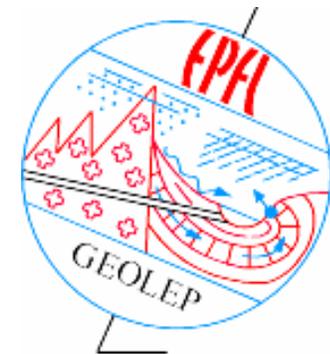




Routes et changement climatique en montagne : un problème chaud à résoudre la tête froide.

Aurèle PARRIAUX

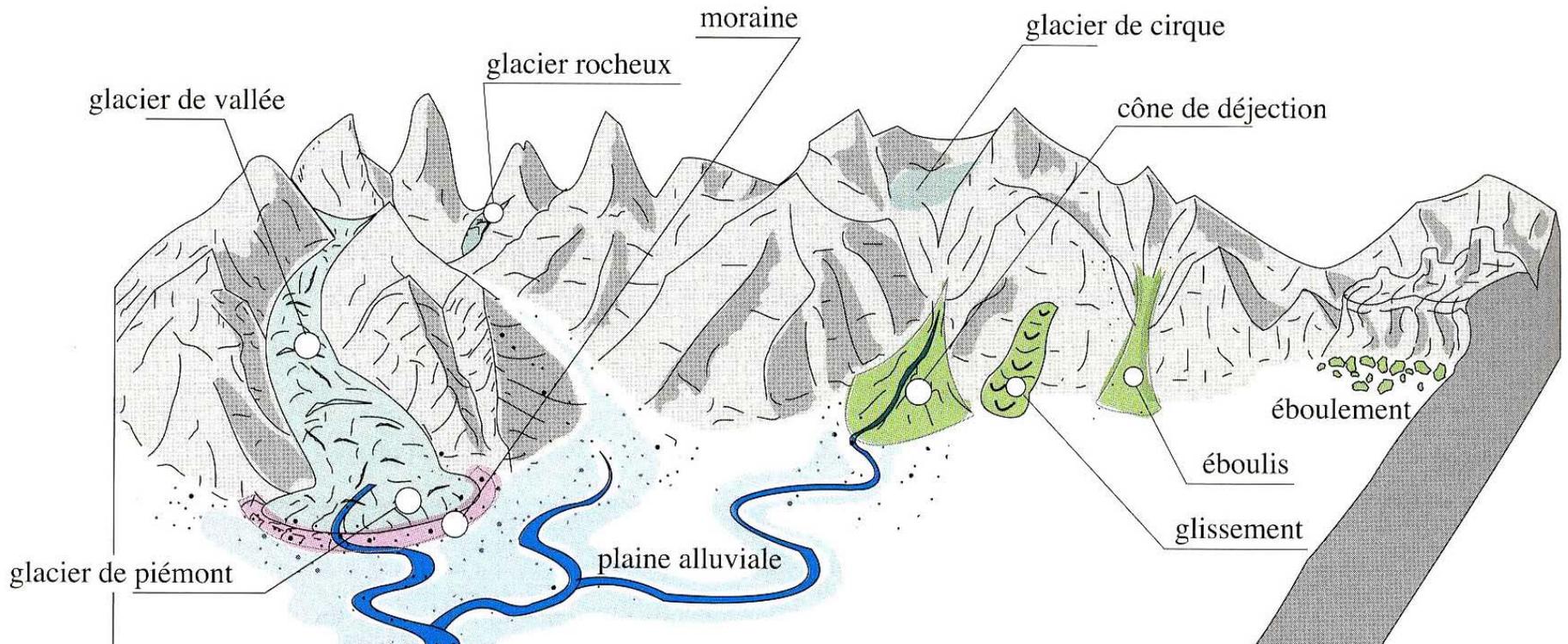
- Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Laboratoire de géologie de l'ingénieur et de l'environnement
- Professeur
- Aurele.parriaux@epfl.ch



Environnement "Montagne"

ENVIRONNEMENT BORÉAL ET POLAIRE

ENVIRONNEMENT DE VERSANT



Pourquoi traiter spécifiquement les régions de montagne ?

Beaucoup de caractéristiques propres :

