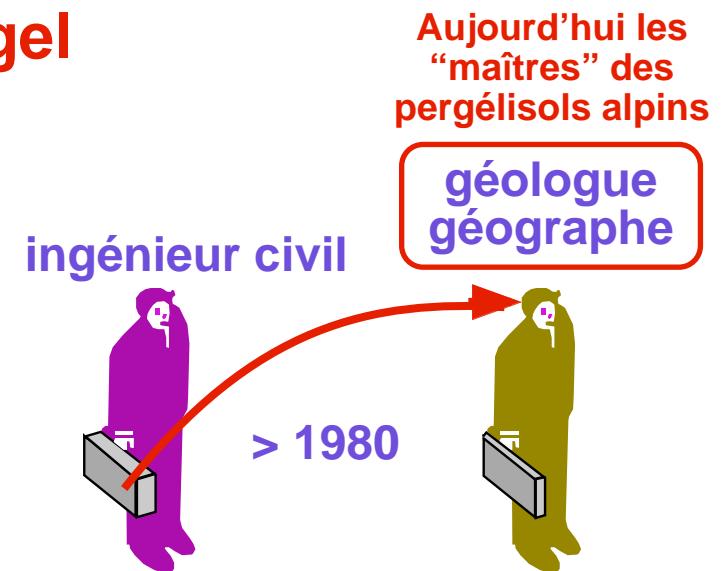
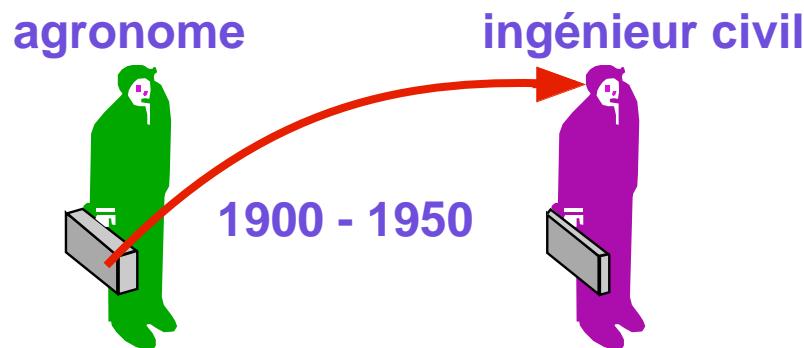
- **Perte de portance au dégel des fondations de routes**

- **Laves torrentielles dans les pergélisol alpins soumis au réchauffement du climat**

- **Conclusion**

## Introduction

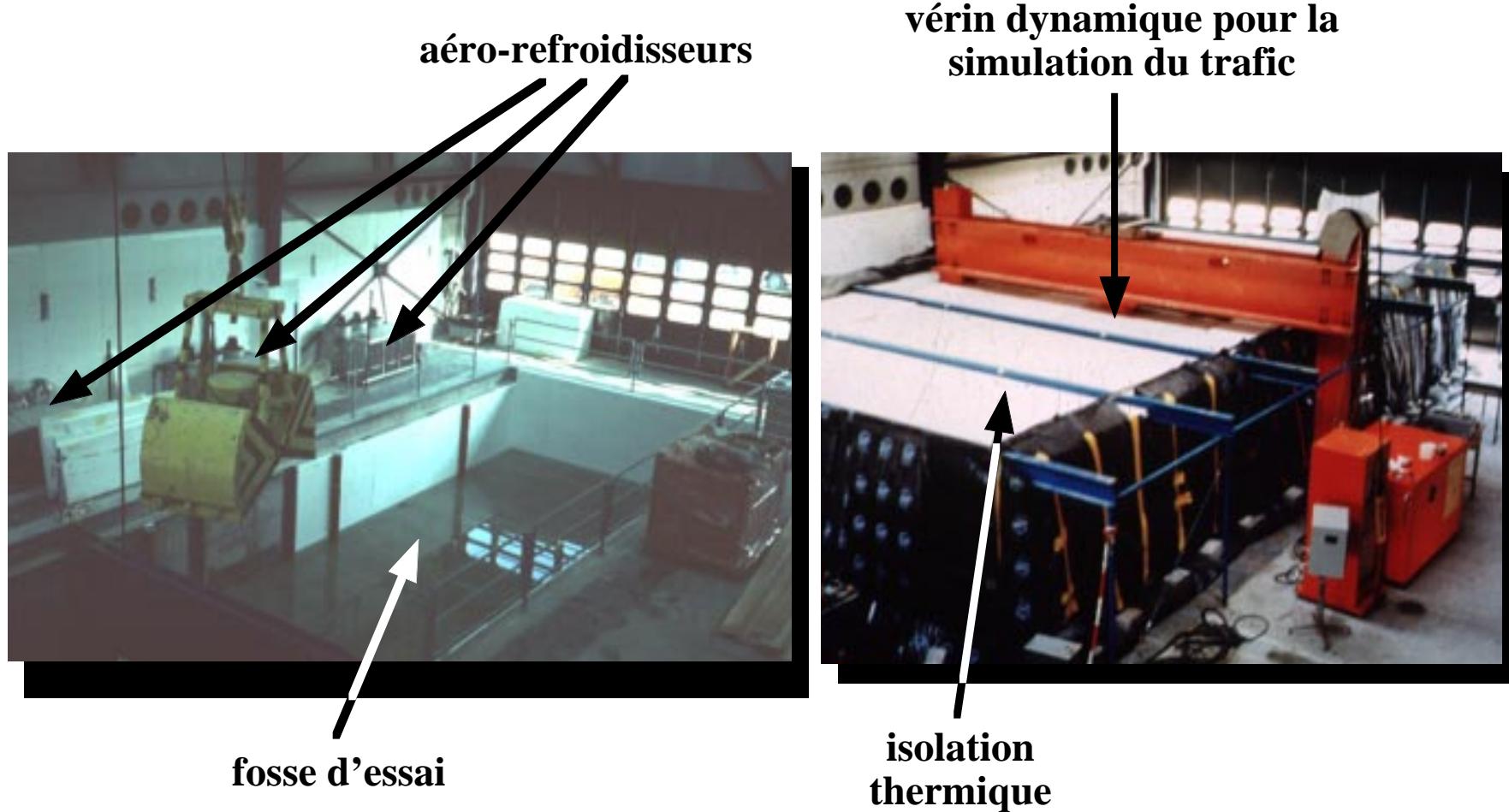
- Une approche multidisciplinaire est souvent la clé des développements scientifiques et techniques
- Dans le domaine de l'**action du gel dans les sols**:



- L'étude des pergélisol alpins demande aujourd'hui une approche scientifique rationnelle basée sur des modèles numériques utilisant les lois de la mécanique.

