

# Impact du changement climatique sur le dimensionnement au gel

Dr. RYCHEN Patrick

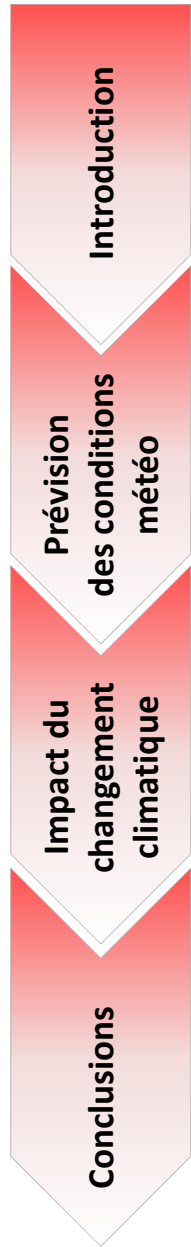
20.03.2014

**infralab**

Infralab SA  
Laboratoire des voies de circulation, EPFL



# Contenu de la présentation



- *Introduction*
- *Prévision des conditions météorologiques*
- *Impact du changement climatique sur le dimensionnement au gel*
- *Conclusions*

# Introduction

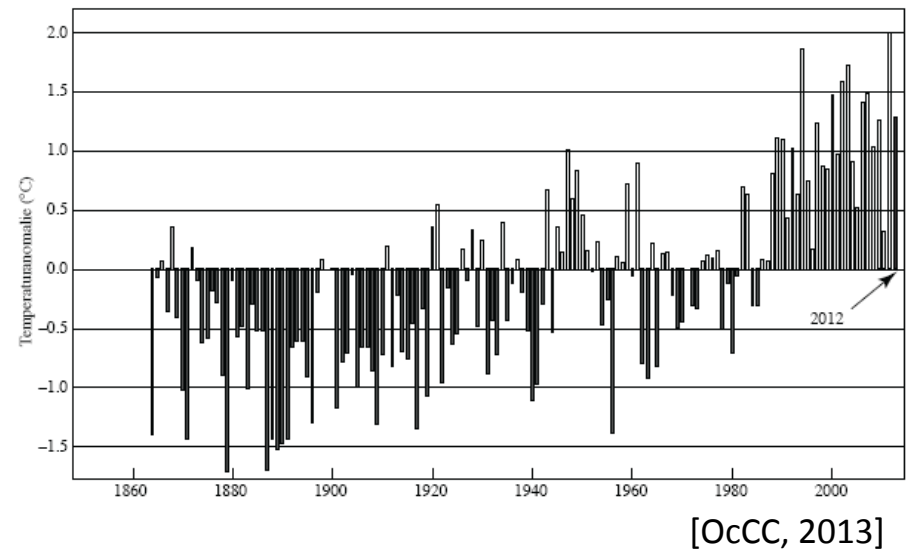
Introduction

Prévision  
des conditions  
météo

Impact du  
changement  
climatique

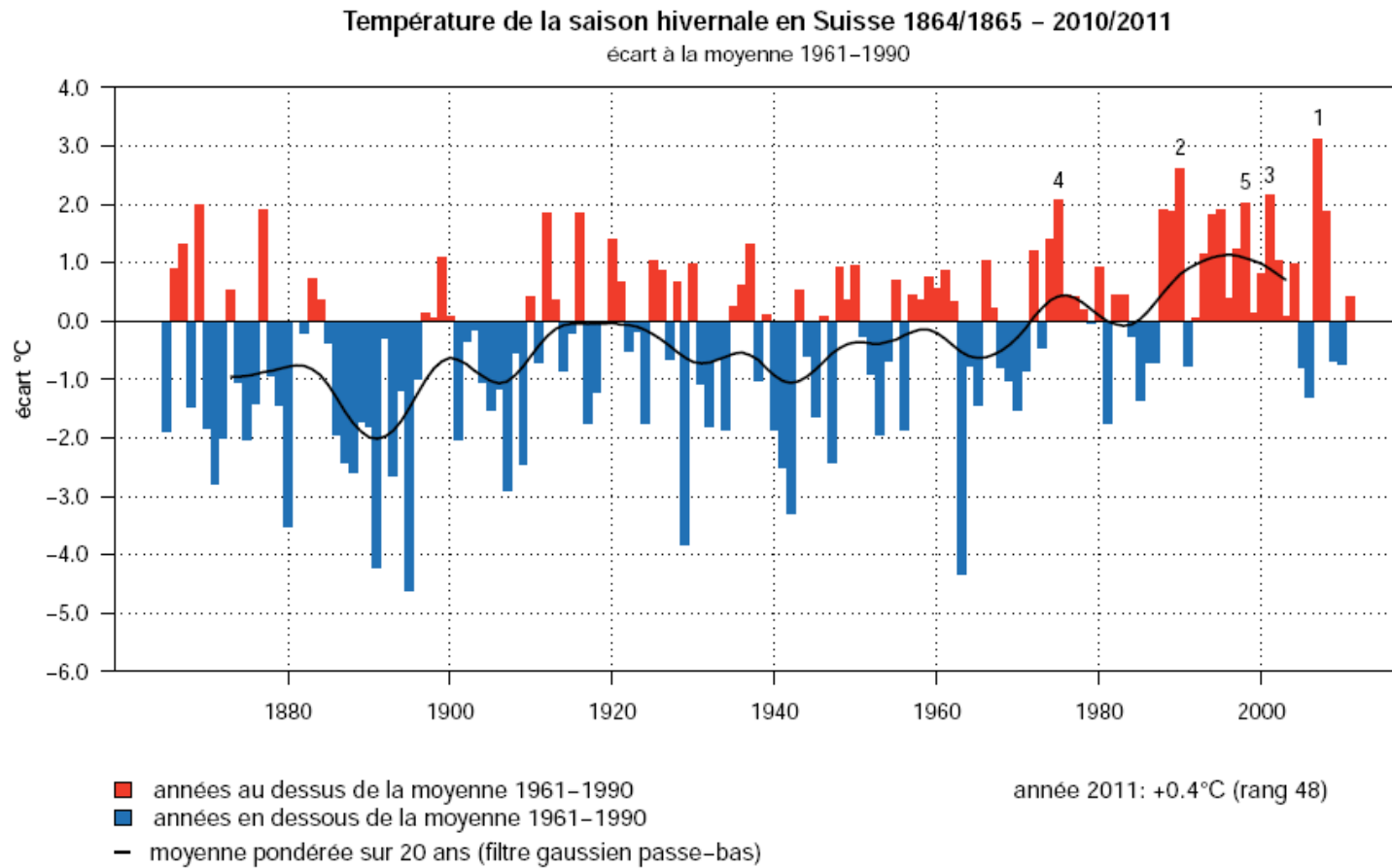
Conclusions

- *Le changement climatique* :
  - Phénomène reconnu par une large majorité de la communauté scientifique
  - Se concrétise par une modification des conditions météorologiques moyennes et extrêmes
  - Probables impacts sur la durée de vie des revêtements routiers
  - Phénomène actuellement non considéré dans le dimensionnement des chaussées routières