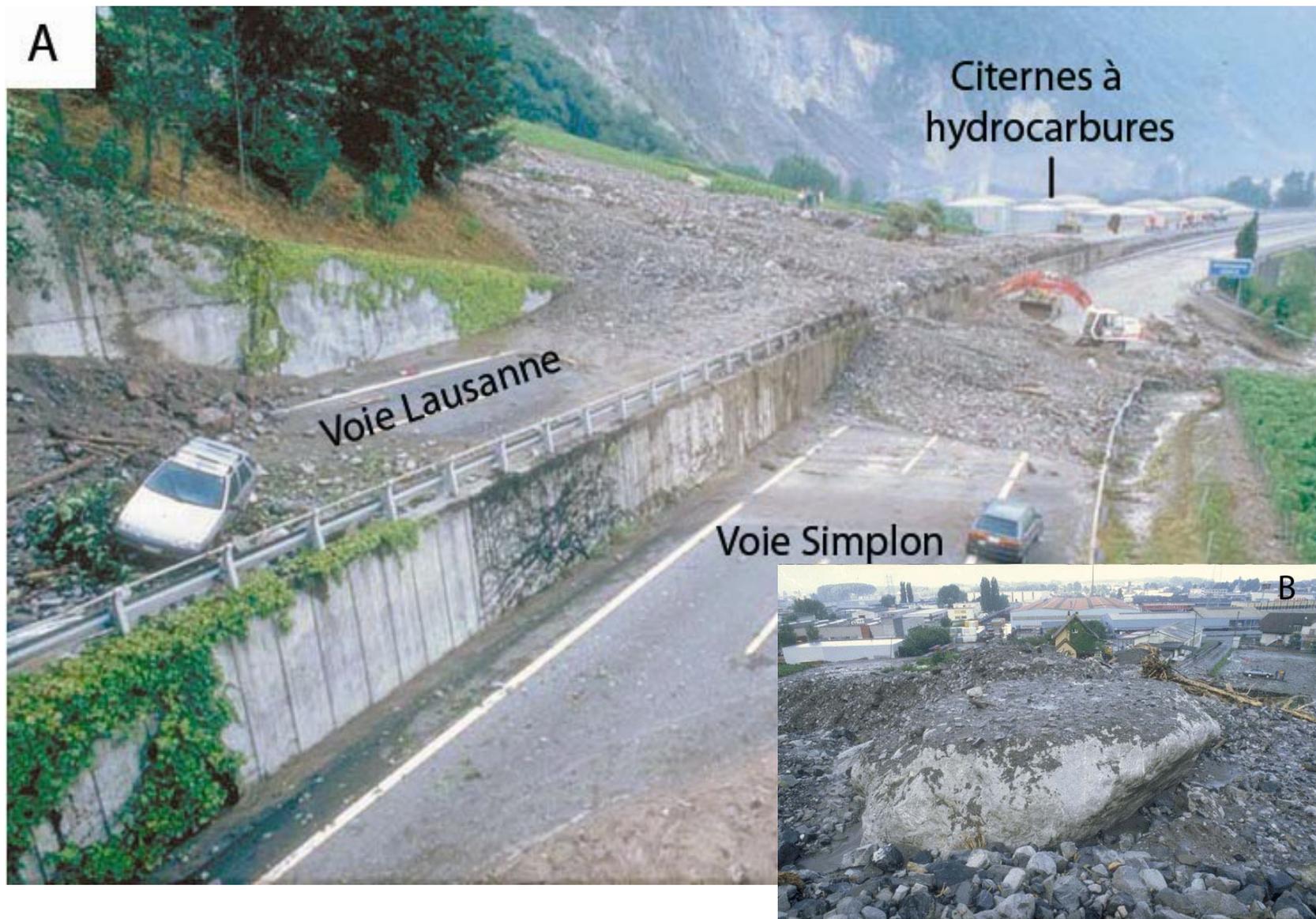
- plus hautes altitudes donc basses températures
- effets topographiques tridimensionnels
- eau liquide et solide
- hétérogénéité de la couverture neigeuse
- microclimats
- géologie complexe
- effet des glaciations du Quaternaire
- érosion active
- pentes en équilibre limite
- activité sismologique importante



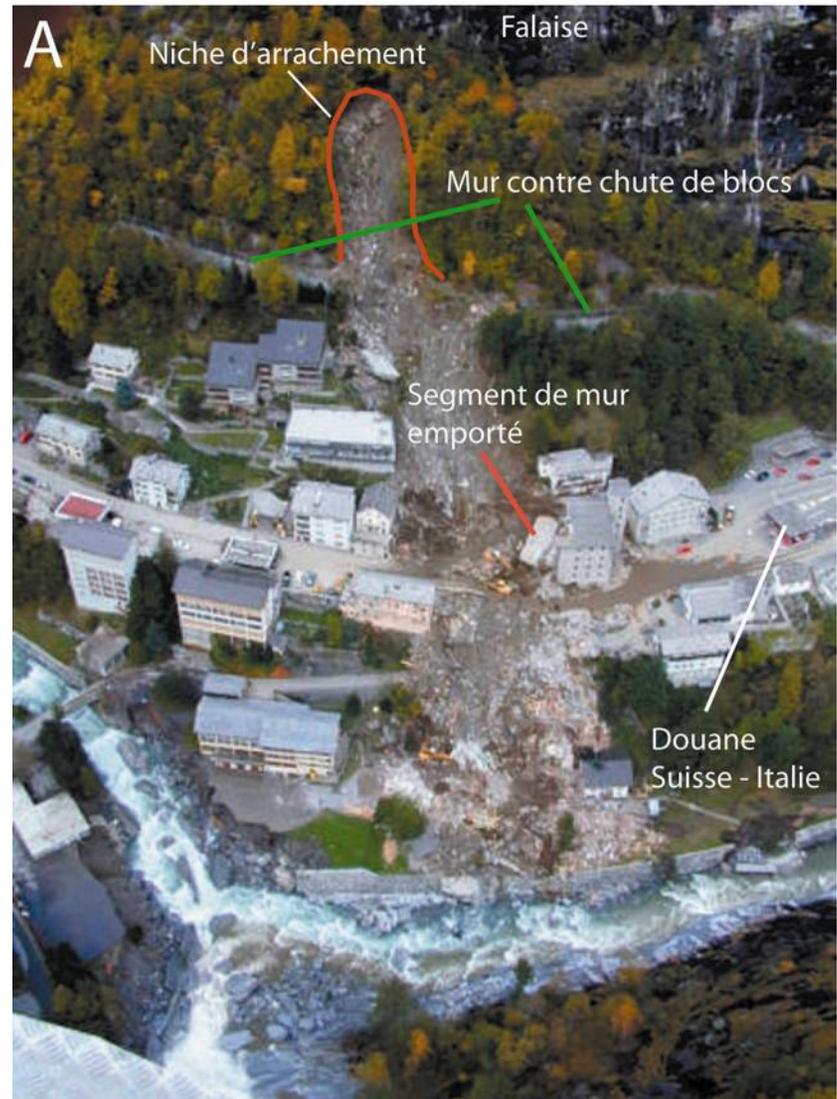
Routes vulnérables

- stabilité fragile
- maintenance difficile
- faible densité du réseau routier
- trafic touristique
- dangers naturels

Risque « Laves torrentielles »



Risque « glissement – coulée »



Risque "éboulement"