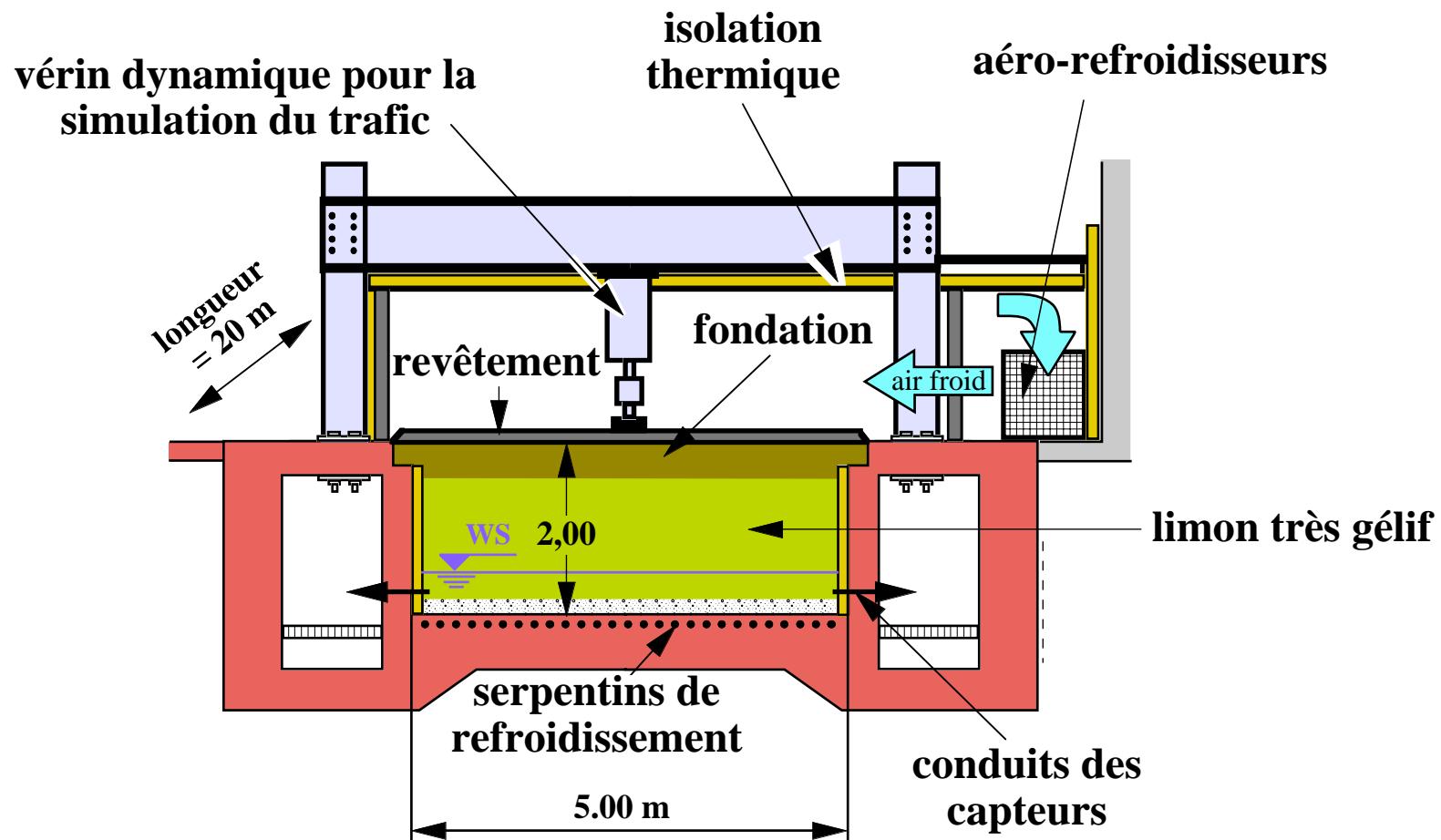
## Perte de portance au dégel de fondations de routes

### Dispositif d'essais en vraie grandeur



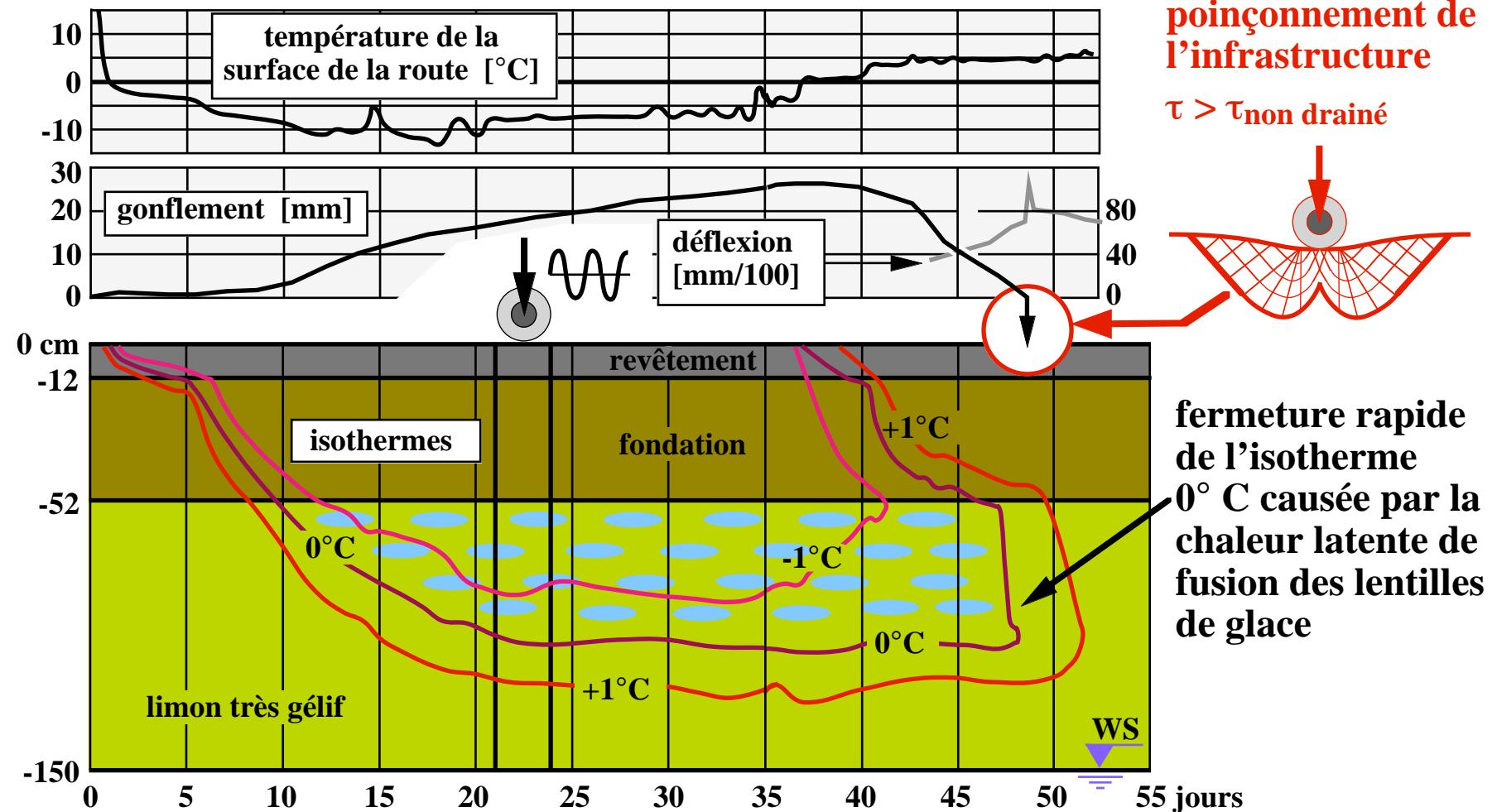
## Perte de portance au dégel de fondations de routes

