
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)

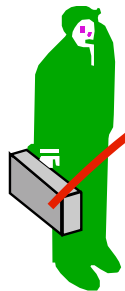
Table des matières

- Introduction
- Perte de portance au dégel des fondations de routes
- Laves torrentielles dans les pergélisols alpins soumis au réchauffement du climat
- Conclusion

Introduction

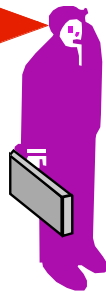
- Une approche multidisciplinaire est souvent la clé des développements scientifiques et techniques
- Dans le domaine de **l'action du gel dans les sols**:

agronome

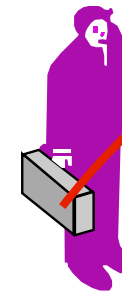


1900 - 1950

ingénieur civil



ingénieur civil



> 1980

Aujourd'hui les
"maîtres" des
pergélisols alpins

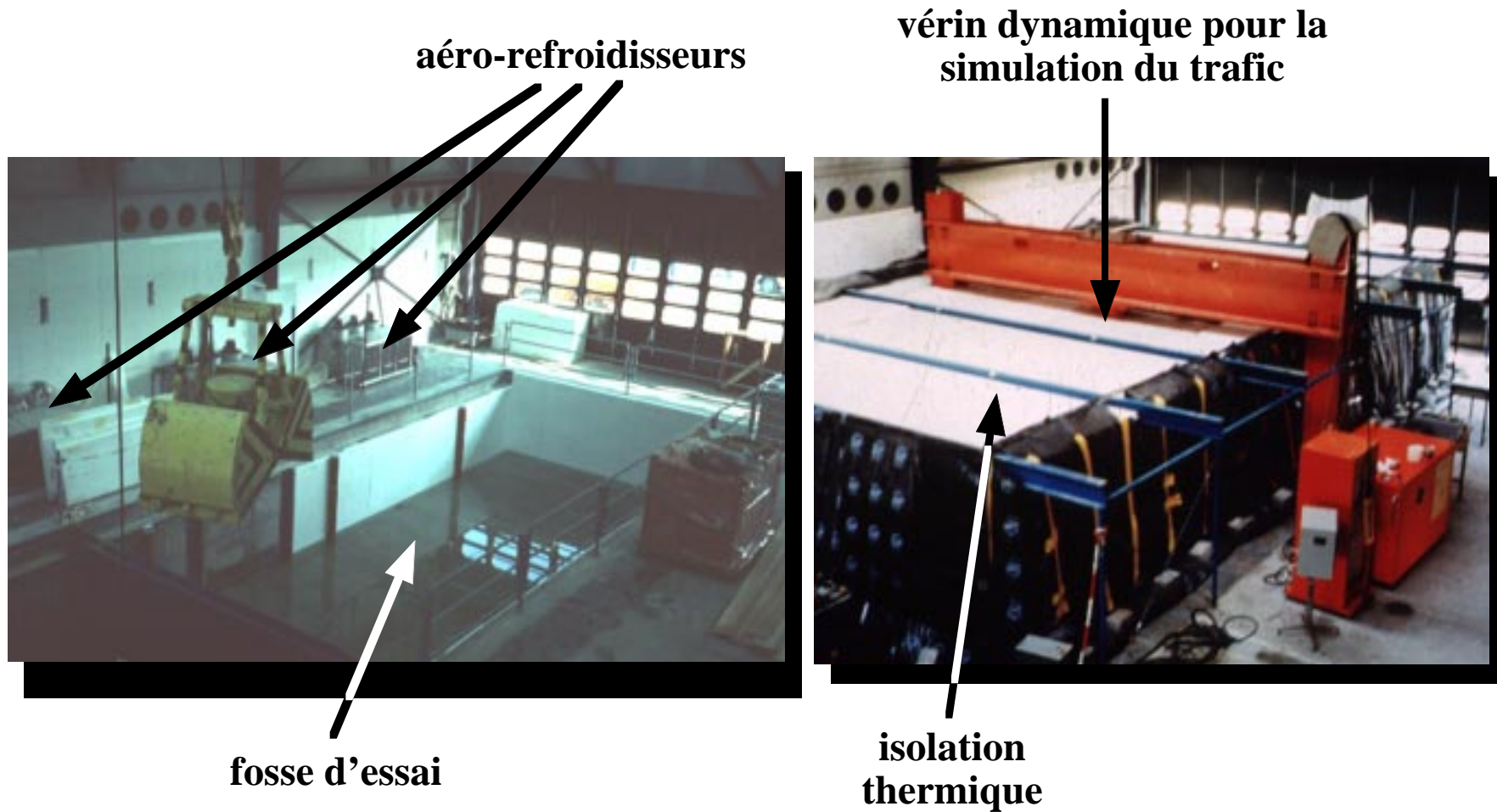
géologue
géographe



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

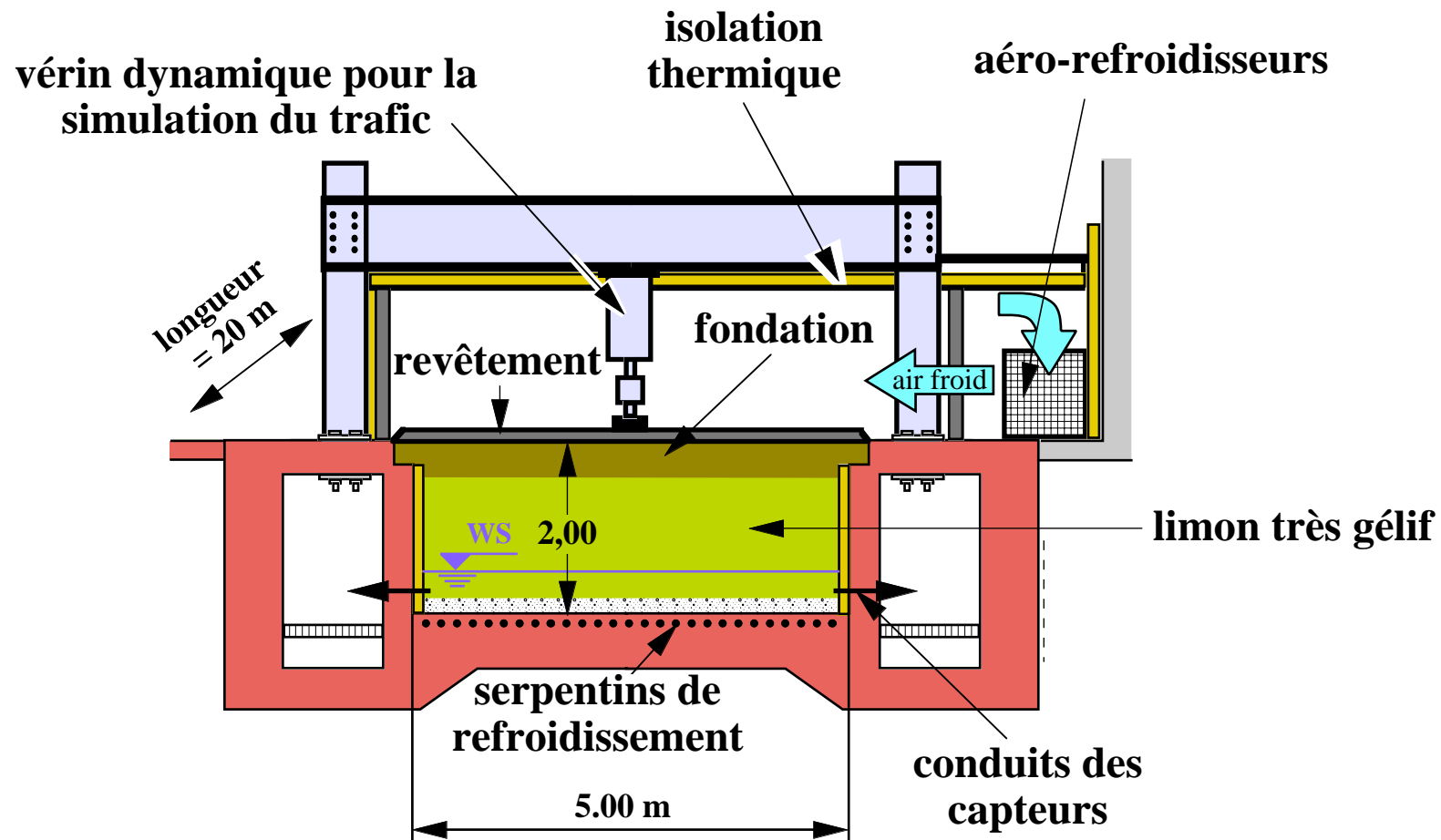
Perte de portance au dégel de fondations de routes

Dispositif d'essais en vraie grandeur



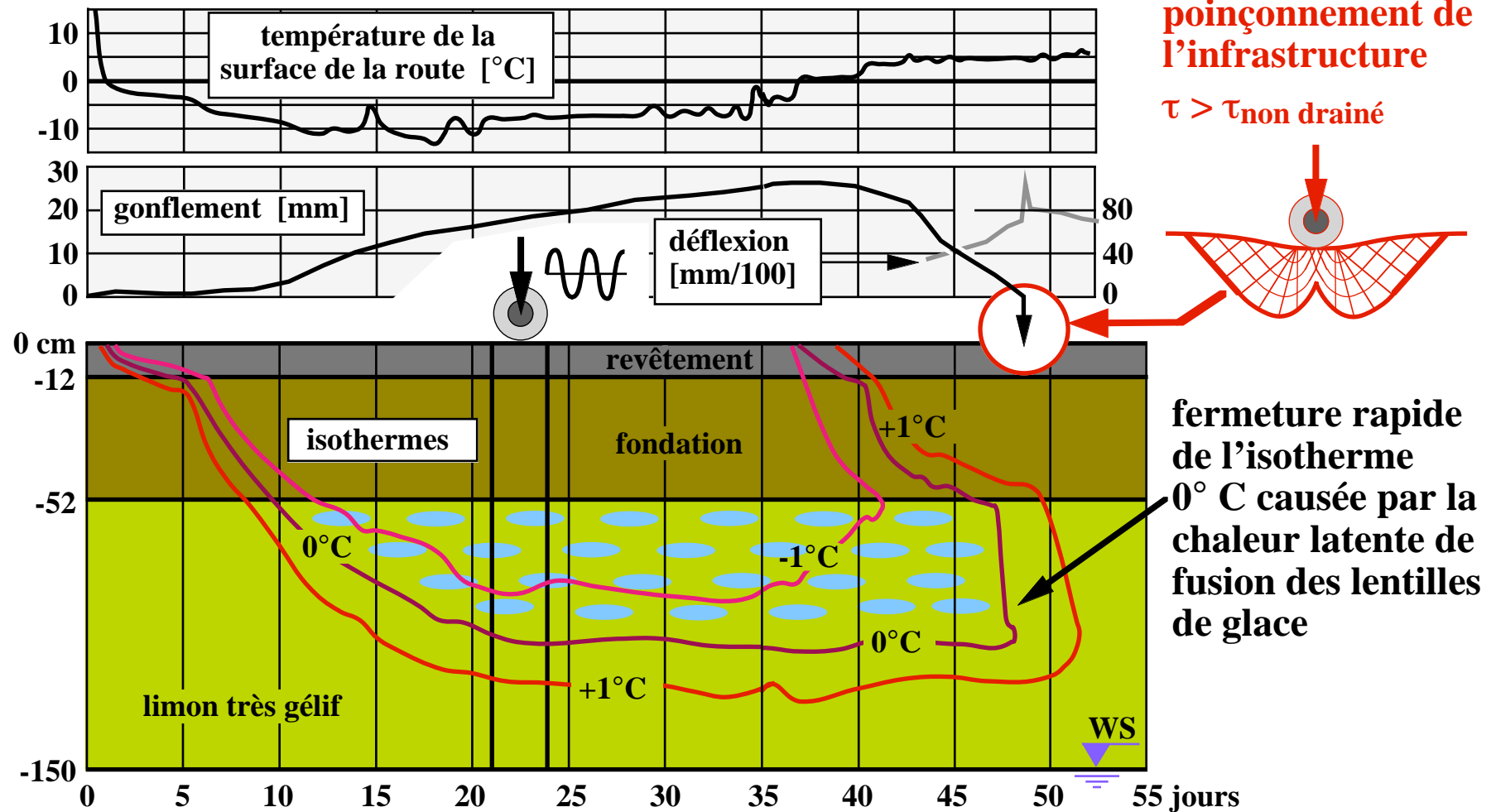
Perte de portance au dégel de fondations de routes