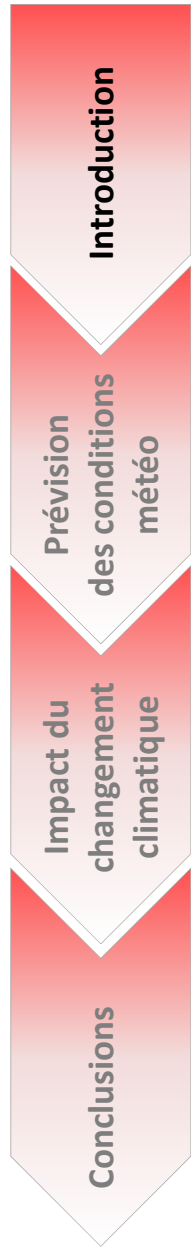
# Introduction

- *Le changement climatique et les conditions hivernales :*



© MétéoSuisse

# Introduction

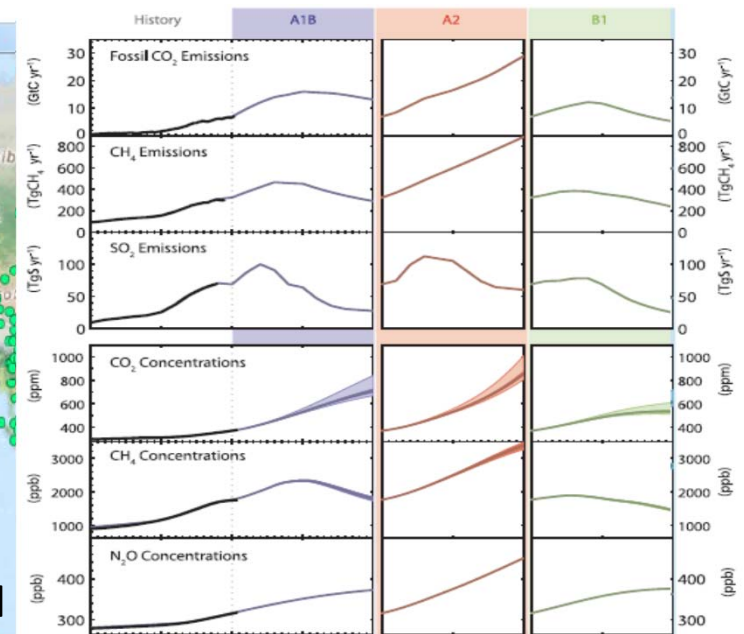
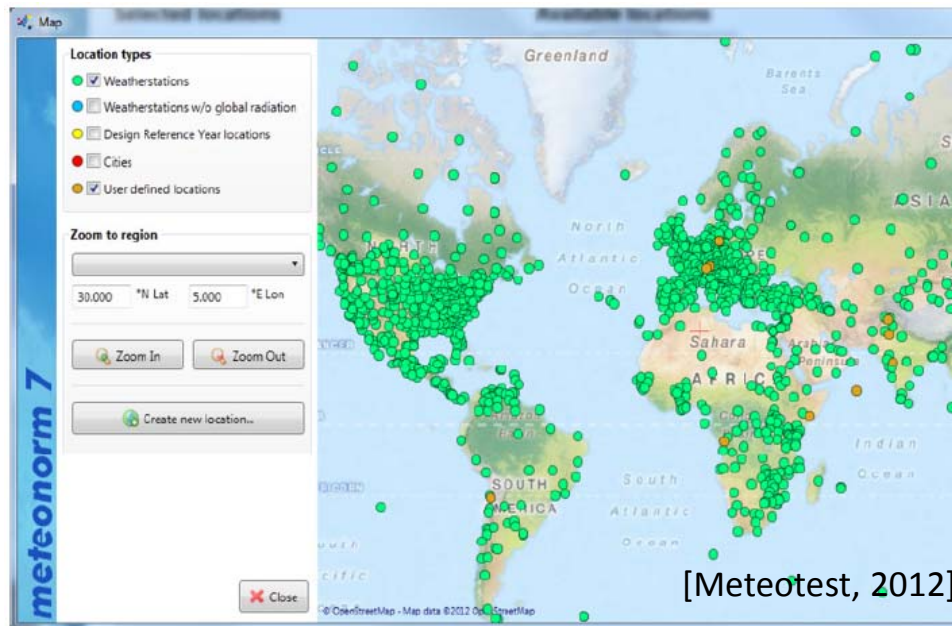


- *Résultats issus des projets de recherche :*
  - Impact du changement climatique sur les infrastructures routières – Analyse de risque et mesures d’adaptation ; Thèse n°5611 ; EPFL ; 2013.
  - Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée ; ASTRA 2009/004 ; 2014.

# Prévision des conditions météorologiques

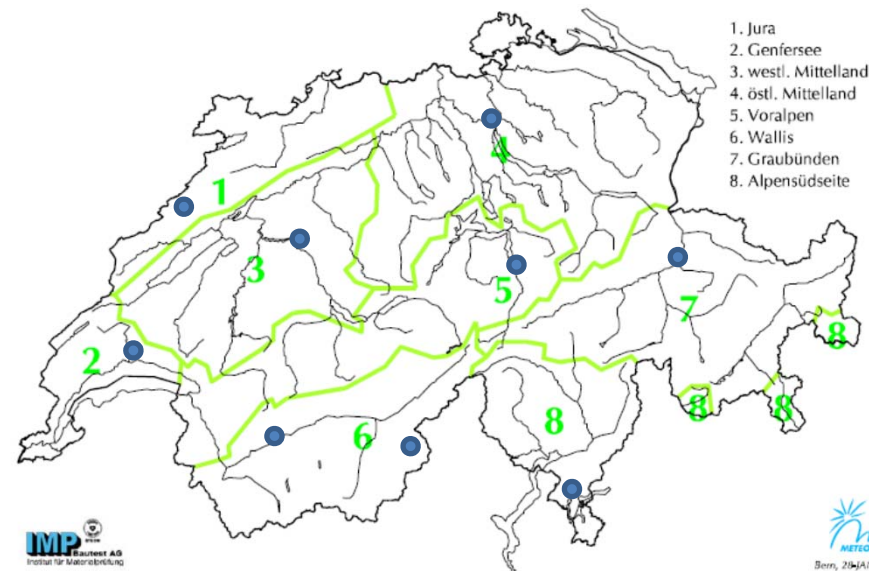
- *Modèle climatique de pronostic – Meeonorm 7.0*
  - Basé sur agrégation de 18 modèles généraux de circulation
  - Méthode stochastique pour génération des conditions climatiques régionales
  - Modélisation de trois scénarios climatiques (IPCC) :
    - Scénario modéré (B1)
    - Scénario moyen (A1B)
    - Scénario extrême (A2)

[IPCC, 2007]