### Dispositif d'essais en vraie grandeur



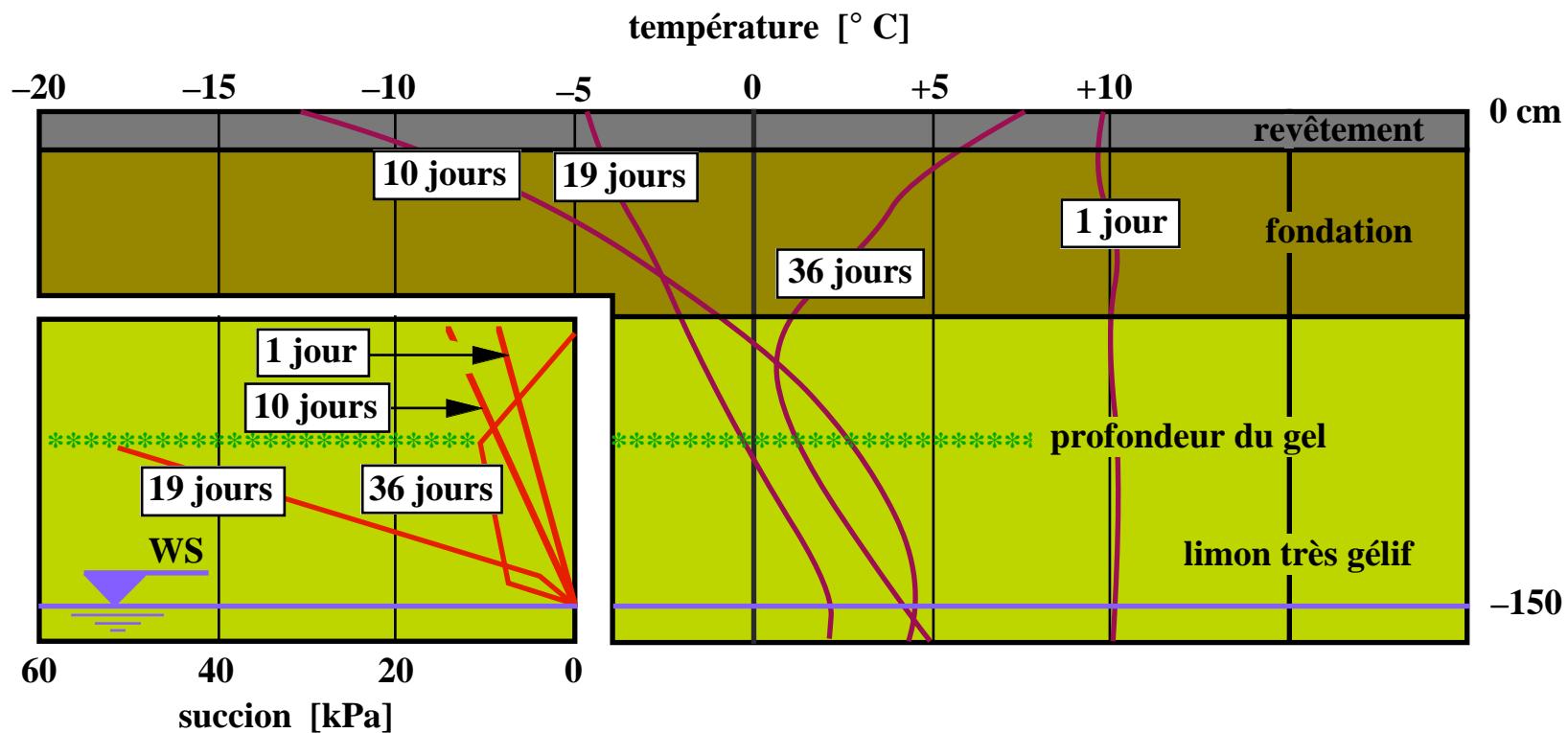
# Perte de portance au dégel de fondations de routes