Dispositif d'essais en vraie grandeur



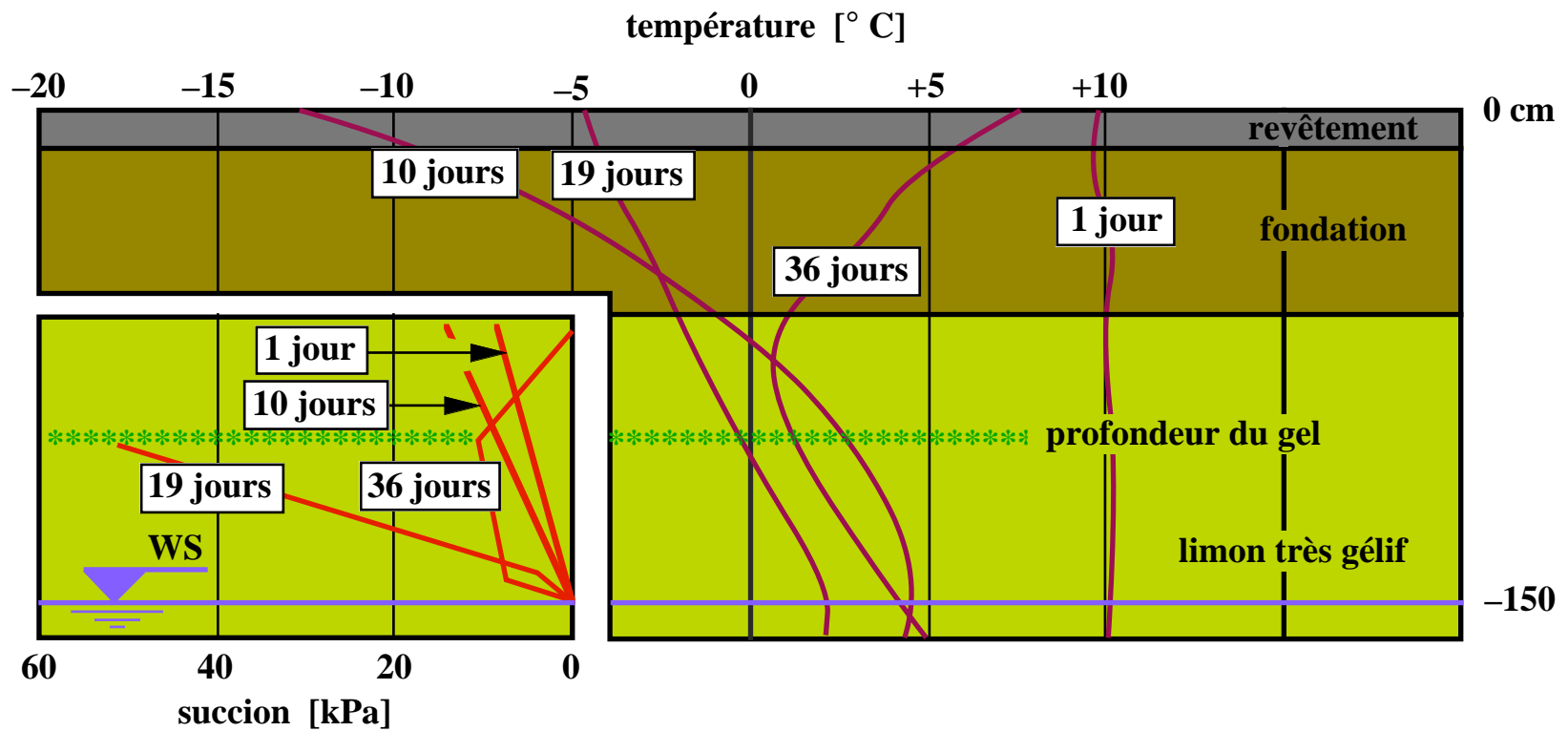
Perte de portance au dégel de fondations de routes

Température, gonflement et déflexion (exemple)