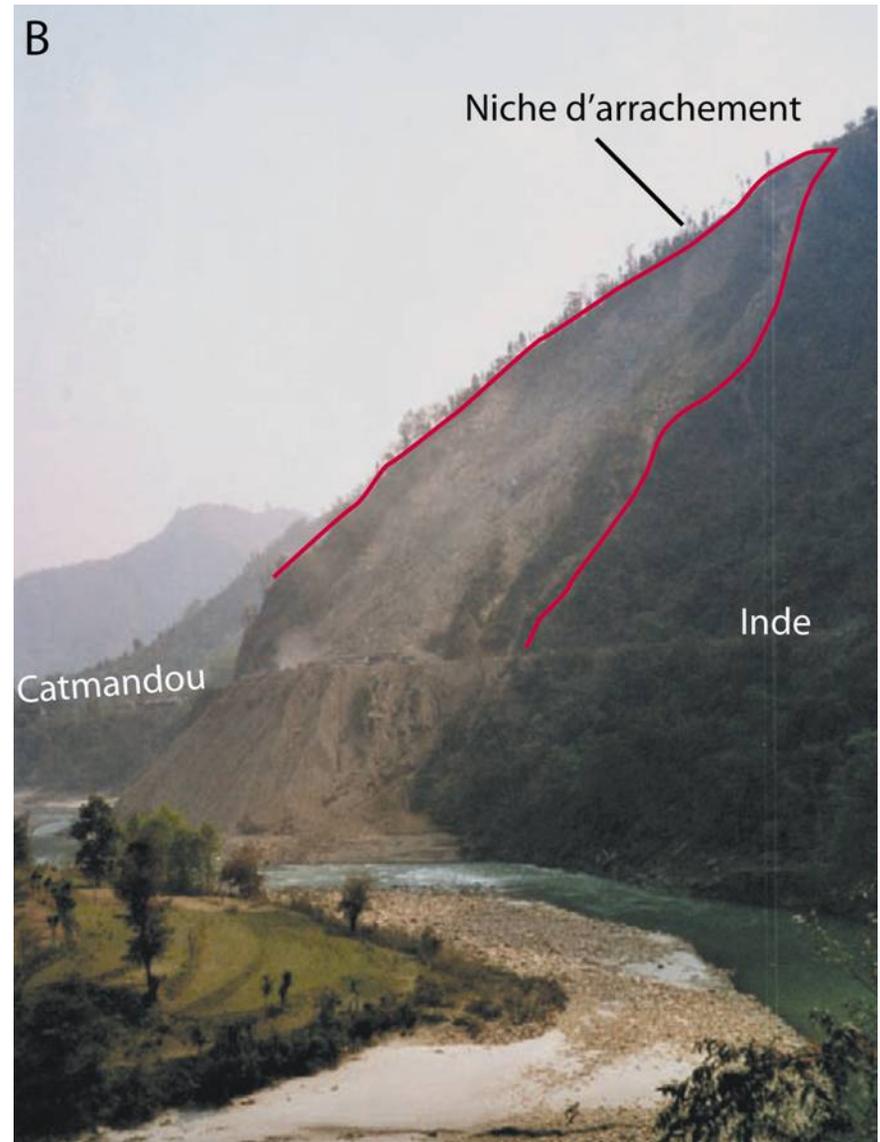


Des Alpes à l'Himalaya



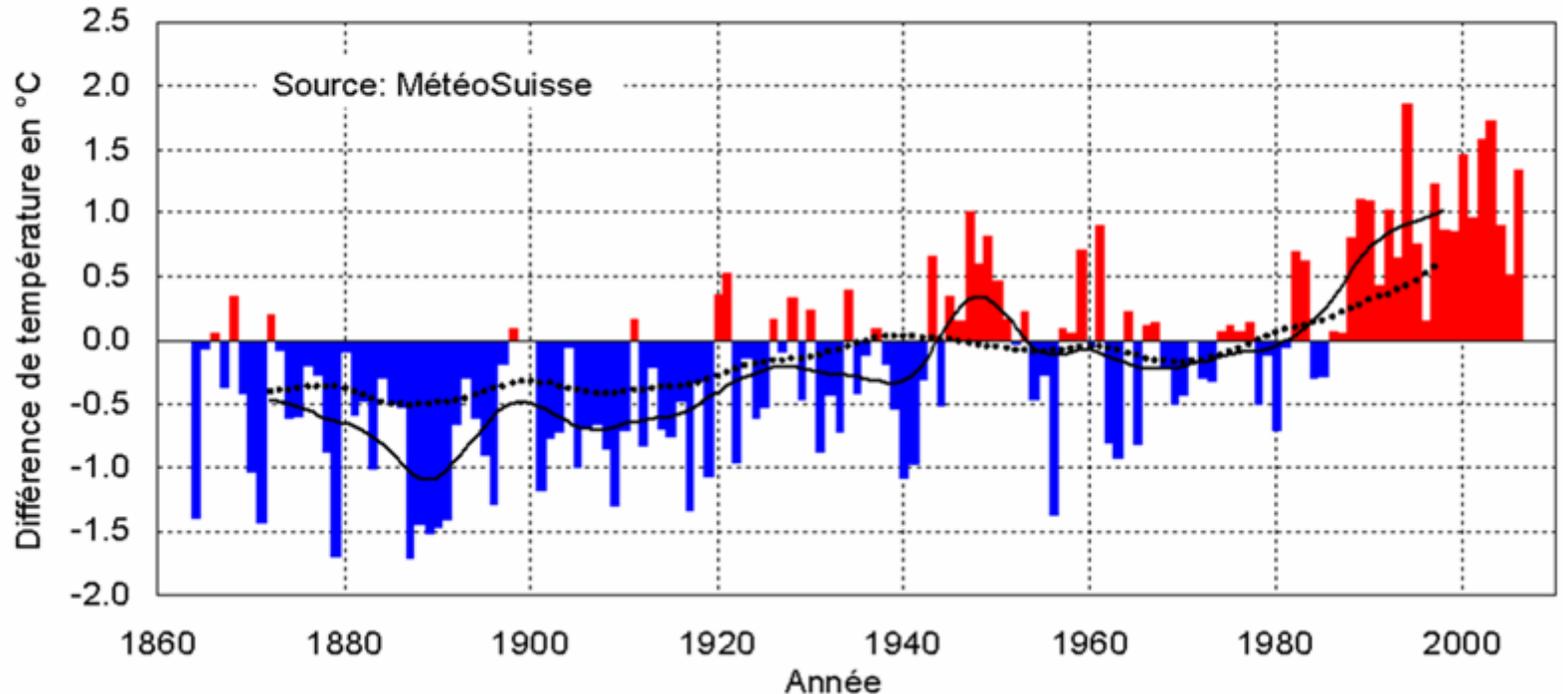
Inde

Népal



Réchauffement : les faits

Différence annuelle moyenne de la température en Suisse 1864 - 2006
par rapport à la norme annuelle (1961-1990)