## Température, gonflement et déflexion (exemple)



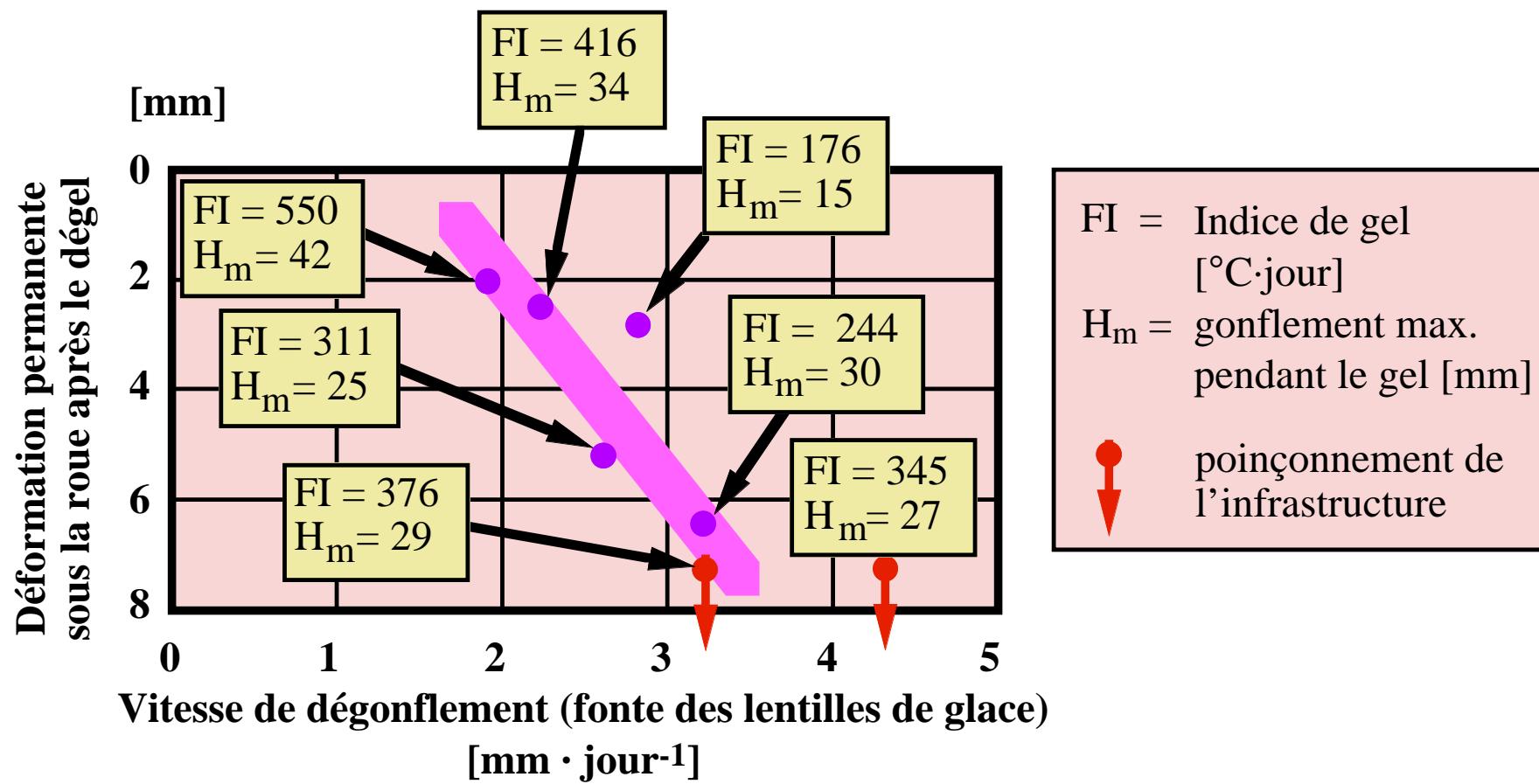
# Perte de portance au dégel de fondations de routes

## Succion (exemple)



## Perte de portance au dégel de fondations de routes

### Influence de la vitesse du dégel sur la capacité portante



## Perte de portance au dégel de fondations de routes

---

### Destruction d'une route par perte de portance au dégel (Hiver 1962-63)



## Perte de portance au dégel de fondations de routes

### Simple modélisation numérique

**Equation de Fourier :** 
$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q^B$$

**Conditions aux limites :**  $T|_{S1} = T_e$        $k_n \frac{\partial T}{\partial n}|_{S2} = q^S$

température  
de l'air

- radiations solaires  
- convection  
- évaporation  
- etc.

$T =$  température

$k = f(T) =$  conductivité thermique

$q_B =$  chaleur générée par unité de volume =  $C \frac{\partial T}{\partial t}$

$C =$  capacité thermique volumique

$t =$  temps

$T_e$  = température de l'environnement sur la surface S1

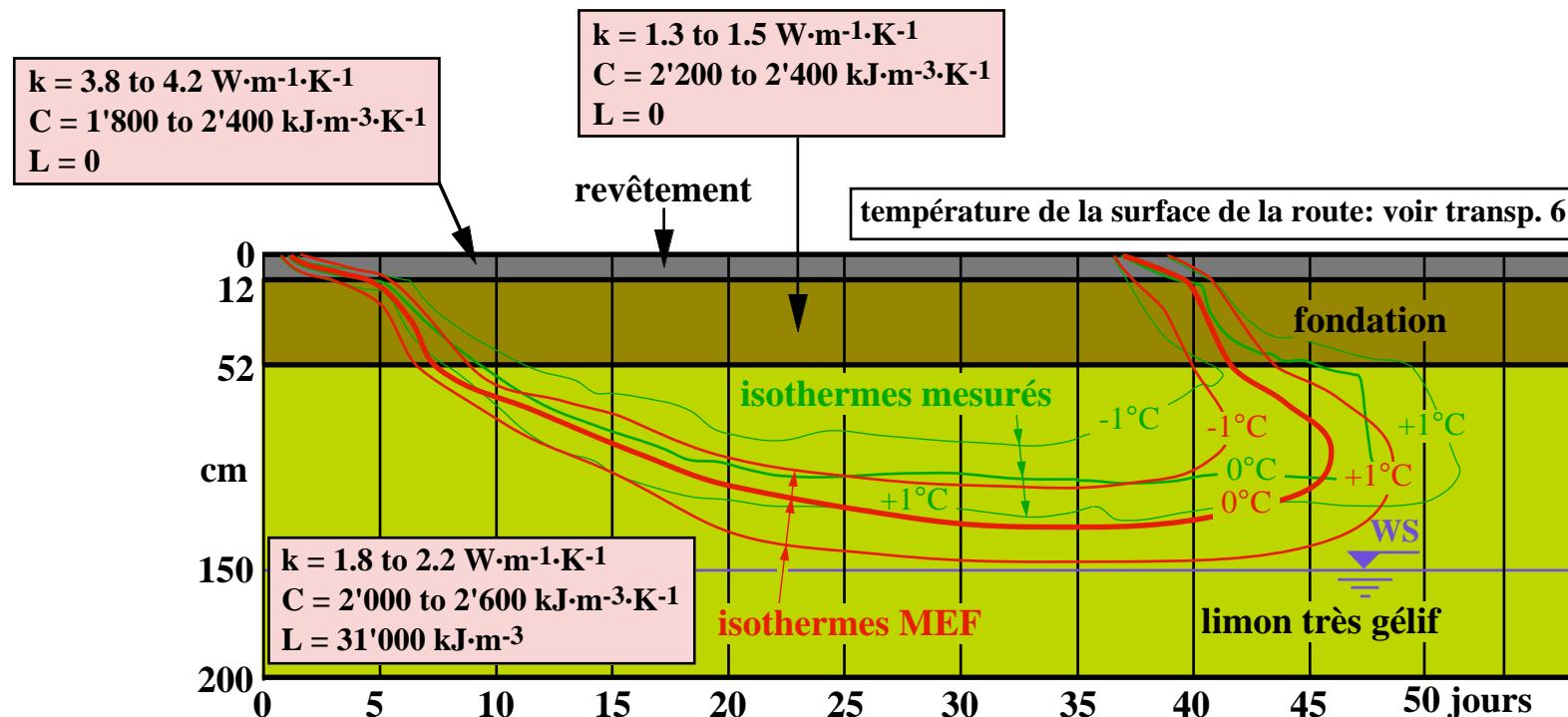
$q_S$  = flux thermique entrant sur la surface S2 (flux thermique concentré, convection, radiation solaire)

$k_n$  = conductivité thermique normale à la surface

La chaleur latente de fusion de la glace  $L$  est introduite par une relation spéciale  $C = f(T)$  autour de  $0^\circ C$ .