# Prévision des conditions météorologiques

- *Hypothèses et paramètres d'analyse :*
  - Neuf sites géographiques suisses

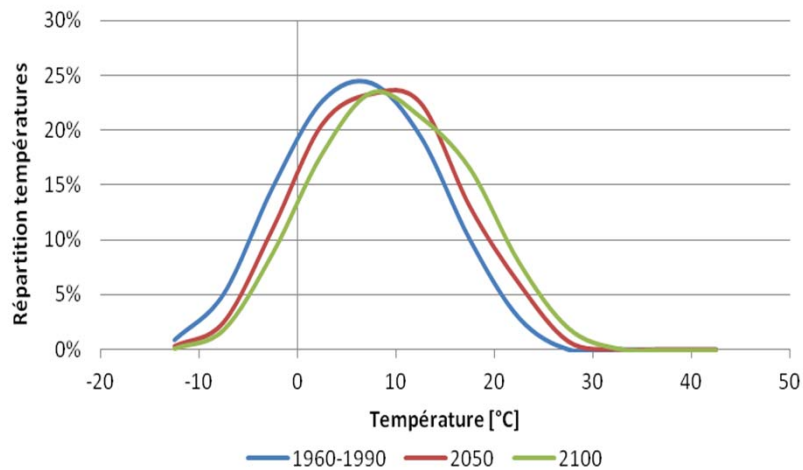


[Angst & Remund, 2000]

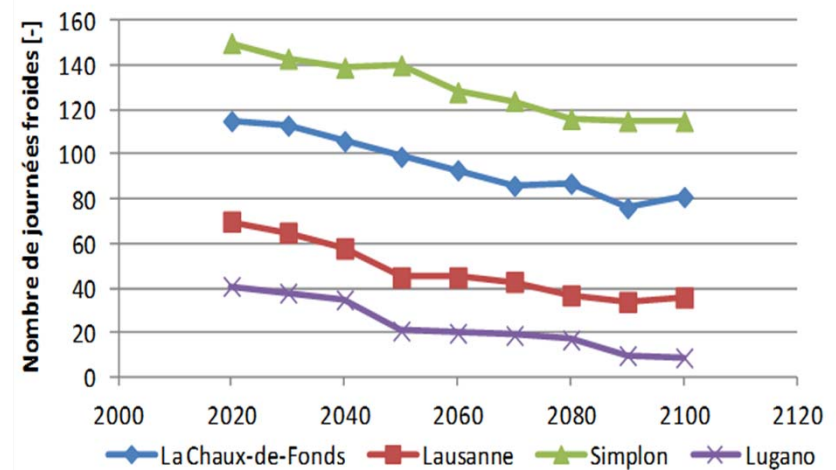
- Quatre périodes d'analyse :
  - Référence (1960-1990)
  - Court-terme (2020-2040)
  - Moyen-terme (2050-2070)
  - Long-terme (2080-2100)

# Prévision des conditions météorologiques

- *Changements des températures :*
  - Décalage et étalement des courbes de répartition
  - Augmentation des périodes chaudes, diminution des périodes froides
  - Diminution des cycles de gel-dégel



(La Chaux-de-Fonds, scénario A1B)

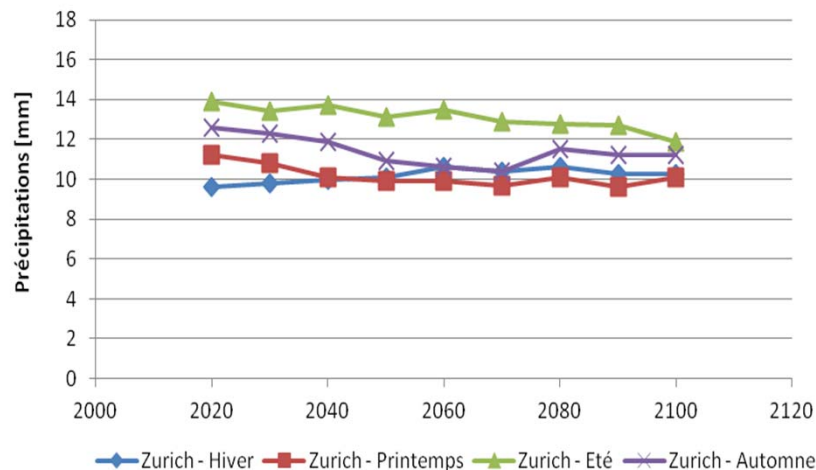


(Température < 0°C, scénario A1B)

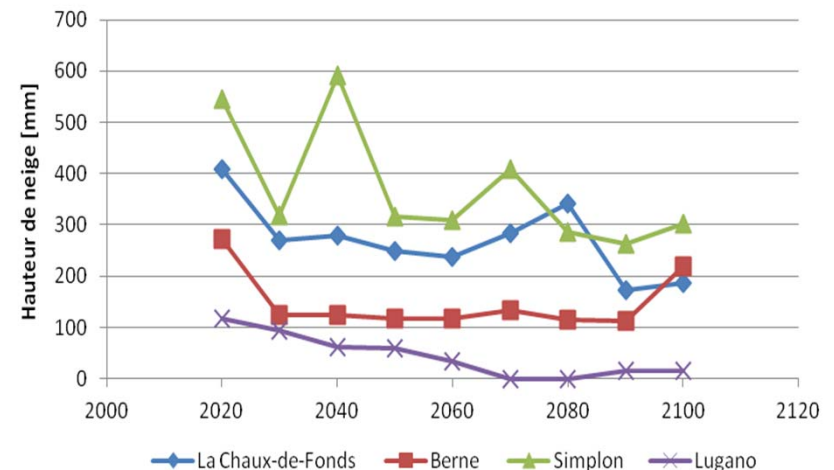


# Prévision des conditions météorologiques

- *Changements des précipitations :*
  - Diminution des précipitations en été, augmentation en hiver
  - Diminution des hauteurs de neige moyennes



(Précipitations max saisonnières, scénario A1B)