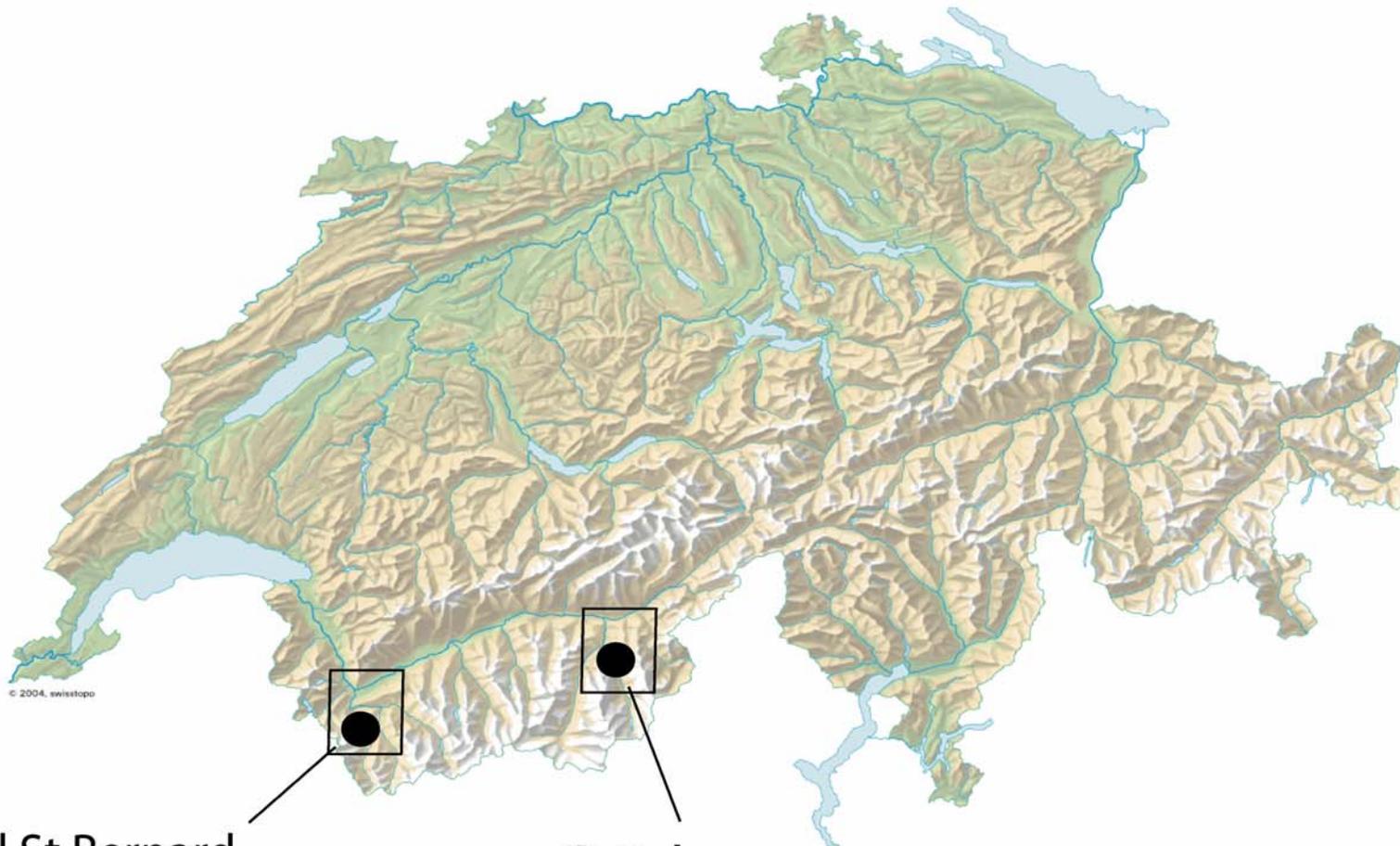


-  Années inférieures à la norme 1961-1990
 -  Années supérieures à la norme 1961-1990
 -  Moyenne pondérée sur 20 ans (filtre passe-bas Gauss)
 -  Moyenne pondérée sur 20 ans de la température de surface de l'hémisphère nord
- Année 2006: +1.35 °C (rang 5)
- Source: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/crutem3nh.txt>