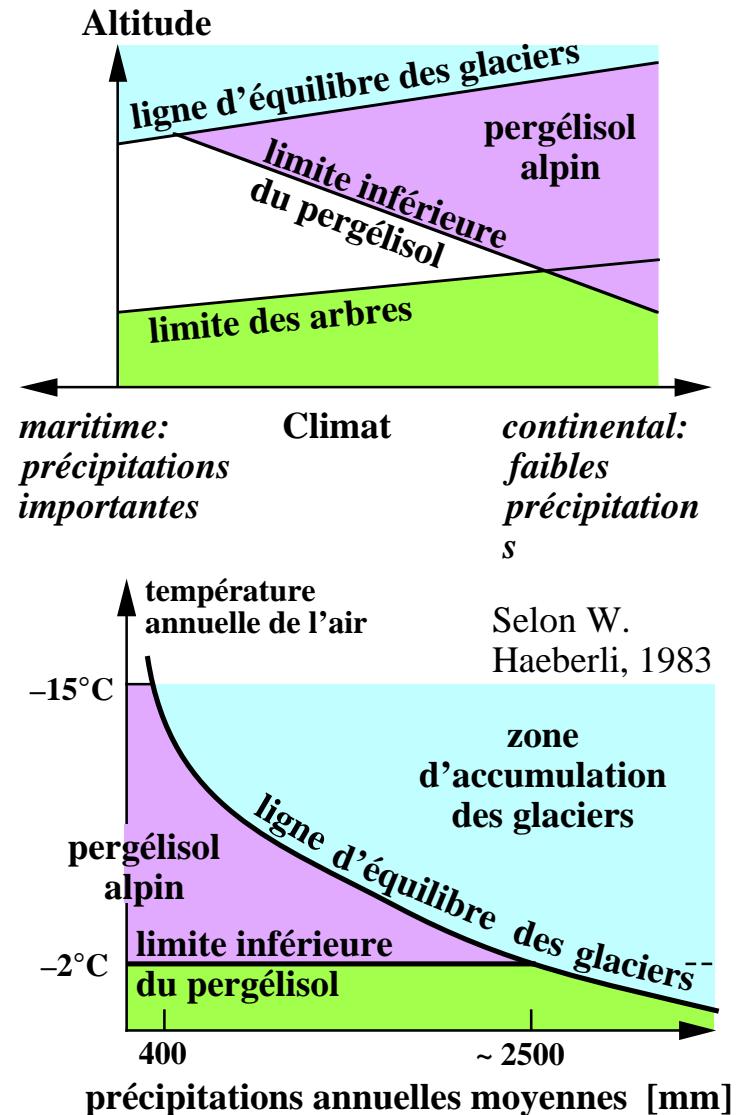
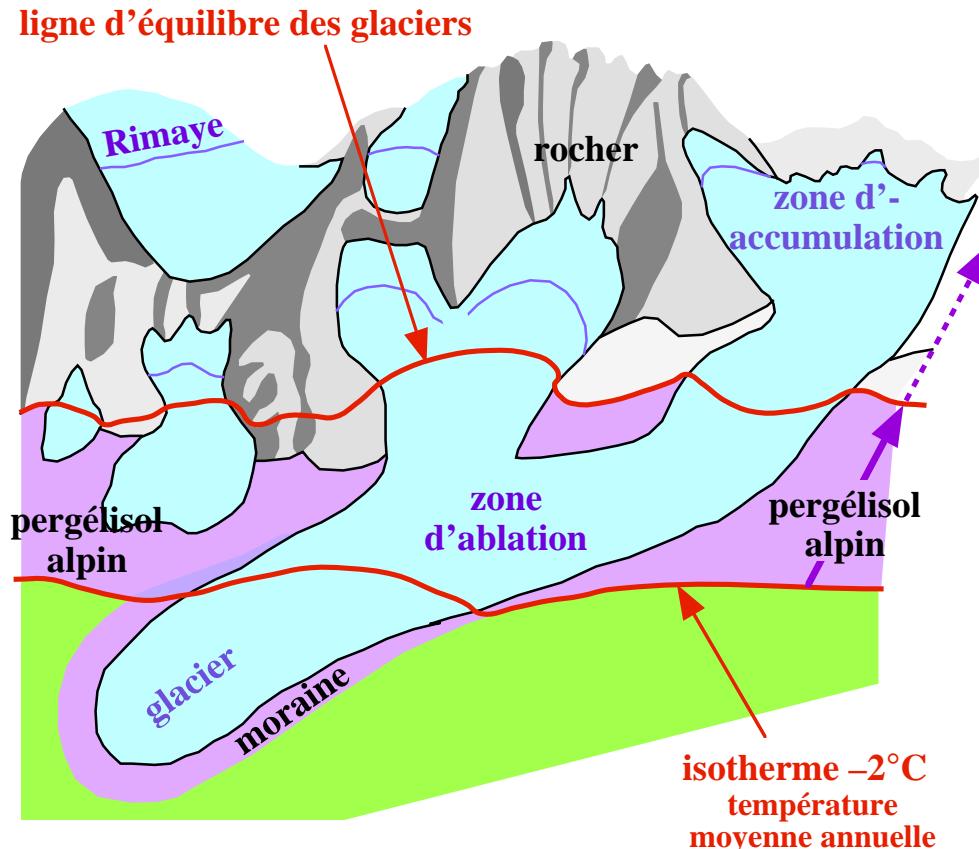
## Perte de portance au dégel de fondations de routes