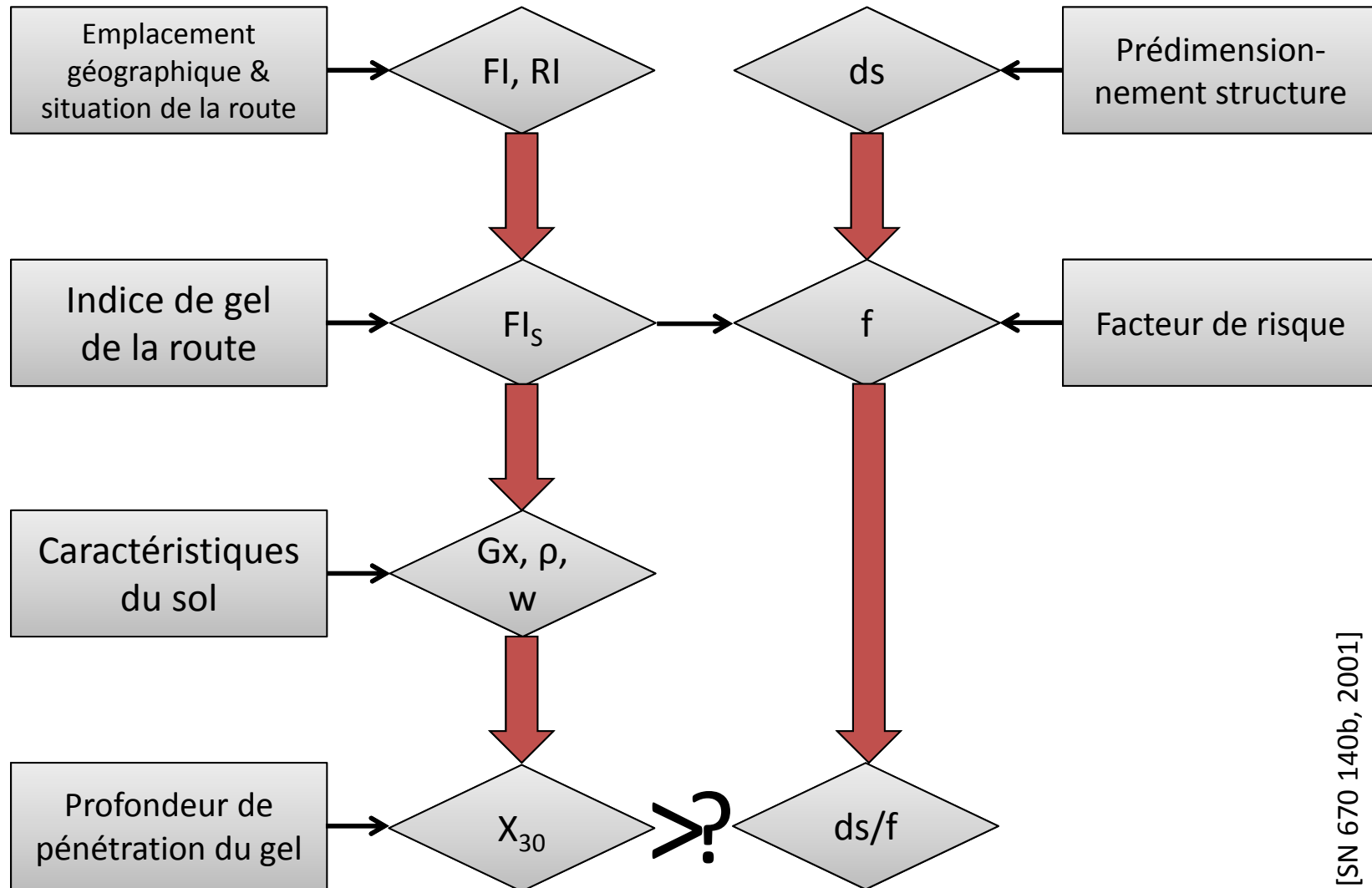


(Hauteurs max, scénario A1B)

- *Changements des autres conditions :*
  - Aucune tendance nette de changements des intensités (vent, humidité, ensoleillement)

# Impact du changement climatique

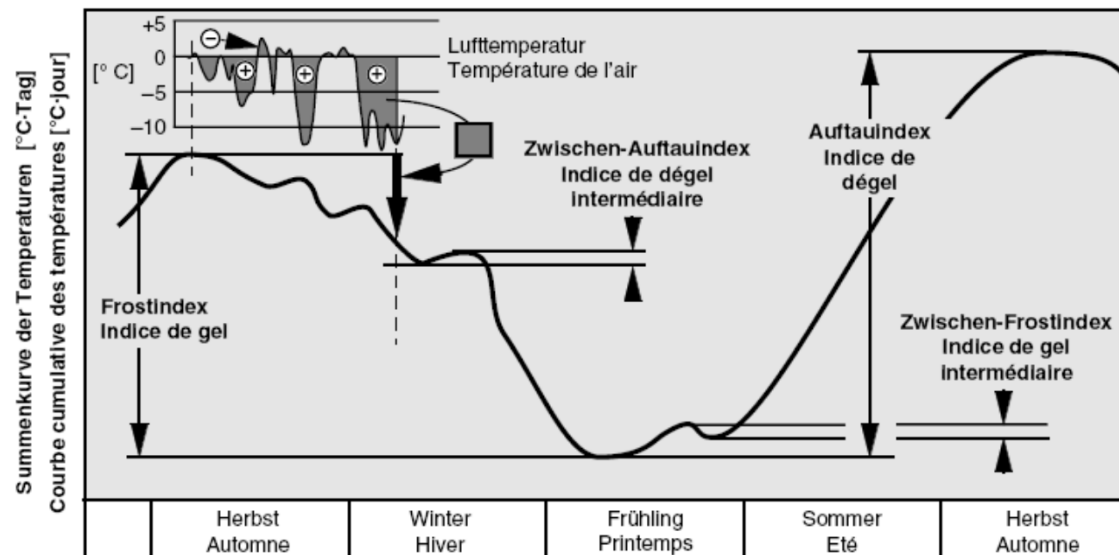
- *Méthode de dimensionnement au gel :*



[SN 670 140b, 2001]