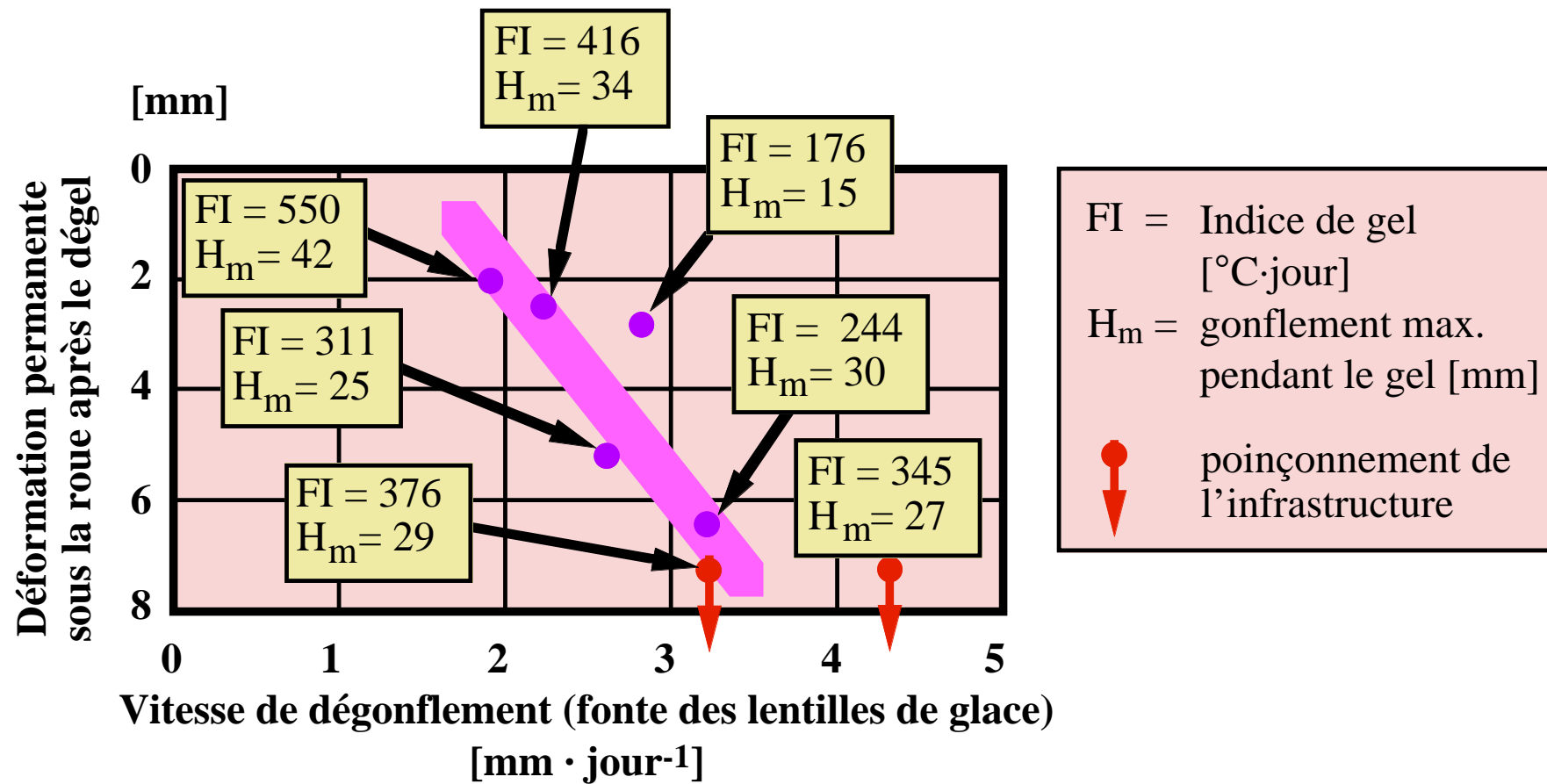
Perte de portance au dégel de fondations de routes

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

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

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

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

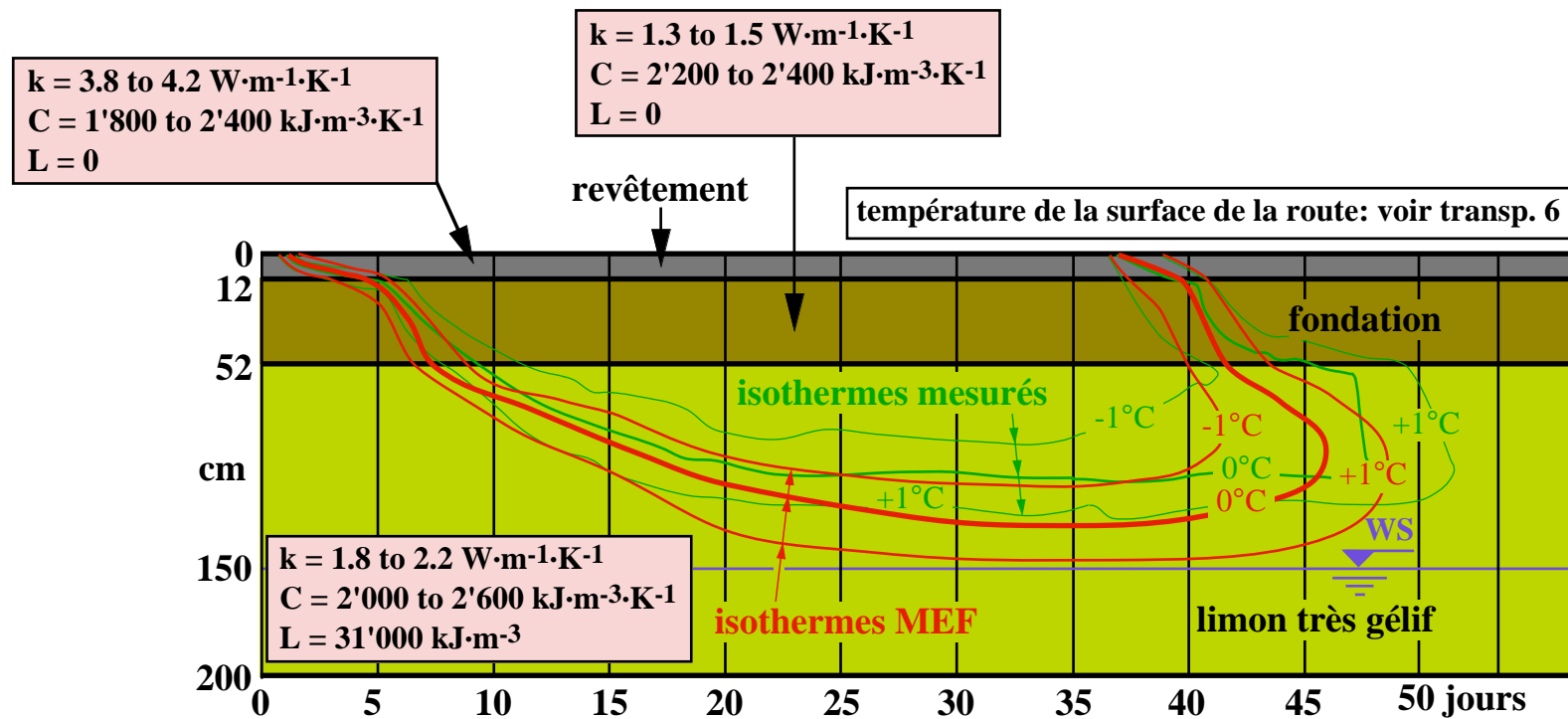
$q_S =$ flux thermique entrant sur la surface S2 (flux thermique concentré, convection, radiation solaire)

$k_n =$ 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°C .