### Réultats de la modélisation numérique



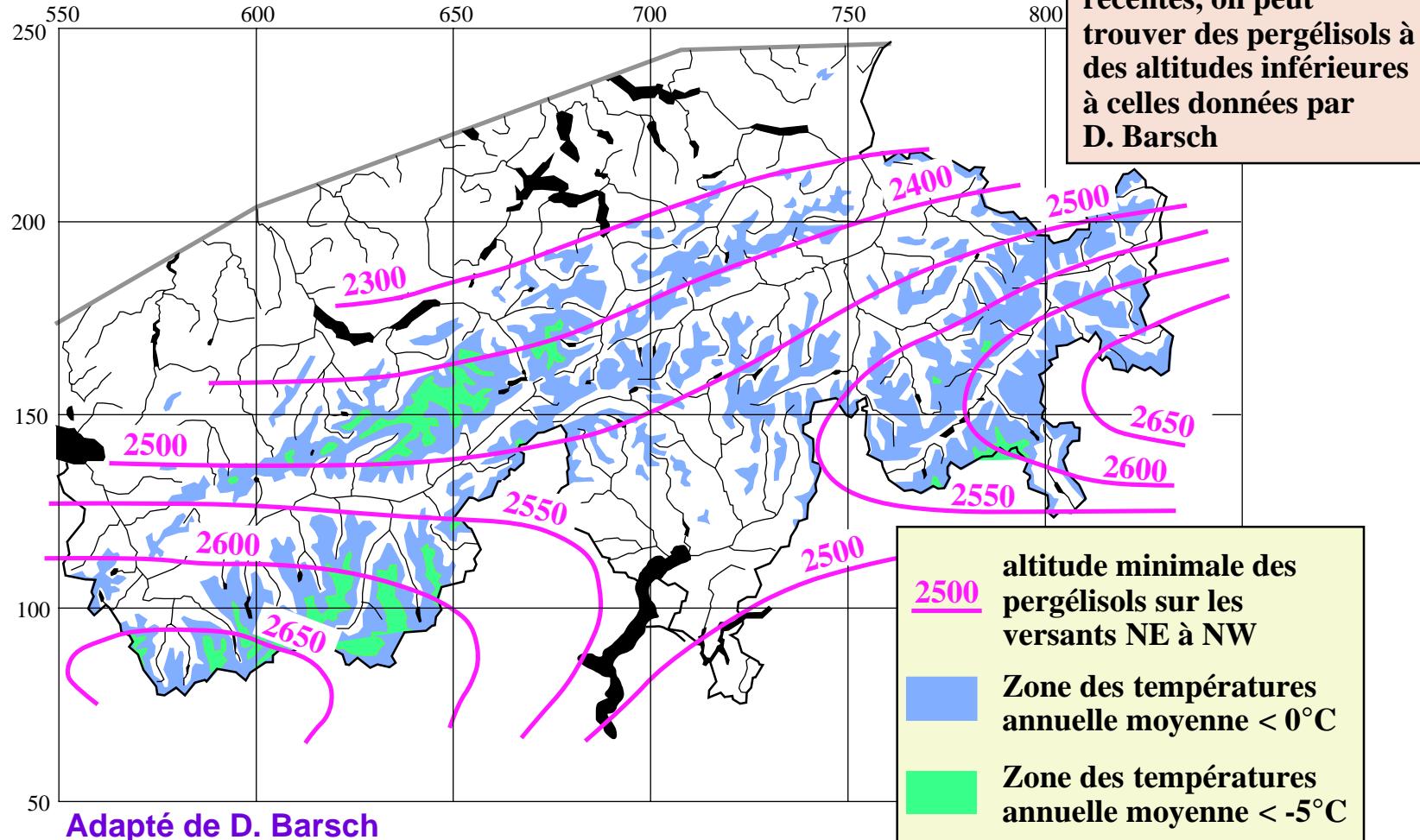
# Laves torrentielles dans les pergélisol alpins soumis au réchauffement du climat

## Limites des pergélisols alpins



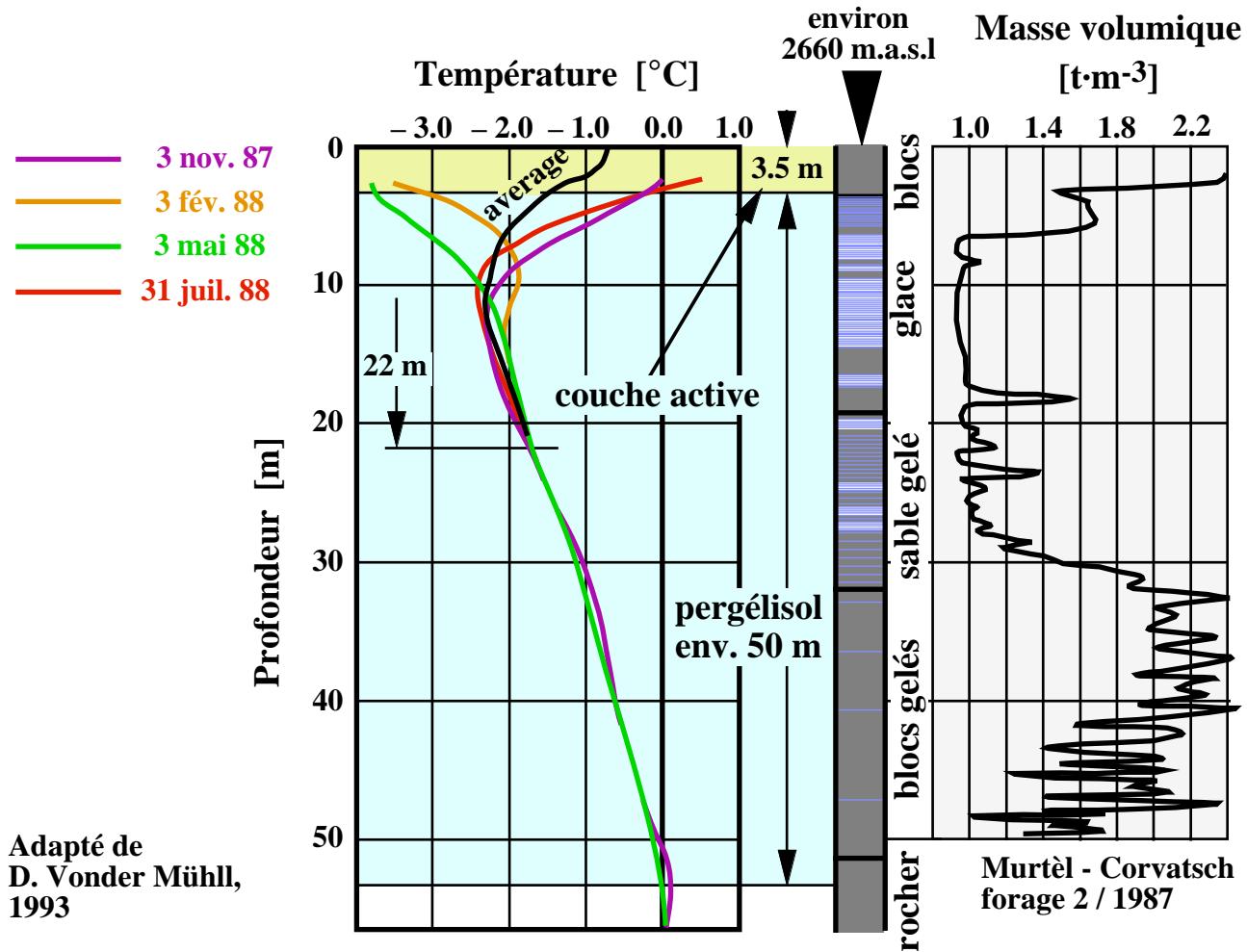
# Laves torrentielles dans les pergélisol alpins soumis au réchauffement du climat