Des faits ... aux effets

= > Passage à l'échelle locale

= > Recherche expérimentale sur le terrain

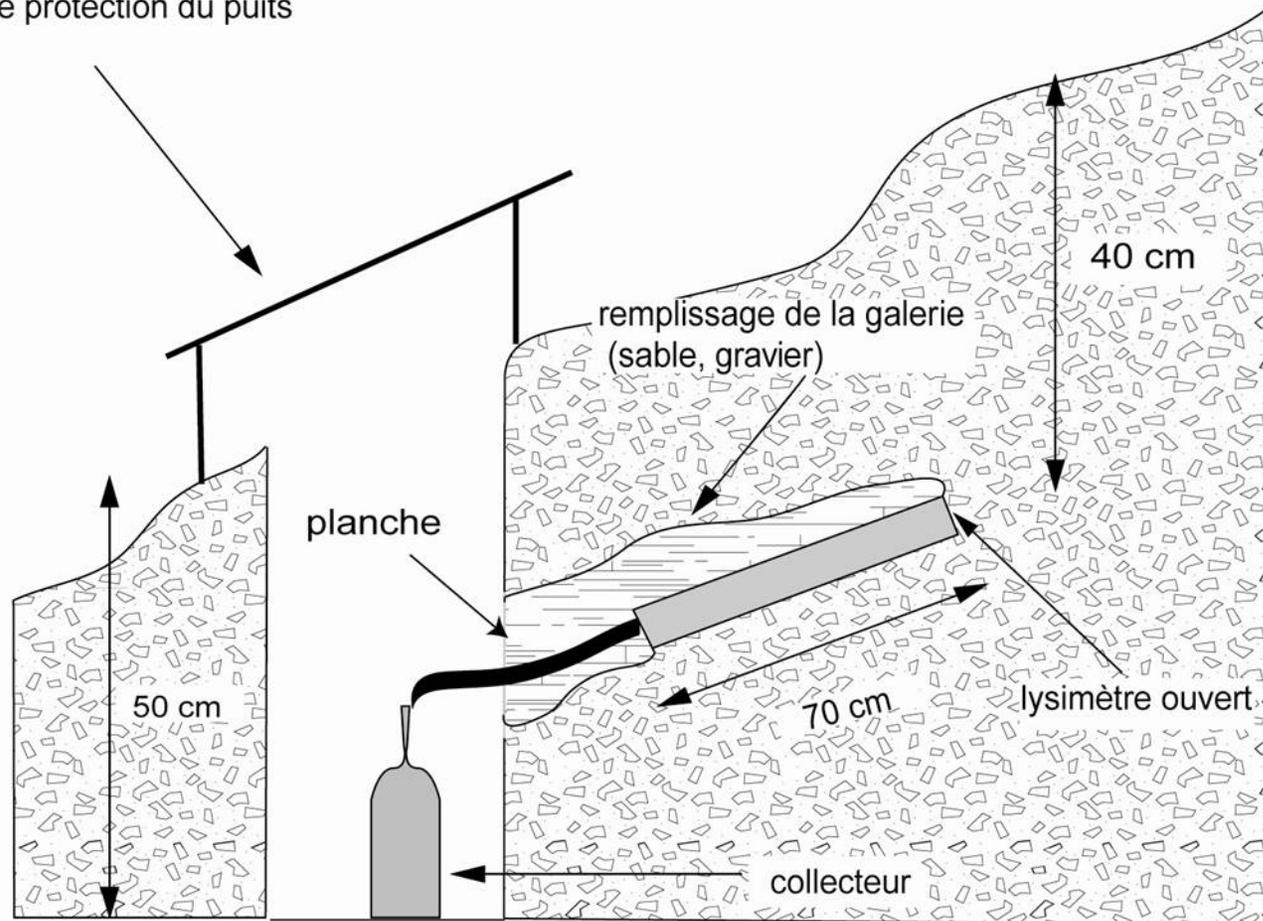


Grand St Bernard

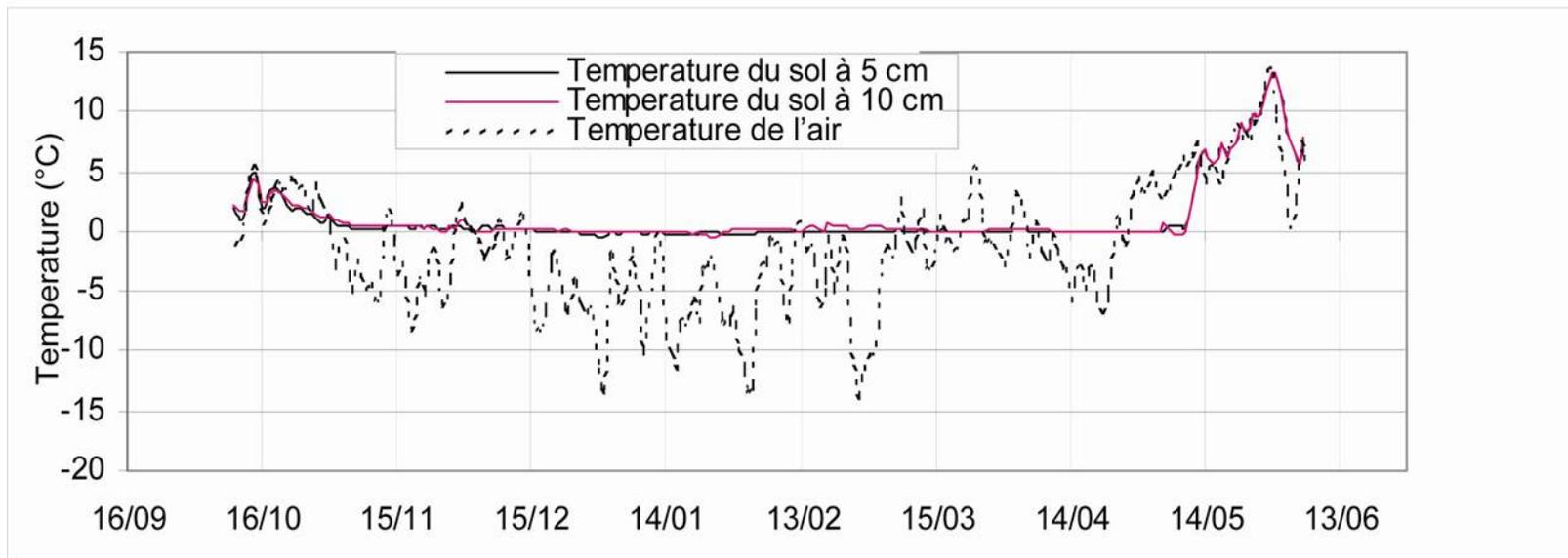
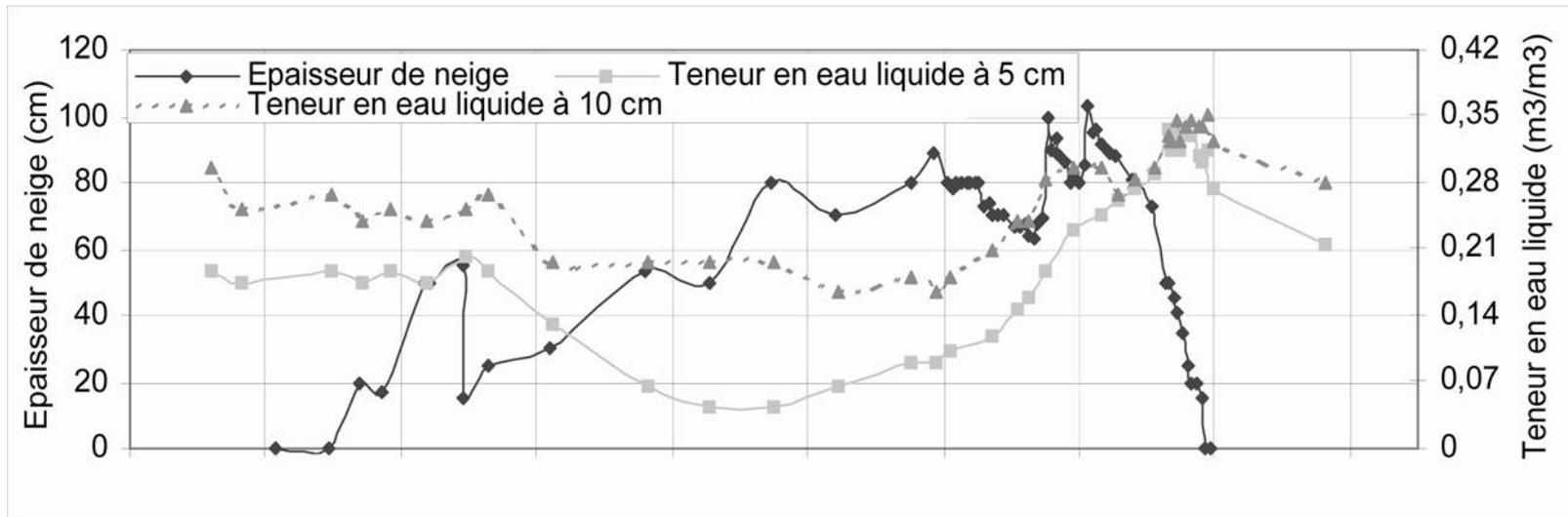
Grächen