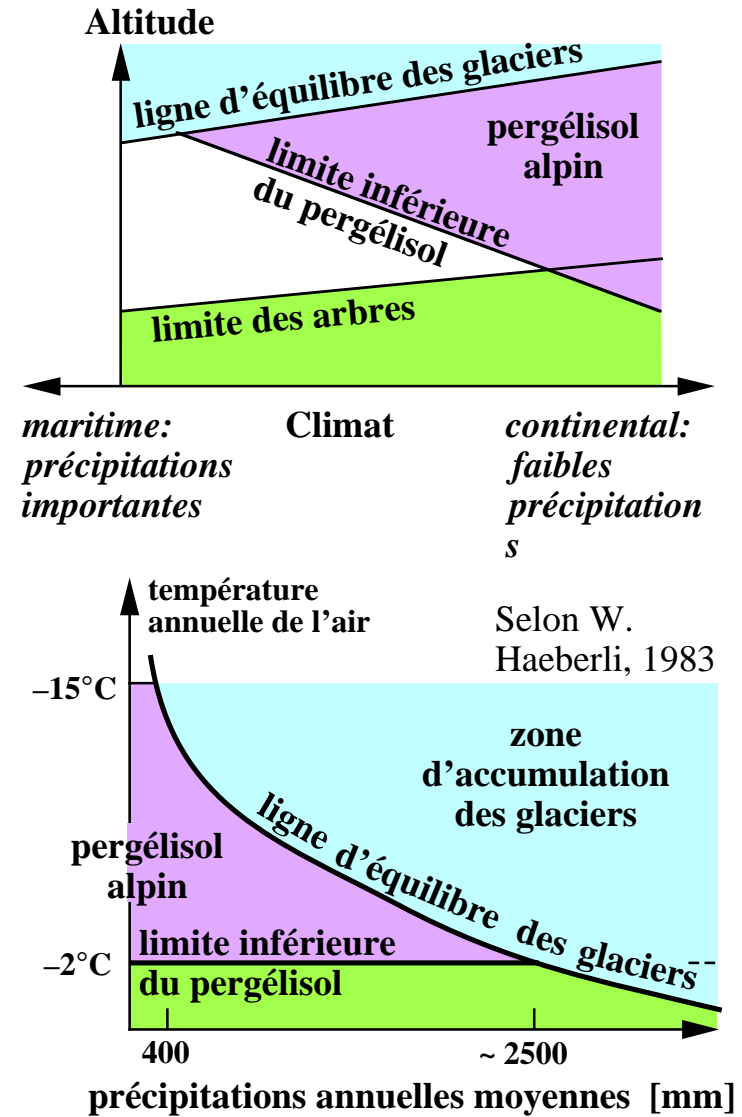
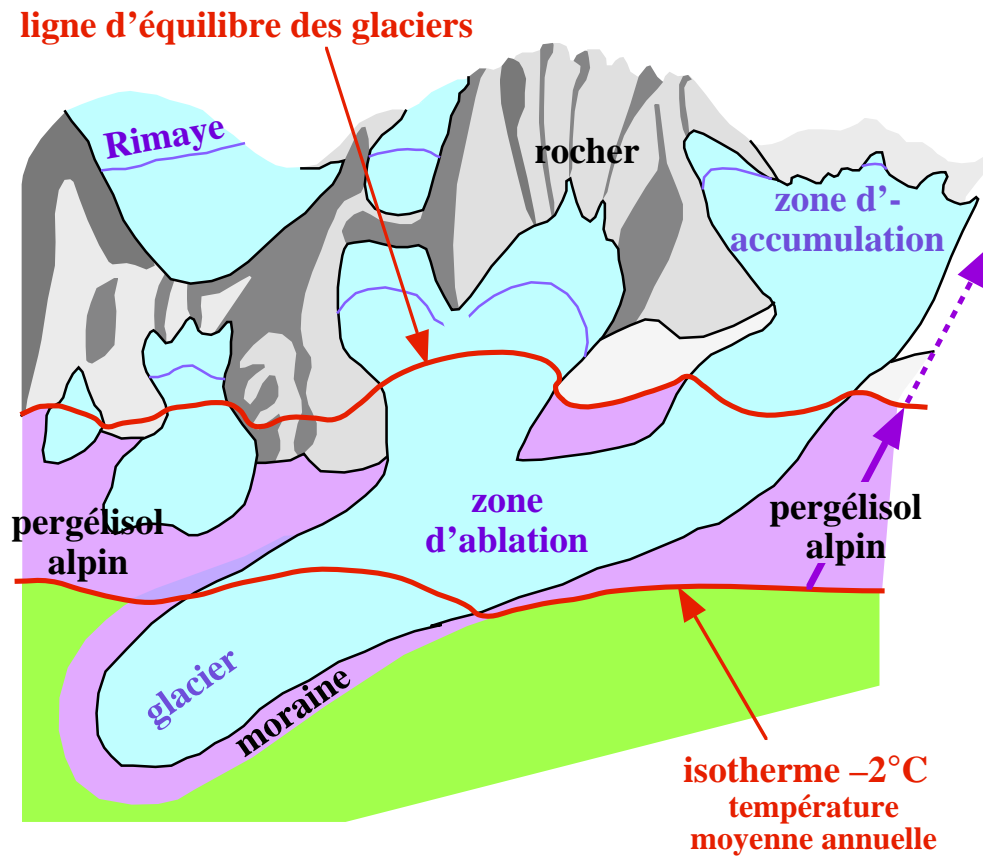
Perte de portance au dégel de fondations de routes