# Impact du changement climatique

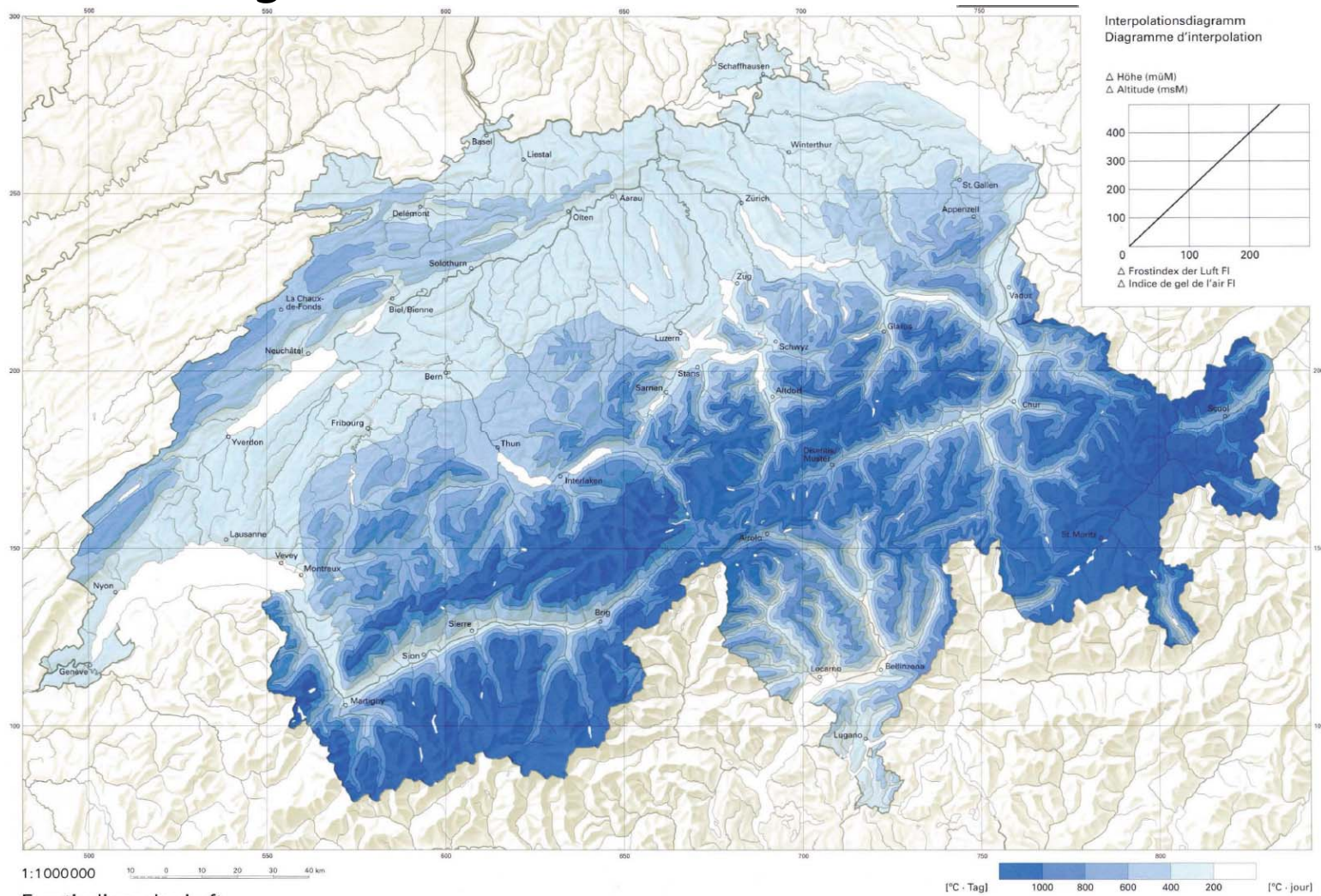
- *Indice de gel de l'air FI :*
  - Plus grande différence, en degré C · jour, entre le maximum et le minimum de la courbe cumulative des températures moyennes journalières de l'air pendant la période de gel. L'indice de gel significatif de l'air utilisé pour le dimensionnement des infrastructures de transport est la moyenne des indices de gel des trois hivers les plus froids des 30 dernières années.



[SN 670 140b, 2001]

# Impact du changement climatique

- *Indice de gel de l'air FI :*

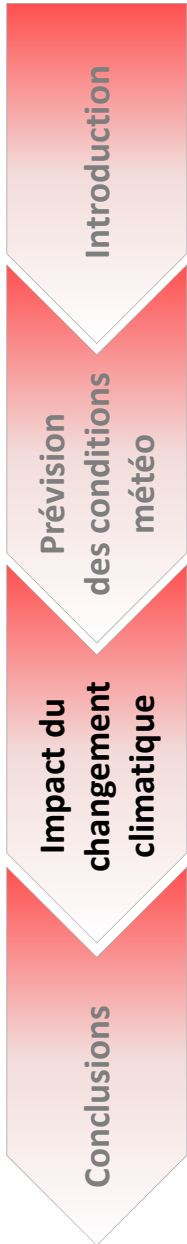


Frostindices der Luft  
Indices de gel de l'air

© Bundesamt für Landestopographie, 3084 Wabern, 2001  
Office fédéral de topographie, 3084 Wabern, 2001

Redaktion: Laboratoire de mécanique des sols, ETHL  
Redaction: Laboratoire de mécanique des sols, EPFL

[SN 670 140b, 2001]





# Impact du changement climatique

Introduction

Prévision des conditions météo

Impact du changement climatique

Conclusions

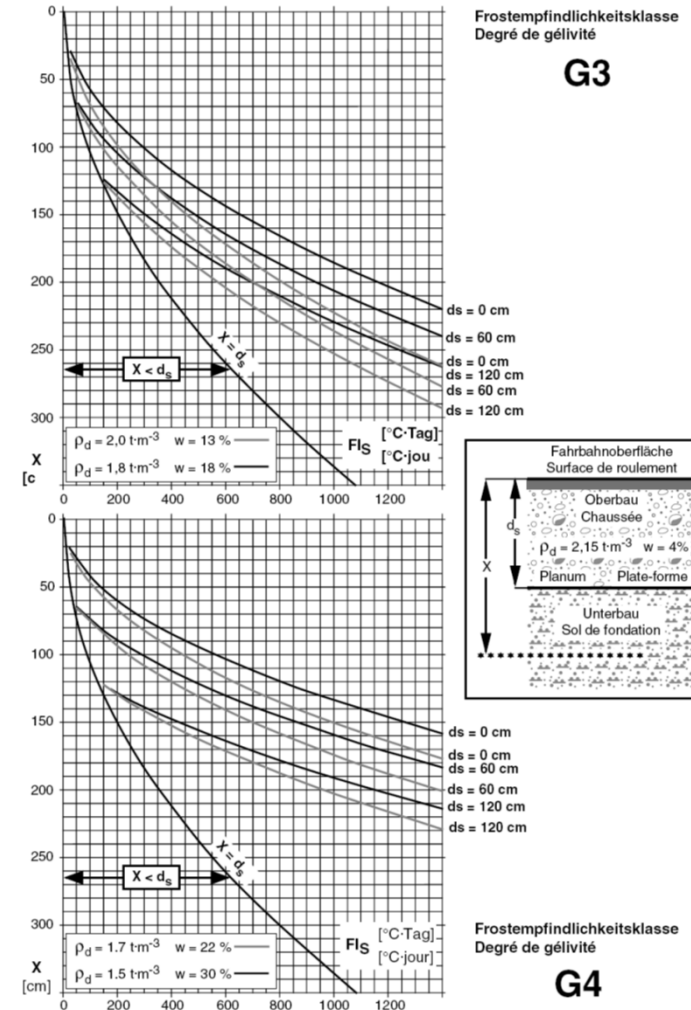
- *Indice de gel de la route*

$$FI_s = FI - RI$$

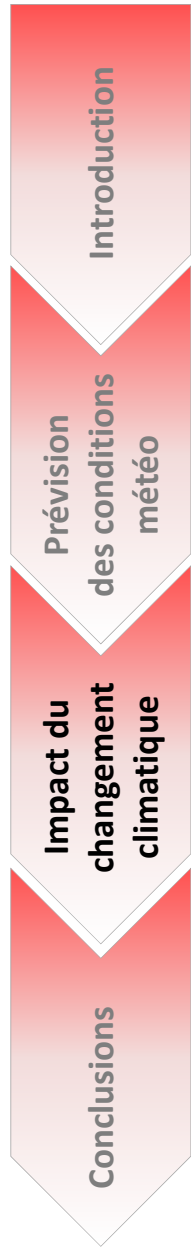
- *Profondeur de pénétration du gel*

$$d_s = f \cdot X_{30}$$

Strahlungsindex Indice de radiation <i>RI</i> [° C·Tag] [° C·jour]	GH Messungen : Mesures de GH :				
	1	2	3	4	5
200					
150					
100					
50					
Tägliche Besonnung Ensoleillement journalier	Null (angenommen) Nul (admis)	Leicht Faible	Mittel Moyen	Stark Fort	
GH [kWh·m <sup>-2</sup> ]	0,5	1,0	1,5	2,0	
GH [MJ·m <sup>-2</sup> ]	1	2	3	4	5
Dauer [Std] Durée [heure]	1	2	3	4	