Bilan hydrologique en conditions hivernales

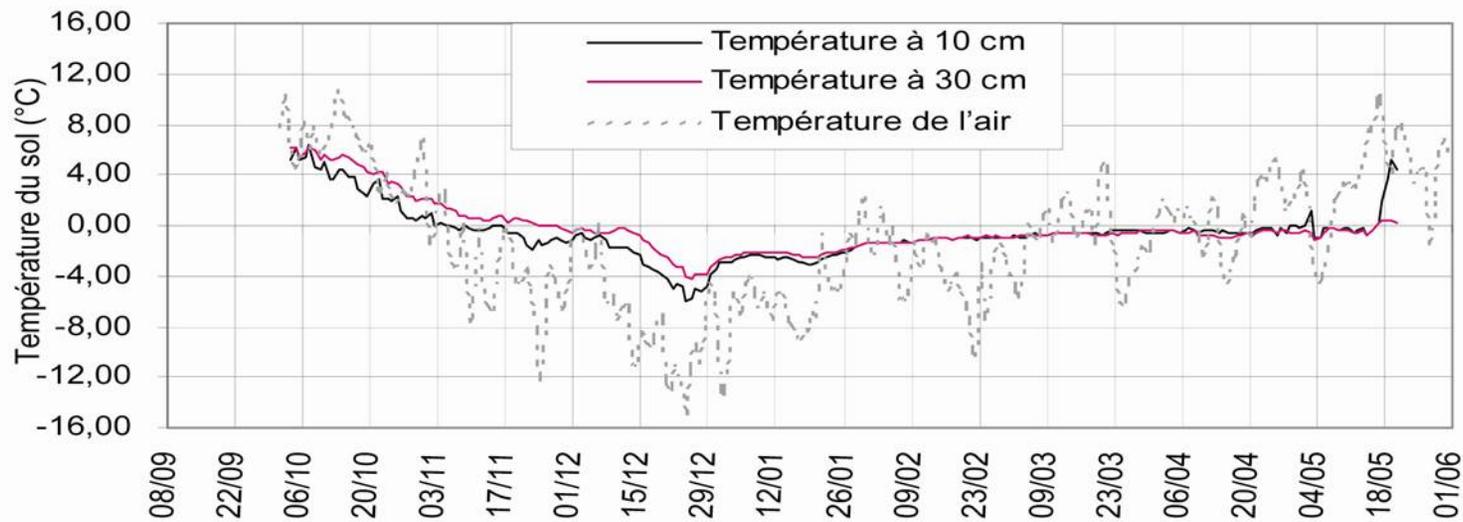
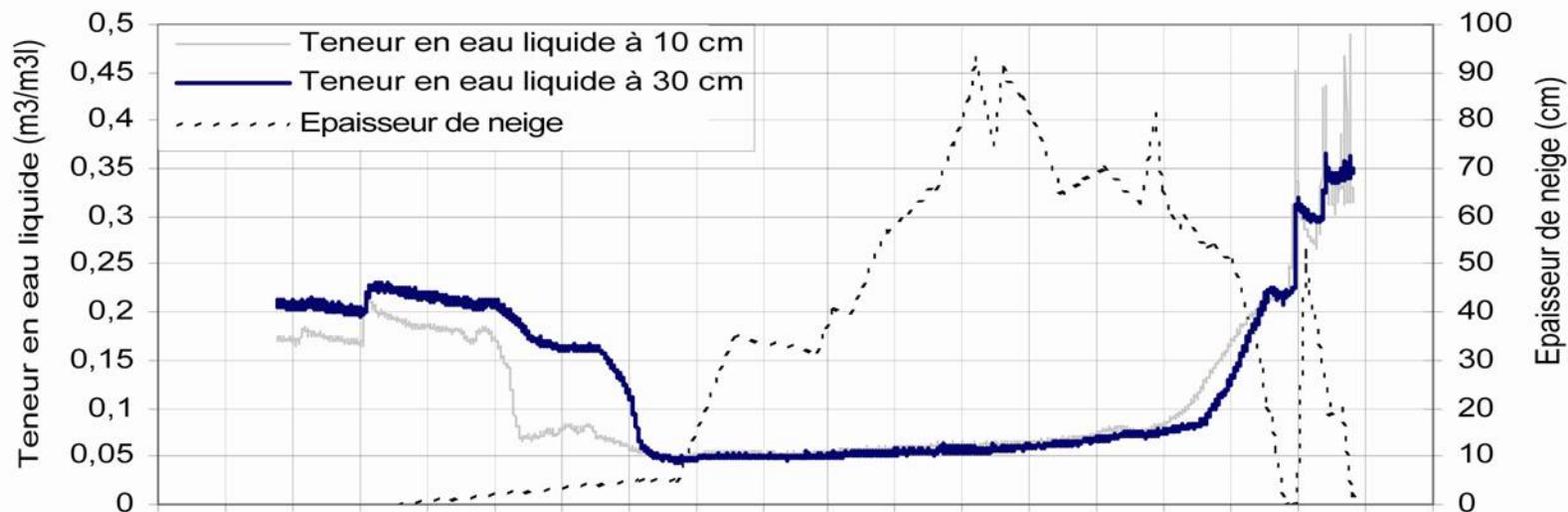
Toit de protection du puits