Resultats de la modélisation numérique



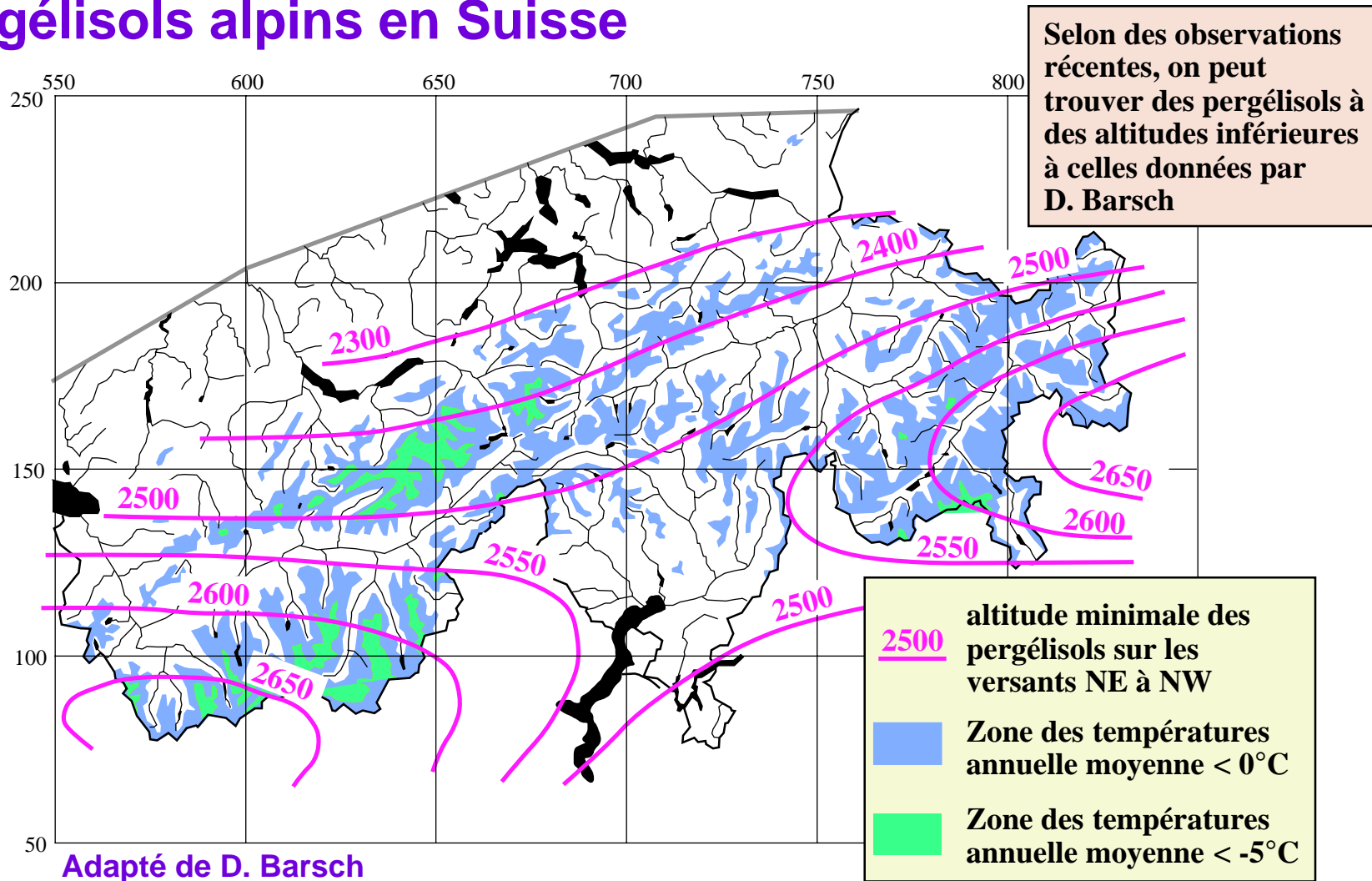
Laves torrentielles dans les pergélisols alpins soumis au réchauffement du climat

Limites des pergélisols alpins



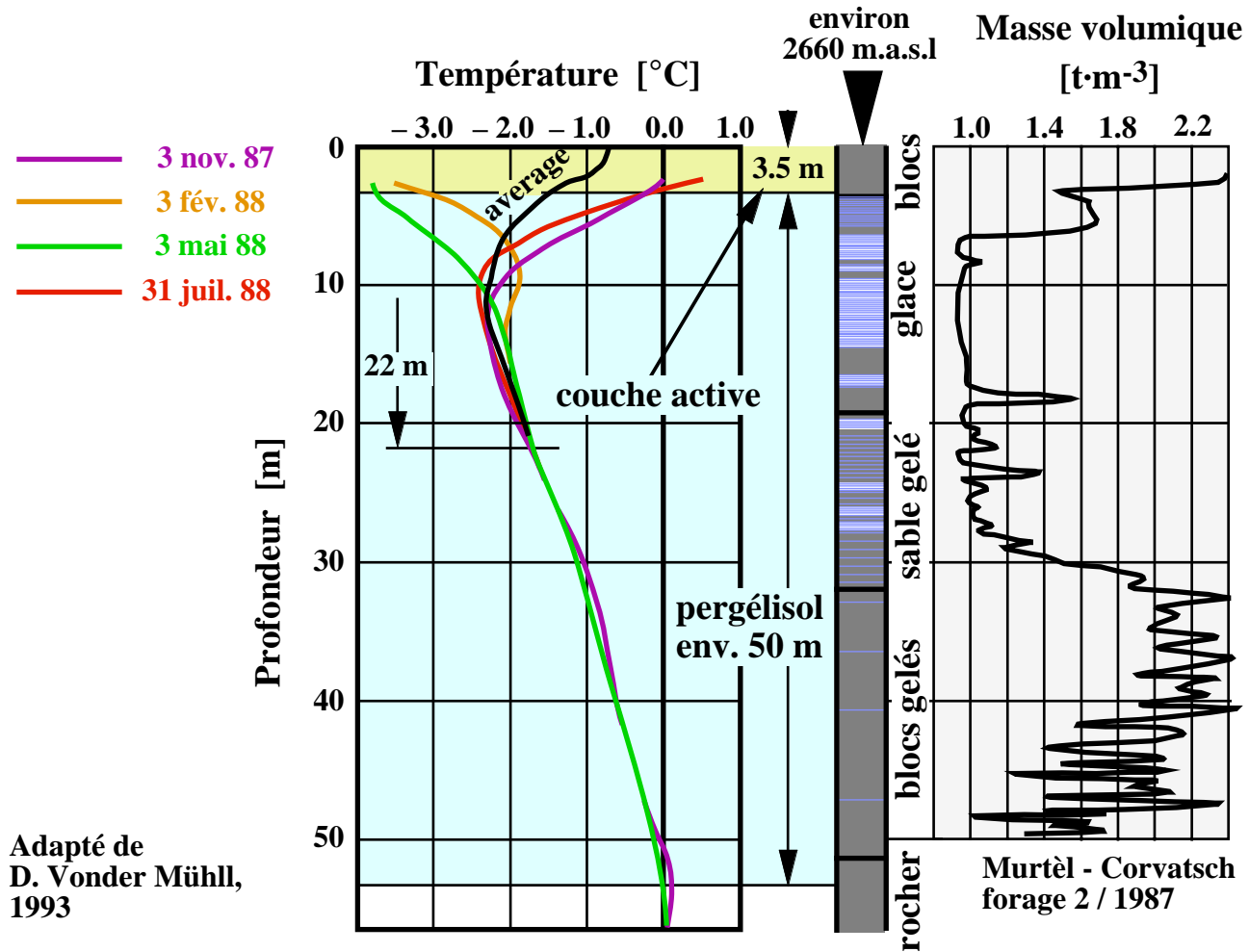
Laves torrentielles dans les pergélisols alpins soumis au réchauffement du climat