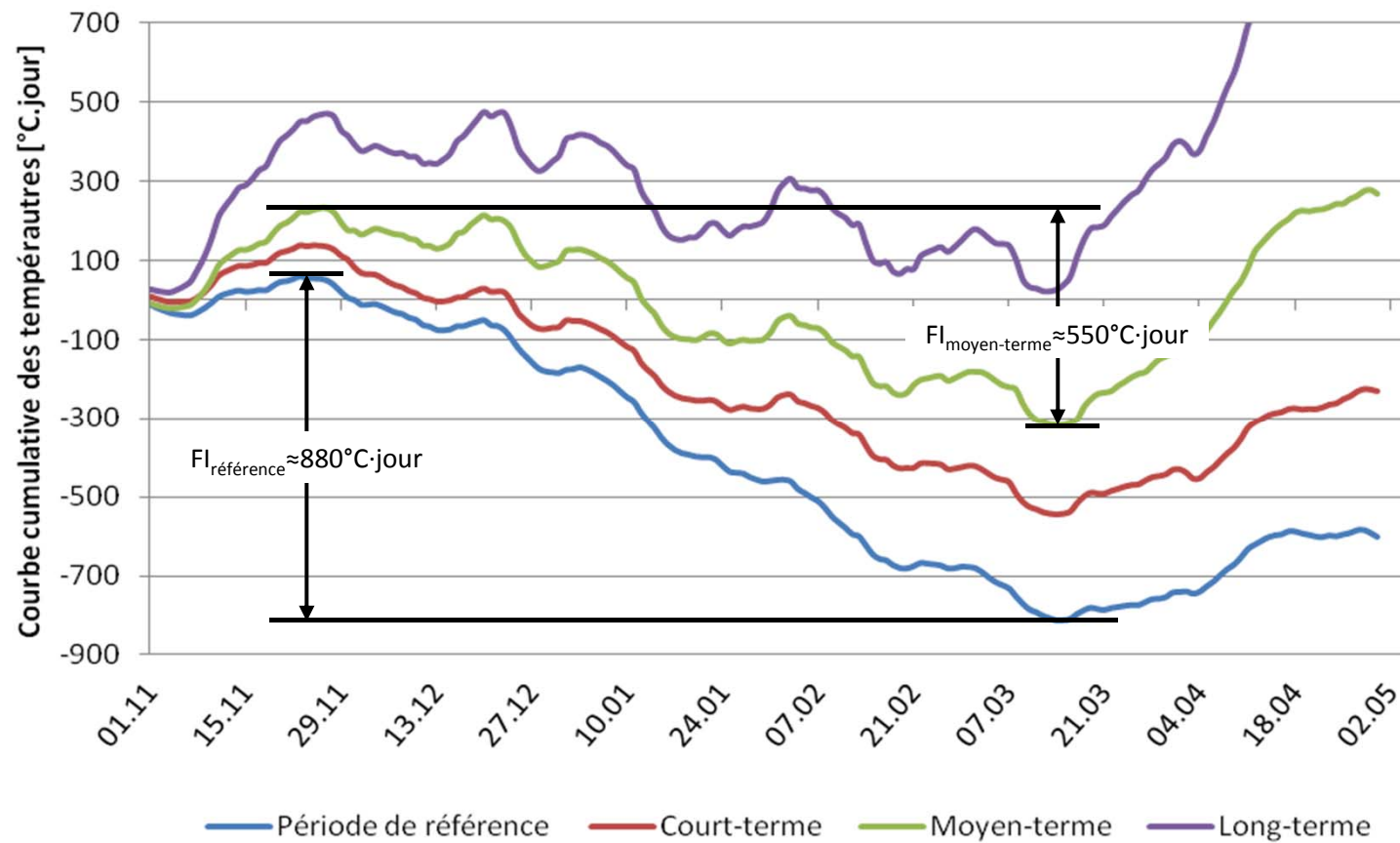
# Impact du changement climatique



- *Modélisation climatique à l'aide de Meteonorm 7.0*
- *Hypothèses et paramètres d'analyse :*
  - Sols moyennement gélifs (degré G3) et sols fortement gélifs (degré G4)
  - Indice de radiation fort ( $RI=200^{\circ}\text{C}\cdot\text{jour}$ ), indice moyen ( $RI=100^{\circ}\text{C}\cdot\text{jour}$ ) et indice nul ( $RI=0^{\circ}\text{C}\cdot\text{jour}$ )
  - Sols avec caractéristiques prédéfinies
  - Chaussée routière avec une épaisseur initiale de 60 cm