Hiver avec neige => pas de gel



Hiver sans neige => gel du sol

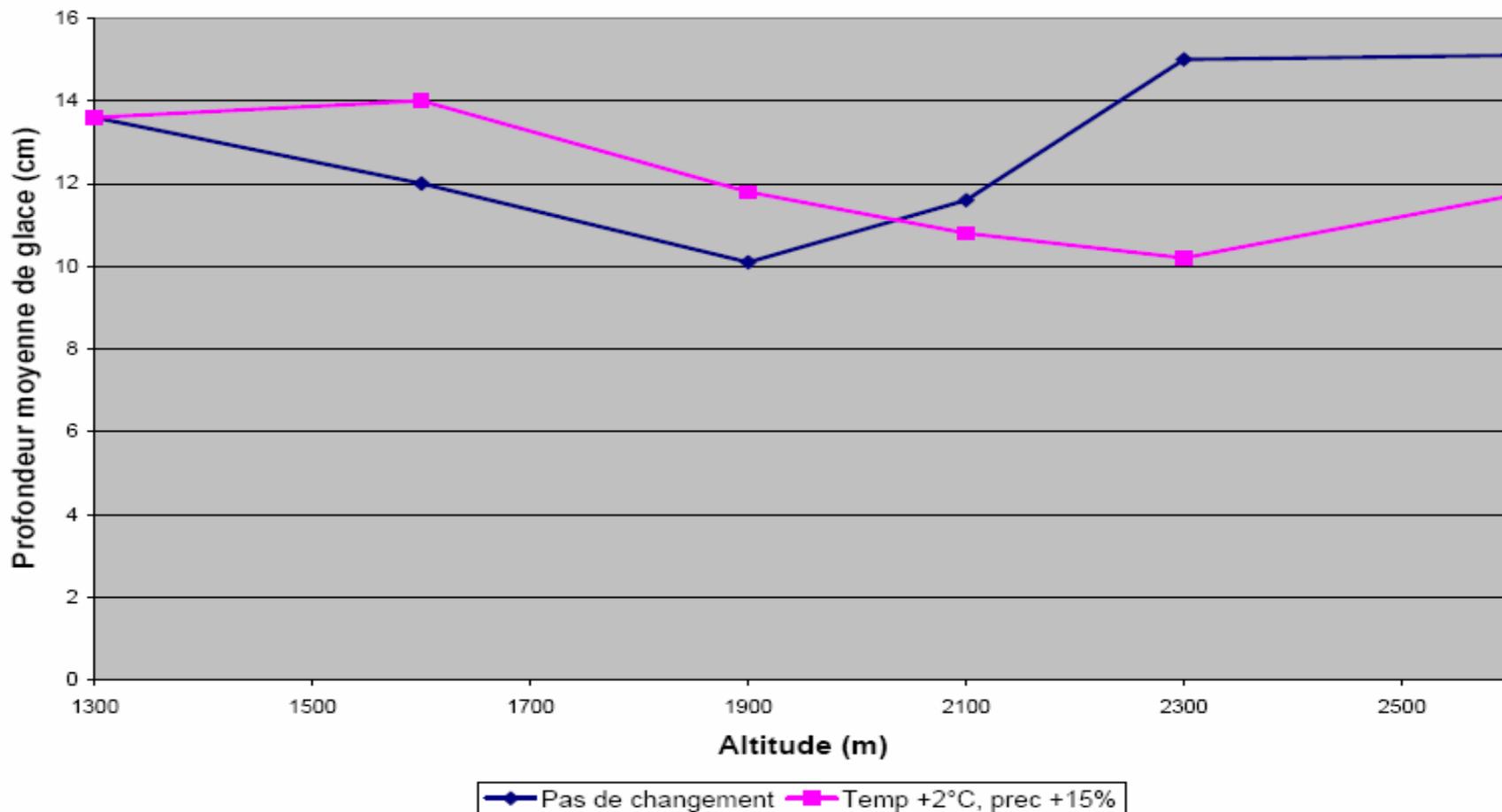


Simulation des effets de scénarios climatiques

Epaisseur de gel = f(altitude)

Bleu : climat actuel

Rose : T+2°C P+15%



A propos du pergélisol



Les limites de l'intuition

**Systeme temperature – neige – gel
très subtil**

**Relation infiltration – stabilité tout aussi
subtile**

**Facteurs antagoniques (par ex.
liquéfaction - forêt)**

**Les scientifiques ont encore de la peine
à dégager des tendances claires et
incontestables**

**Il faut se méfier des conclusions intuitives
souvent trop simplistes.**



La panoplie des dangers qui menacent la route

Avalanches

Eboulements

Glissements de terrain

Coulées

Erosion des talwegs

Laves torrentielles

Inondations

Modification du régime des cours d'eau

Basse altitude : Bassins à régime nivo-pluvial

=> régime plus nettement pluvial.