## Pergélisol alpins en Suisse



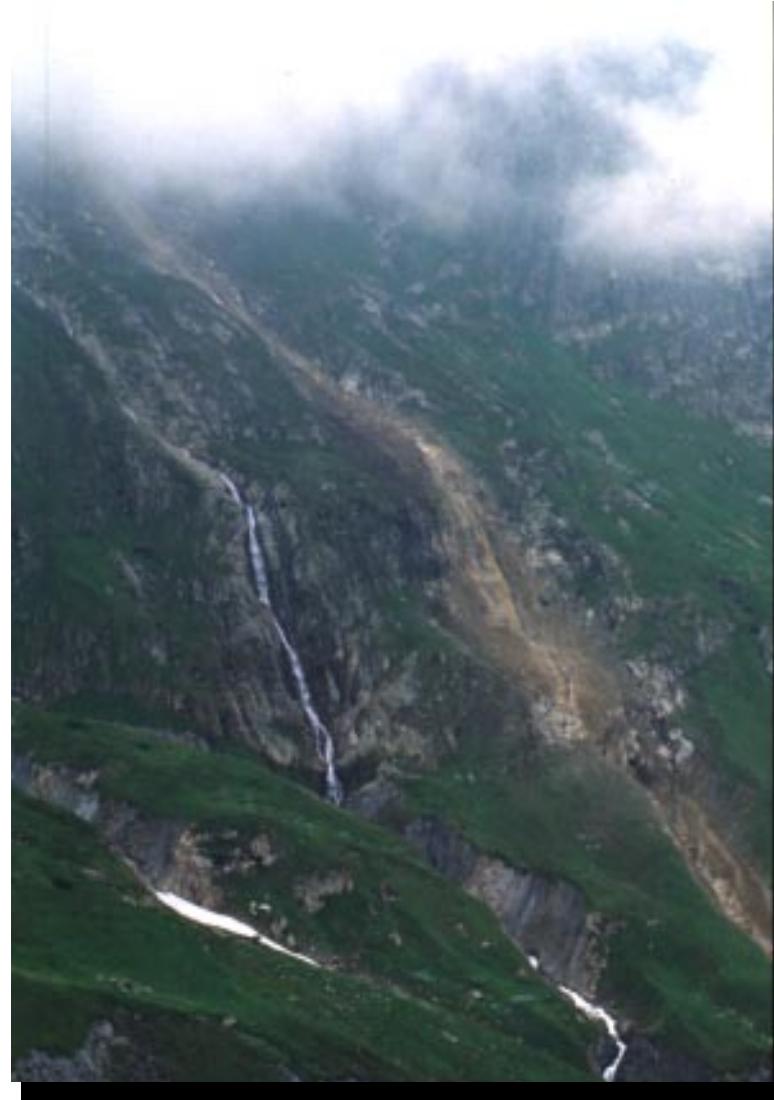
# Laves torrentielles dans les pergélisols alpins soumis au réchauffement du climat

## Température et glace dans les pergélisols alpins



## Laves torrentielles dans les pergélisol alpins soumis au réchauffement du climat

**Laves torrentielles  
provenant de la fonte  
d'un pergélisol alpin:  
Moraine du glacier du  
Dolent pendant la  
débâcle, 10.07.1990**



## Laves torrentielles dans les pergélisol alpins soumis au réchauffement du climat

---

**Laves torrentielles provenant de la fonte  
d'un pergélisol alpin.**

**Partie supérieure: niche d'arrachement, env. 2700 m.s.m**



## Laves torrentielles dans les pergélisol alpins soumis au réchauffement du climat

**Laves torrentielles provenant de la fonte  
d'un pergélisol alpin.  
Partie inférieure, env. 1600 m.s.m**



## Modélisation numérique

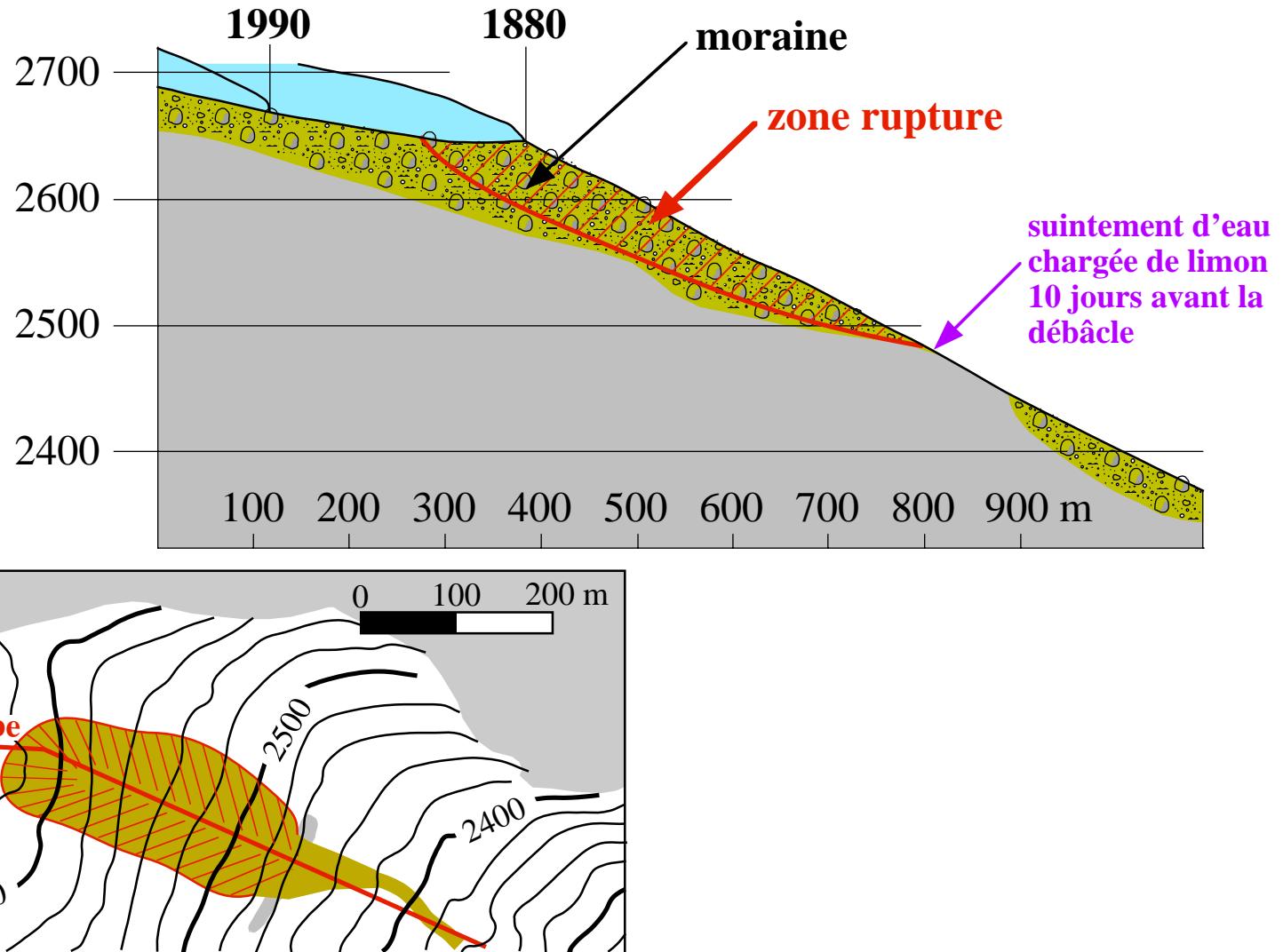
**Equation et conditions aux limites : les mêmes que pour la route**