Pergélisols alpins en Suisse



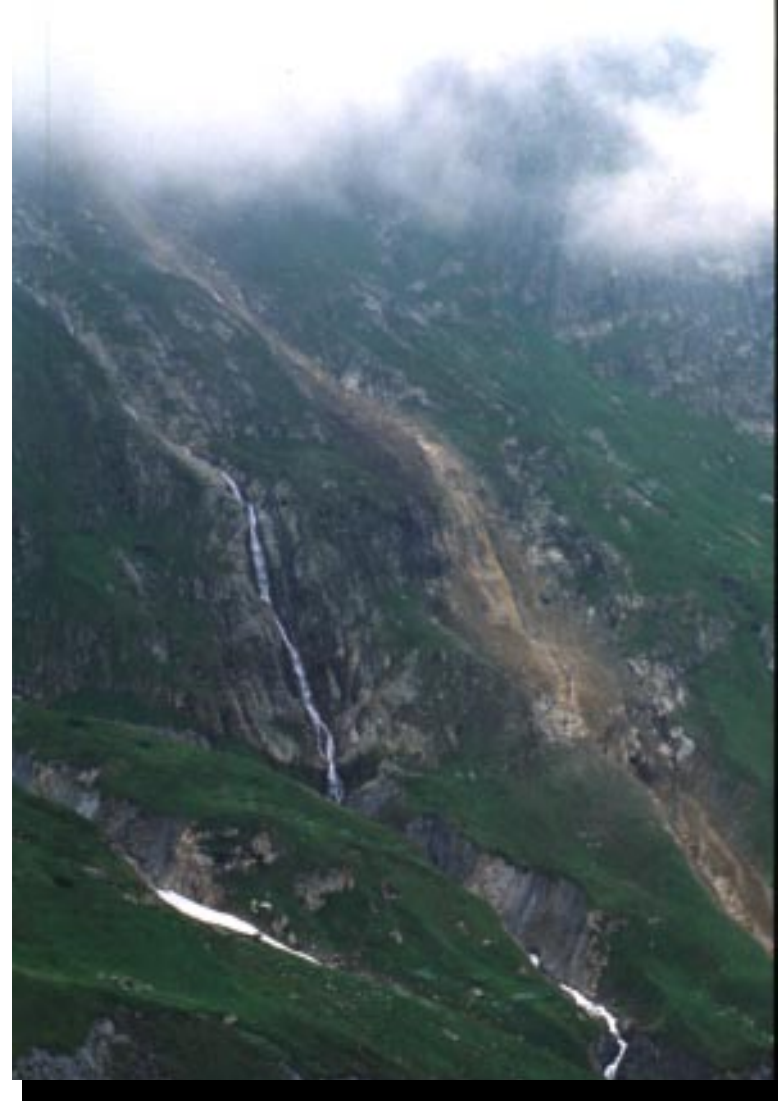
Laves torrentielles dans les pergélisols alpins soumis au réchauffement du climat

Température et glace dans les pergélisols alpins



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

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



Laves torrentielles dans les pergélisols alpins soumis au réchauffement du climat

Modélisation numérique

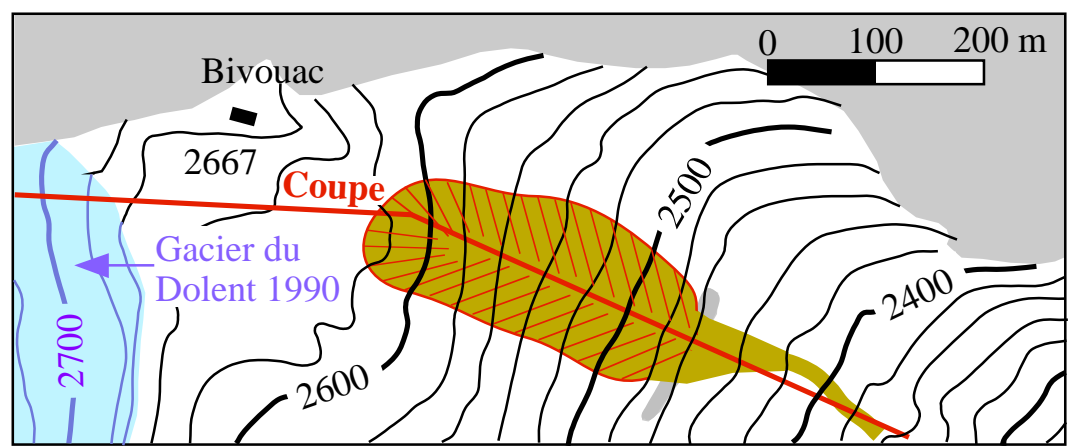
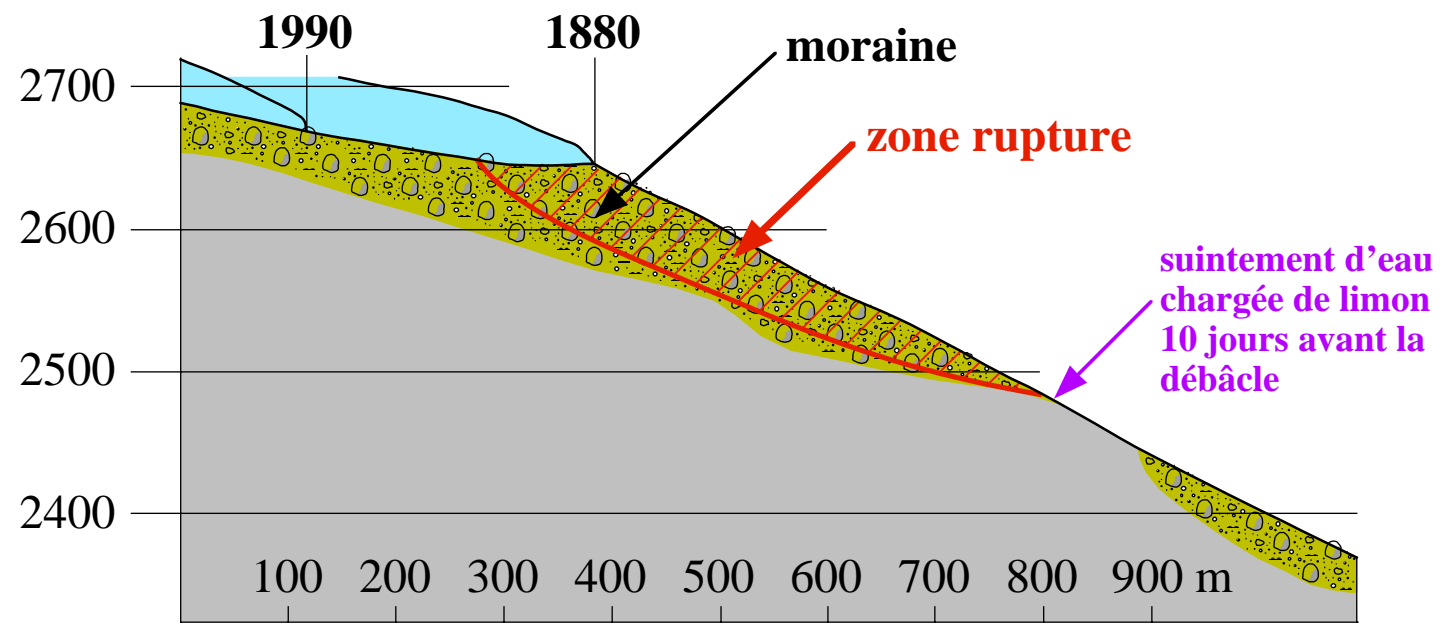
Equation et conditions aux limites : les mêmes que pour la route