# Impact du changement climatique

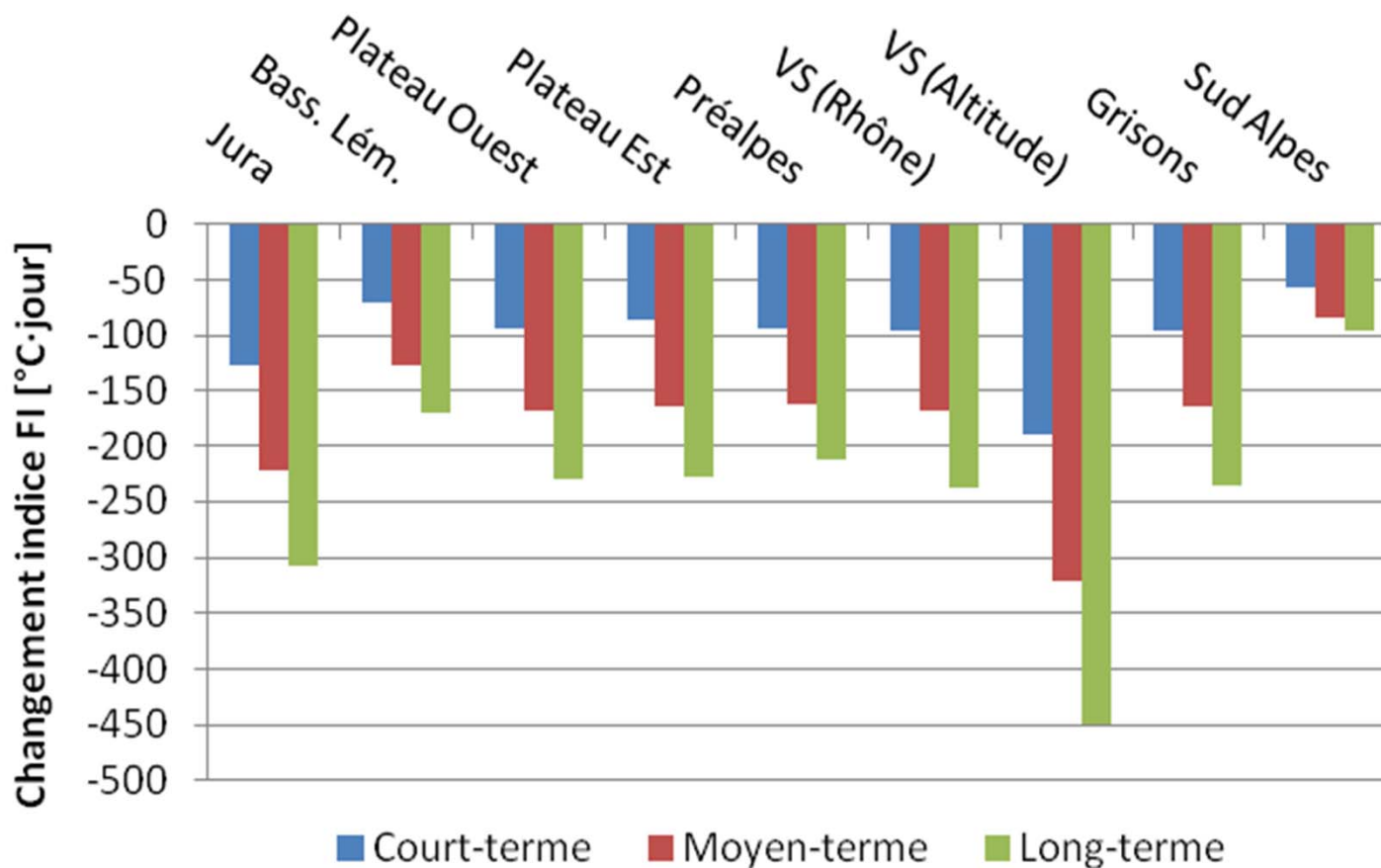
- *Evolution des indices de gel de l'air :*
  - Diminutions des indices pour tous les sites



(Simplon, scénario A1B)

# Impact du changement climatique

- *Evolution des indices de gel de l'air :*
  - Diminutions marquées déjà à court-terme



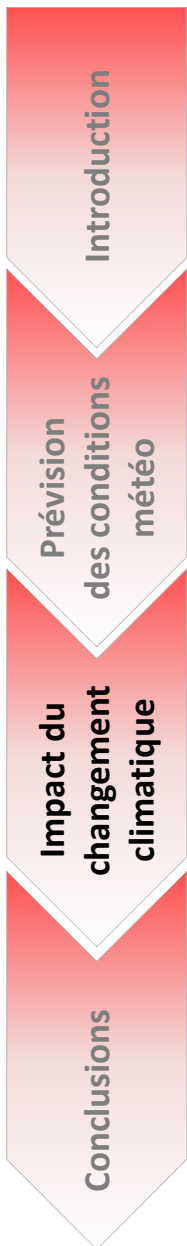
(par rapport à référence, scénario A2)



# Impact du changement climatique

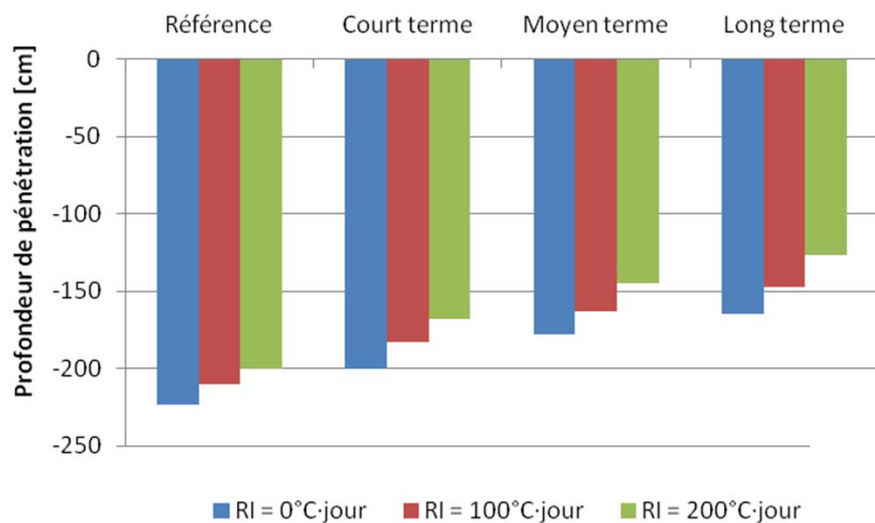
- *Evolution des indices de gel de l'air [ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{jour}$ ] :*

Période d'analyse	Scénario climatique	Jura	Bassin lémanique	Plateau (ouest)	Plateau (est)	Préalpes	Valais (vallée du Rhône)	Valais (haute altitude)	Grisons	Sud des Alpes
SN 670 140b		400-600	200-400	200-400	200-400	200-400	200-400	800-1000	200-400	200-400
Référence		400-600	200-400	200-400	200-400	200-400	200-400	800-1000	200-400	0-200
Court-terme	B1	400-600	0-200	200-400	200-400	200-400	200-400	600-800	200-400	0-200
	A1B	400-600	0-200	200-400	200-400	200-400	200-400	600-800	200-400	0-200
	A2	400-600	0-200	200-400	200-400	200-400	200-400	600-800	200-400	0-200
Moyen-terme	B1	400-600	0-200	200-400	200-400	0-200	200-400	600-800	200-400	0-200
	A1B	200-400	0-200	200-400	0-200	0-200	200-400	400-600	200-400	0-200
	A2	200-400	0-200	200-400	0-200	0-200	200-400	400-600	200-400	0-200
Long-terme	B1	200-400	0-200	200-400	200-400	0-200	200-400	400-600	200-400	0-200
	A1B	200-400	0-200	0-200	0-200	0-200	0-200	400-600	0-200	0-200
	A2	200-400	0-200	0-200	0-200	0-200	0-200	400-600	0-200	0-200