### Problème des conditions aux limites: températures de la surface du sol

- Doivent être connues pendant 500 à 1000 ans
- Deux solutions:
  - Faire différentes hypothèses pour la température sous la couche de neige (BTS) en automne, hiver et printemps, et pour la température de la surface en été, notamment en considérant l'effet de la radiation solaire.
  - Utiliser la température de l'air et introduire les effets de la couche de neige, de la radiation solaire et de la convection.

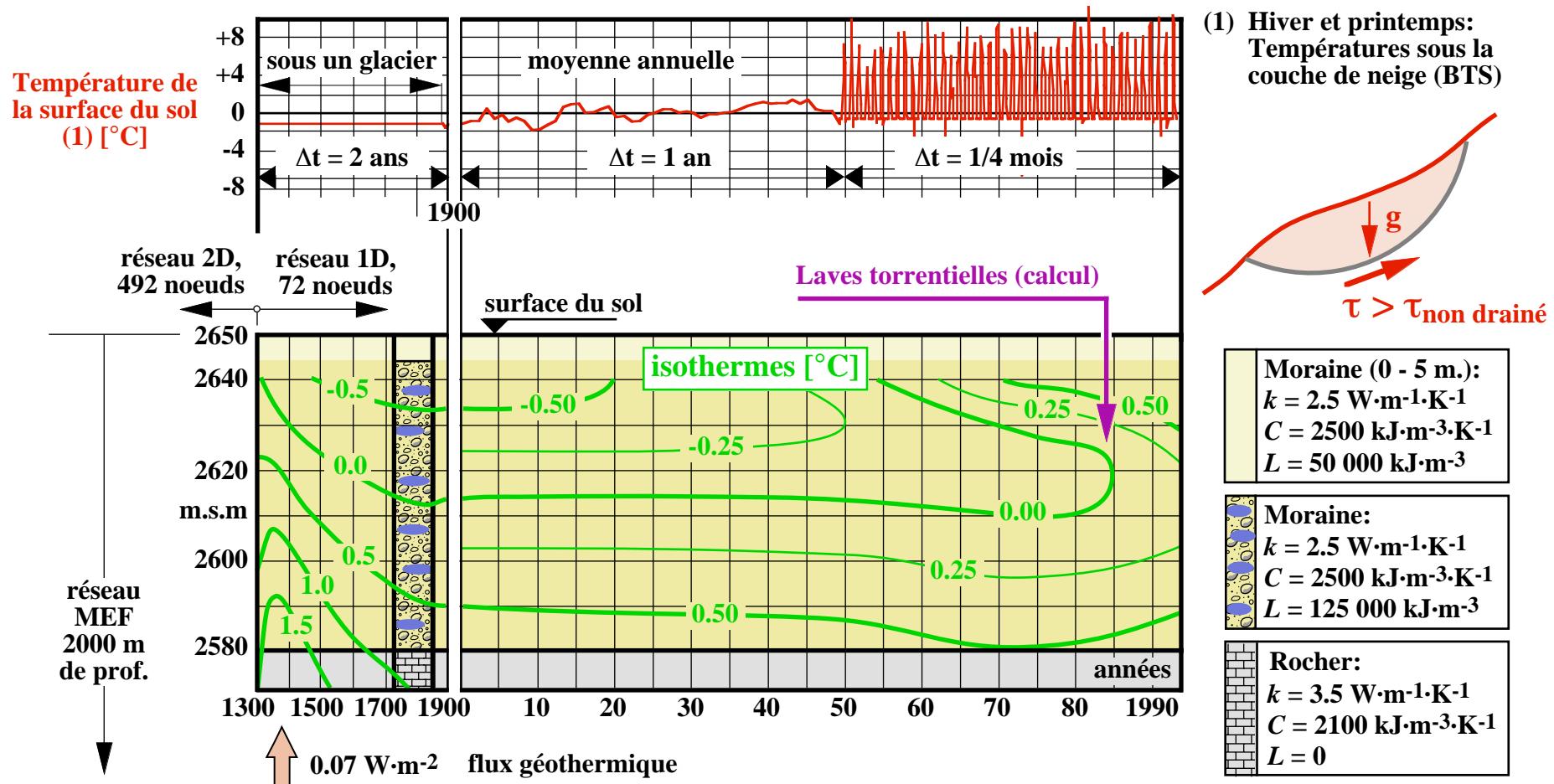
## Laves torrentielles dans les pergélisol alpins soumis au réchauffement du climat

### Coupe et plan



# Laves torrentielles dans les pergélisol alpins soumis au réchauffement du climat

## Résultats de la modélisation numérique



## Conclusion

---

- L'utilisation de connaissances bien établies d'un domaine scientifique ou technique peut expliquer des phénomènes qui sont encore mal connus dans d'autres domaines.
- Un très classique modèle numérique peut expliquer l'activation de laves torrentielles dans les pergélisols alpins soumis au réchauffement du climat. La fermeture rapide de l'isotherme 0° C, qui est due à la chaleur latente de fusion de la glace, est la clé de cette explication.
- Cependant, dans cette analyse, la détermination de la température de la surface du sol (l'input) est difficile à résoudre.

# Merci pour votre attention

---