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.

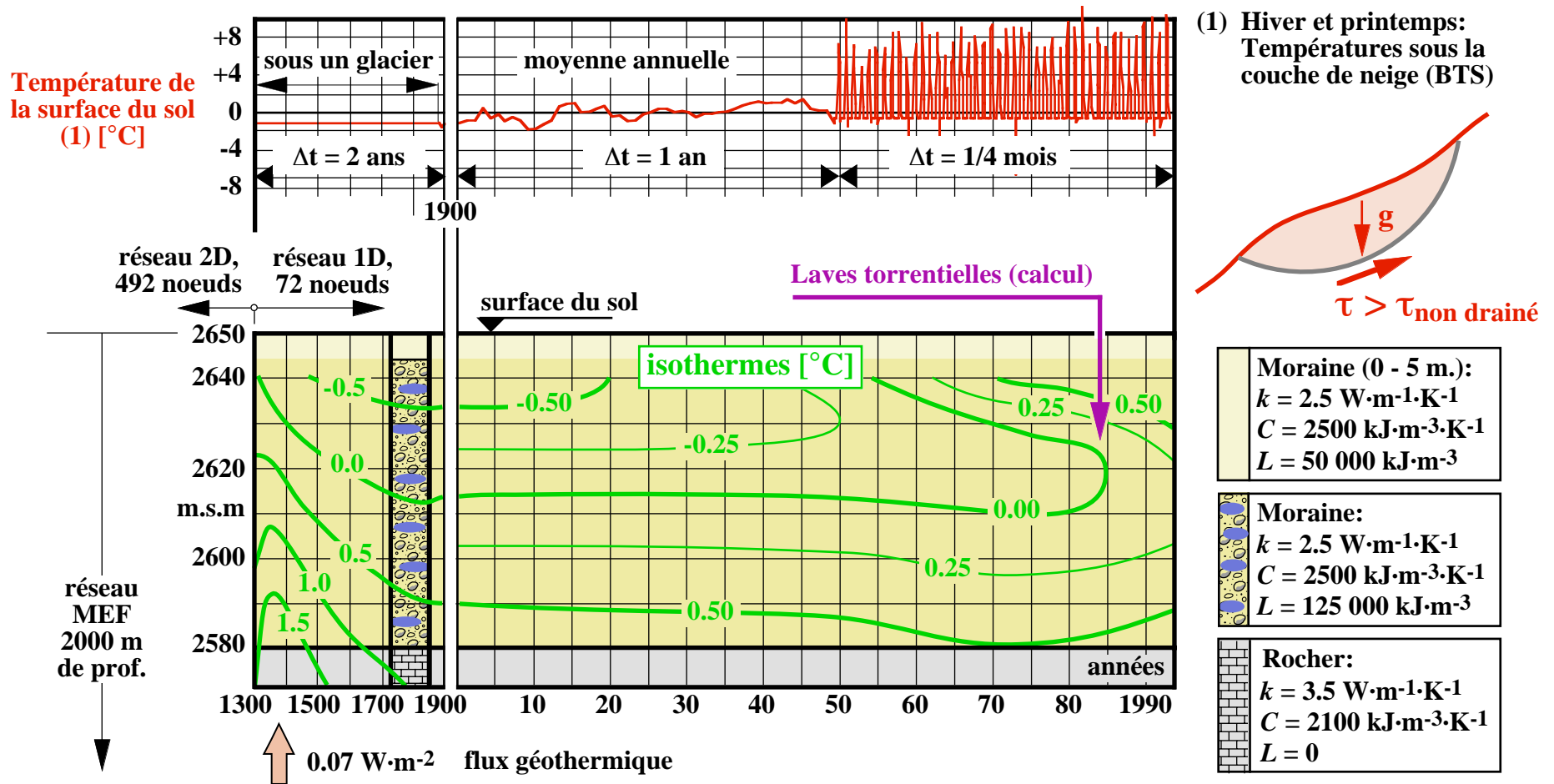
Laves torrentielles dans les pergélisols alpins soumis au réchauffement du climat

Coupe et plan



Laves torrentielles dans les pergélisols 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