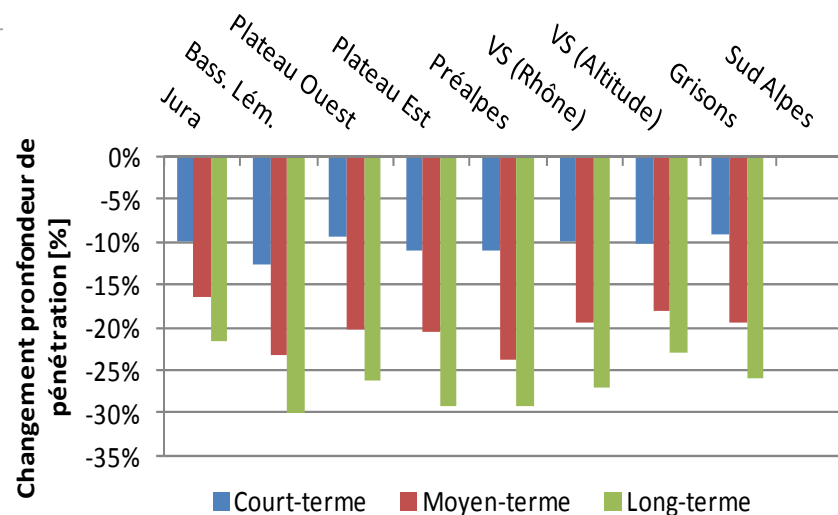


# Impact du changement climatique

- *Evolution de la profondeur de pénétration du gel :*
  - Diminution des profondeurs de gel pour tous les sites



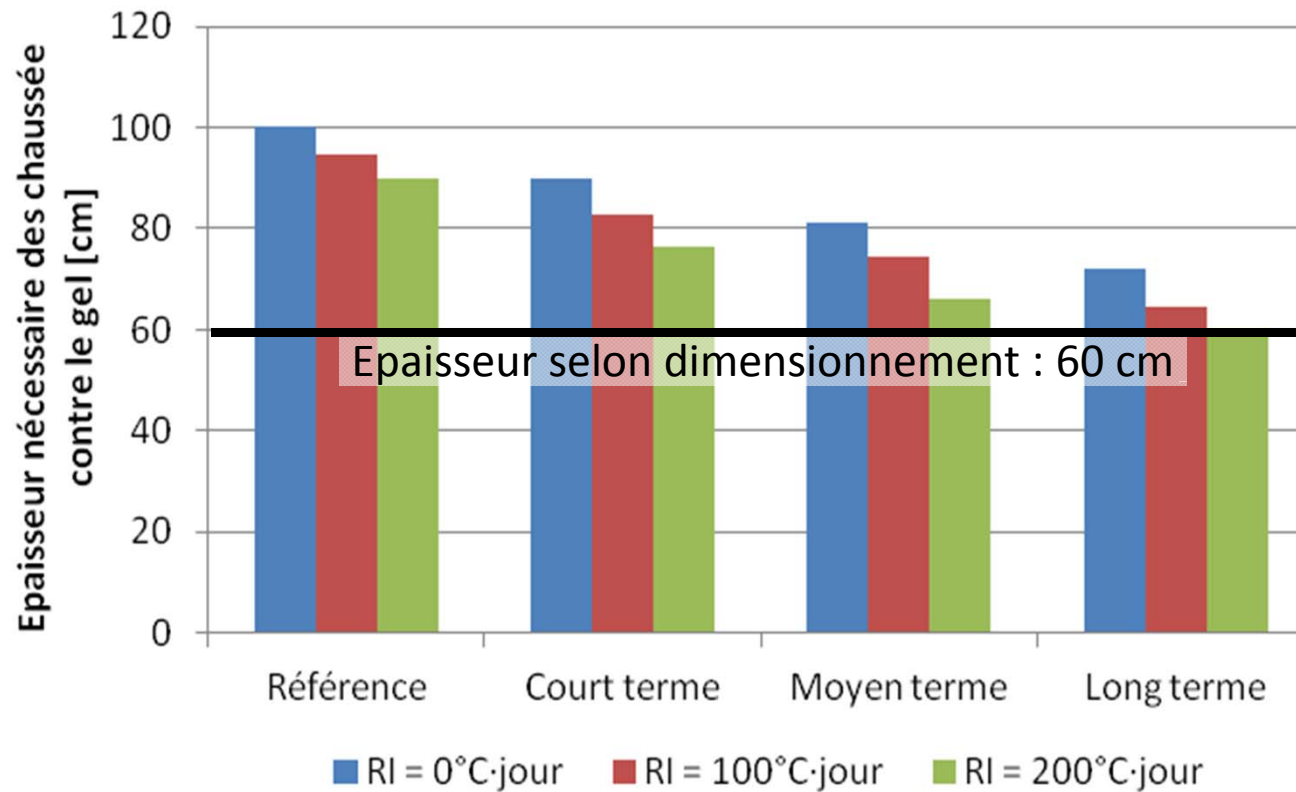
(Simplon, scénario A1B, degré G3)



(RI = 0°C·jour, scénario A1B, degré G4, f = 0.45)

# Impact du changement climatique

- *Evolution des épaisseurs de revêtements :*
  - Diminution des épaisseurs supplémentaires nécessaires pour lutter contre le gel



(Simplon, scénario A2, degré G3, f = 0.45)

# Conclusions

Introduction

Prévision  
des conditions  
météo

Impact du  
changement  
climatique

Conclusions

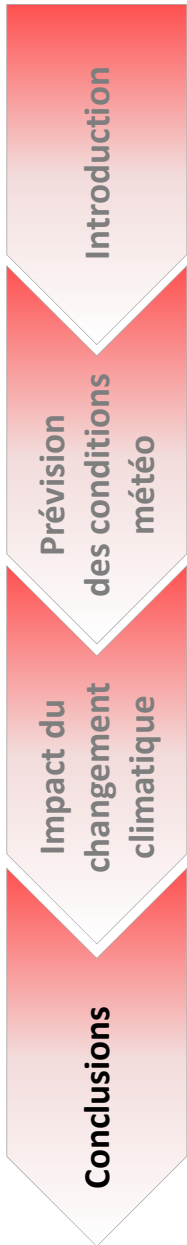
- *On peut s'attendre à une baisse des profondeurs de pénétration du gel*
- *Il est recommandé d'adapter les catégories de l'indice de gel significatif de l'air, ou d'adapter la méthode de dimensionnement*
- *Le changement climatique a un impact «positif» sur le dimensionnement au gel*

# Recommandations

- *Adaptation des catégories d'indice de gel significatif de l'air*

Période d'analyse	Jura	Bassin lémanique	Plateau (ouest)	Plateau (est)	Préalpes	Valais (vallée du Rhône)	Valais (haute altitude)	Grisons	Sud des Alpes
<b>SN 670 140b</b>	400-600	200-400	200-400	200-400	200-400	200-400	800-1000	200-400	200-400
<b>Court-terme</b>	400-600	0-200	200-400	200-400	200-400	200-400	600-800	200-400	0-200
<b>Moyen-terme</b>	200-600	0-200	200-400	0-400	0-200	200-400	400-800	200-400	0-200
<b>Long-terme</b>	200-400	0-200	0-400	0-400	0-200	0-400	400-600	0-400	0-200

→ *Résultats intégrés dans projet de recherche REDIRE (Révision des méthodes de dimensionnement et renforcement des chaussées)*



Fin...

***Merci de  
votre attention !***

Introduction

Prévision  
des conditions  
météo

Impact du  
changement  
climatique

Conclusions