- hiver : écoulement plus soutenu
- printemps : crue plus modeste
- étiages d'été plus sévères

=> Effet sur l'érosion plutôt positif

Haute altitude : Bassins à régime nivo-glaciaire

=> régime nival

- crues d'été avancées au printemps
- conjonction avec la forte pluviosité du printemps

=> Effet négatif sur l'érosion



**Régime moyen des cours d'eau
insuffisant pour évaluer l'effet sur
l'érosion.**

**Ajouter les événements
pluviométriques extrêmes**

**= > incidence déterminante sur
l'érosion des berges**

= > déstabilisation des versants

... la goutte qui fait déborder le vase

Déstabilisation par l'érosion en pied de versant augmentée par **d'autres facteurs** :

- teneurs en eau interstitielle des terrains de couverture
- mouvements lents => mouvements plus brutaux par mise en liquéfaction.
- mise en charge des fissures.

Globalement : péjoration de la stabilité

Le changement climatique apporte-t-il des phénomènes nouveaux ?

Pas du tout !

Phénomènes géologiques et hydrologiques = agents ordinaires de l'érosion des chaînes de montagne

Ce qui est nouveau:

- ils se produisent où ils étaient inconnus
- relation intensité – fréquence modifiée.

Et l'ingénieur dans tout ça ?

Ingénieur ≠ spécialiste en changement climatique

il écoute, il lit ...

=> expectative, déstabilisation

**- certains messages sont alarmistes =>
« que doit-on faire tout de suite ? »**

**- certains messages sont discordants =>
« comment gérer l'incertitude ? »**

Phase salutaire car elle remet l'ingénieur et ses habitudes en question.



Phase de transition
dans la relation
Homme – Nature

Lutter contre ...

= > = > = >

**Apprendre à
vivre avec ...**

Une adaptation aussi du métier d'ingénieur

Pour reprendre pied, plusieurs conditions:

- pas de panique, garder la « **tête froide** »
- augmenter sa **modestie intellectuelle** (« je dois concevoir des systèmes où je ne comprends pas tout »)
- s'intéresser aux **phénomènes géodynamiques** qui menacent ses œuvres
- ne pas remettre en cause toute son expérience mais savoir les adapter à de **nouvelles conditions aux limites**

Quelques recommandations pratiques ...

Phase de conception de la route

- considérer la route dans un contexte tridimensionnel
- procéder à des reconnaissances plus étendues sur les risques géologiques et hydrologiques
- mettre l'accent sur les risques en cascade (par exemple glissements – coulées)
- faire preuve de plus de prudence dans le choix du tracé pour l'adapter au contexte
- augmenter les facteurs de sécurité des ouvrages en testant leur stabilité dans plusieurs scénarios possibles
- développer l'adaptabilité des ouvrages

Mais encore ...

Maintenance

Question : Le scénario prévu se vérifie-t-il ?

Pour y répondre :

- réseau d'observation local (météorologique, hydrologique et géologique)

- déterminer des tendances d'évolution effective

- renforcer la sécurité des ouvrages et de leur environnement (gestion dynamique)

Quoi qu'il en soit :

contrôle des ouvrages de drainage.

Conclusions

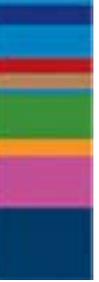
1. un know-how à partager la « tête froide »
2. route => système 3D complexe à évolution géodynamique incertaine
3. enjeu sociétal pour l'ingénieur



Pour en savoir plus...

Rapport du comité
technique AIPCR 4.5 sur
les changements
climatiques.

Catherine Drouault
Site web AIPCR



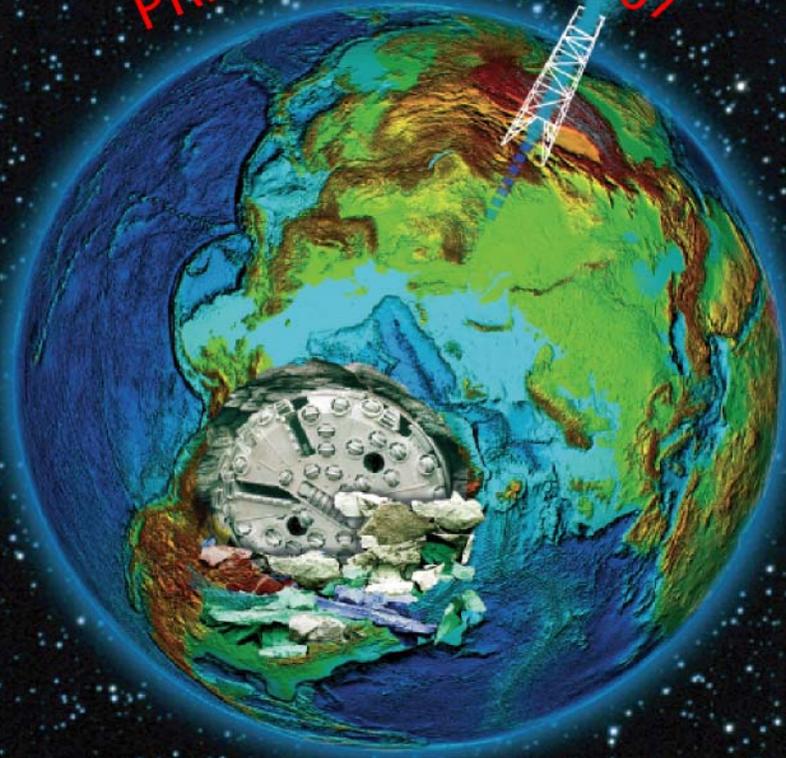
Et quelques bases
géologiques pour
l'ingénieur
Adresse :
geolepwww.epfl.ch

GÉOLOGIE

BASES POUR L'INGÉNIEUR

Aurèle Parriaux

PRIX ROBERVAL 2007



PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES