

# Utilisation des granulats de verre cellulaire dans les chaussées.

Pauline Segui (Ph.D.)

Guy Doré (Pr. Ph.D., Ing.)

Jean Côté (Pr. Ph.D., Ing.)

Jean-Pascal Bilodeau (Ph.D., Ing.)

Nayara Belfort (Ph.D.)

Chantal Lemieux (M.Sc.)

- I. Introduction
- II. Volet Thermique
- III. Volet Mécanique
- IV. Routes expérimentales
- V. Activités à venir





## Durabilité structures



- Gel saisonnier
- Pergélisol
- Sols compressibles
- Protection canalisation

Besoin de matériaux légers,  
isolants performants et durables.



## Résidus de verre :



- 90 000 t/an verre en décharge

Besoin de voie de valorisation

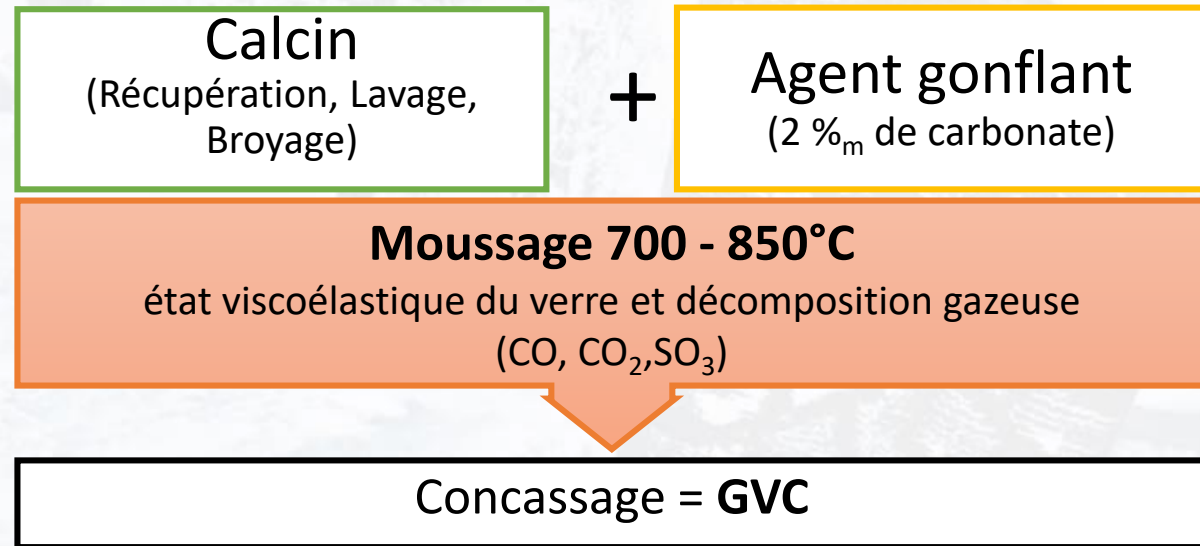


Production locale de Granulats de Verre Cellulaire (GVC) :  
matériau léger, isolant et drainant.



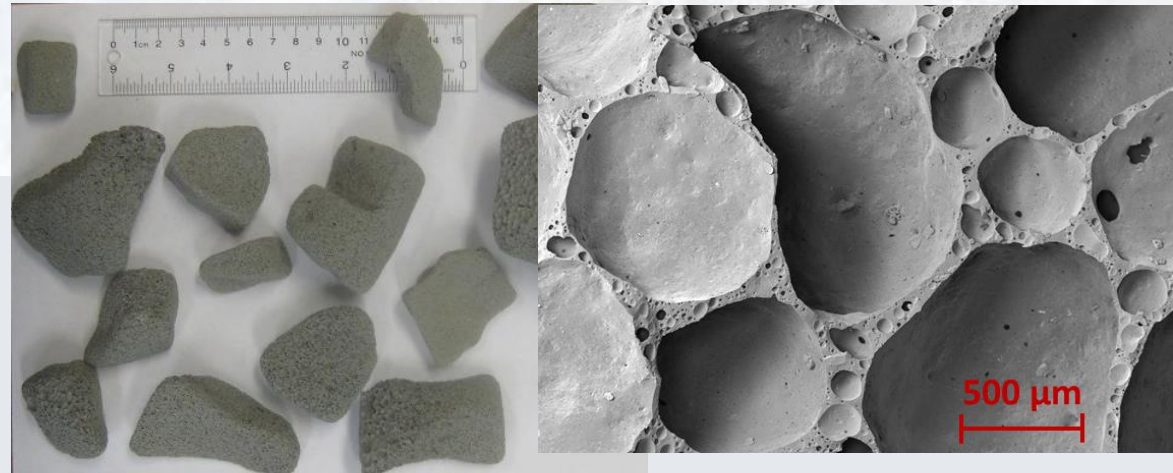
# I. Généralités

## ■ Fabrication



## ■ Description

- $d/D = 10 / 80 \text{ mm}$
- $\lambda = 0,08 \text{ W/m-K}$
- $\rho_v = 300 \text{ kg/m}^3$
- Aspect spongieux, Touché rugueux et coupant
- Alvéoles millimétriques non connectées



# I. Les GVC dans le monde



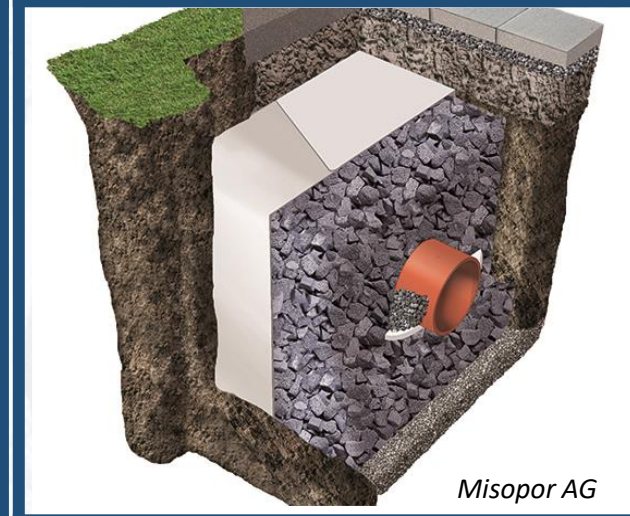
## • Fondation de bâtiment



## • Construction routière



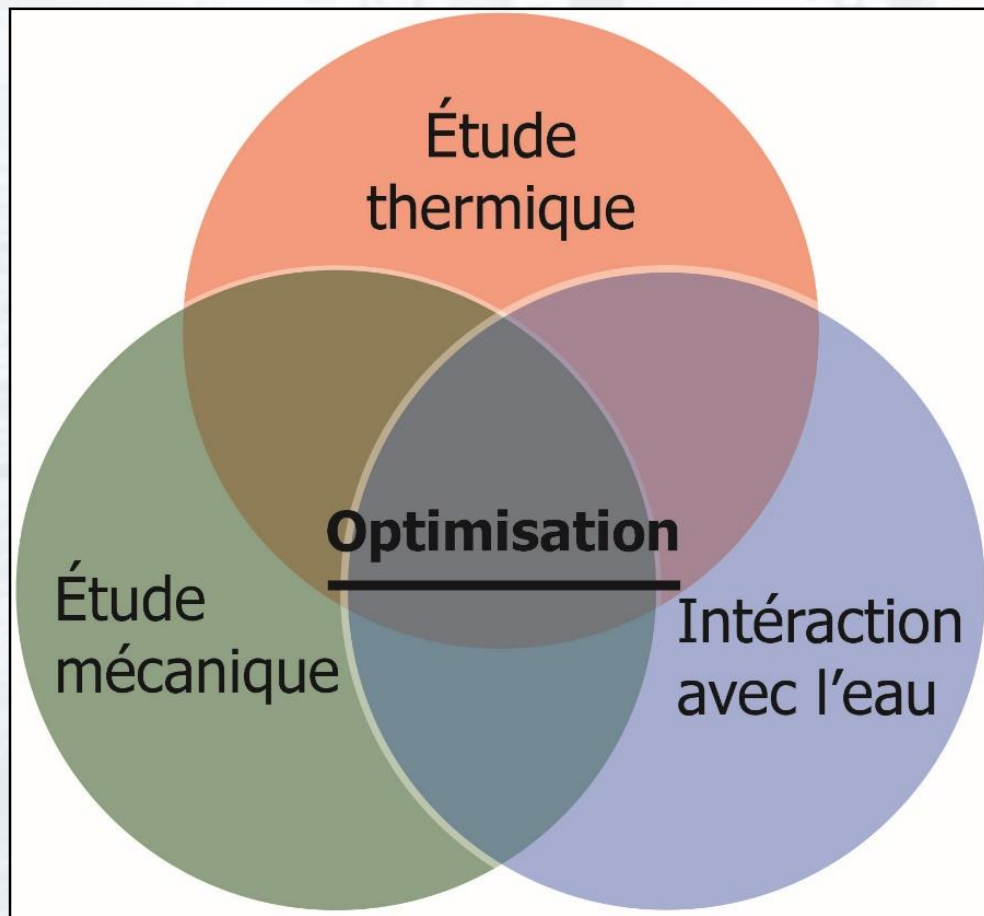
## • Protection de canalisation



- GVC sont utilisés en Europe, en Russie et au Japon depuis plus de 20 ans.
- La Suisse utilise les GVC depuis les années 1970. Avec l'Allemagne et l'Italie, ils consomment 500 000 m<sup>3</sup>/an.
- La Norvège et la Suède utilisent 50 000 m<sup>3</sup>/an.
- Début production en Finlande en 2011 et en 2017 aux USA (Pennsylvanie).



# I. Programme de recherche



- Laboratoire
- Terrain
- Modélisation







Étudier et valider les outils de conception de chaussées et remblais avec des GVC

- Proposer un protocole de caractérisation
- Développer des critères granulométriques optimisés pour différentes applications
- Définir les champs d'application
- Développer des principes et outils de conception
- Proposer des éléments de spécification





# II. Volet Thermique

## Étude laboratoire

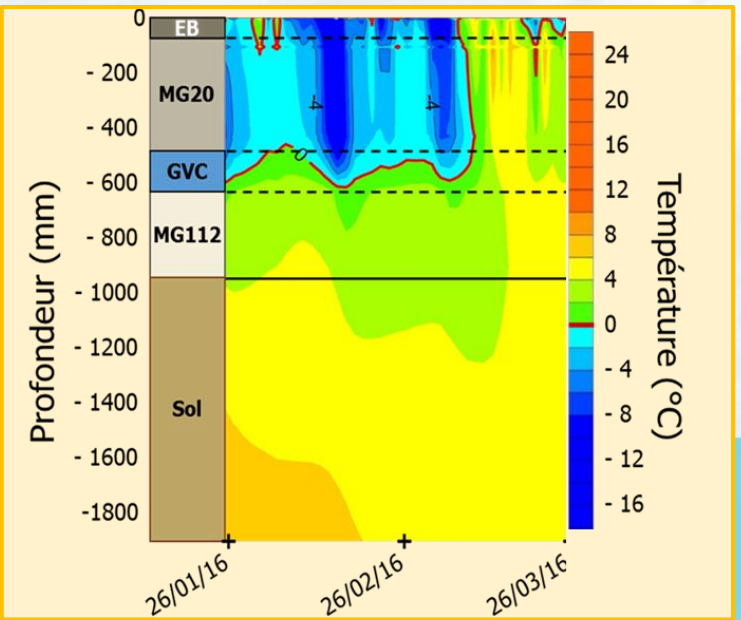
- Conductivité thermique à l'aiguille

➤  $\lambda_{\text{particule}}$  = conduction pure



- Essai en cellule thermique (1m<sup>3</sup>) maîtrise M. Bradette

➤  $\lambda_{\text{eq}}$  = conduction + radiation  
➤  $\lambda_{\text{D}}$  = conduction + radiation + convection



## Performance planche d'essai

- Étude comparative : GVC / XPS / témoin

➤  $\lambda_{\text{eff}}$  = conduction + radiation + convection







# II. Volet Thermique -

- Conductivité thermique à l'aiguille
  - Particule : 0,05 / 0,1 (W/m-K)
  - Éprouvette compactée (0/31,5 mm) : 0,04 / 0,13 (W/m-K)

■ Cellule d'échange thermique (développée à ULaval, M-H. Fillion, 2008 + Travaux M. Bradette)

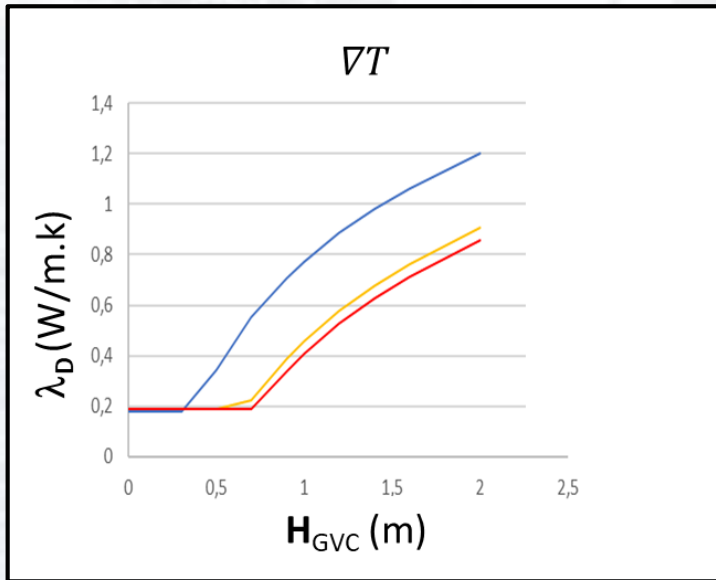
Échantillon	n	$\lambda_{eq}$ (W/m-K)	K (m <sup>2</sup> )
> 20 mm	0,352	0,18	0,345 x 10 <sup>-6</sup>
Vrac	0,217	0,20	0,121 x 10 <sup>-6</sup>
20%v < 20 mm	0,199	0,20	0,104 x 10 <sup>-6</sup>

=> Conductivité thermique équivalente –  $\lambda_{eq}$  (potentiel isolant)

=> Perméabilité intrinsèque – K (potentiel convectif )



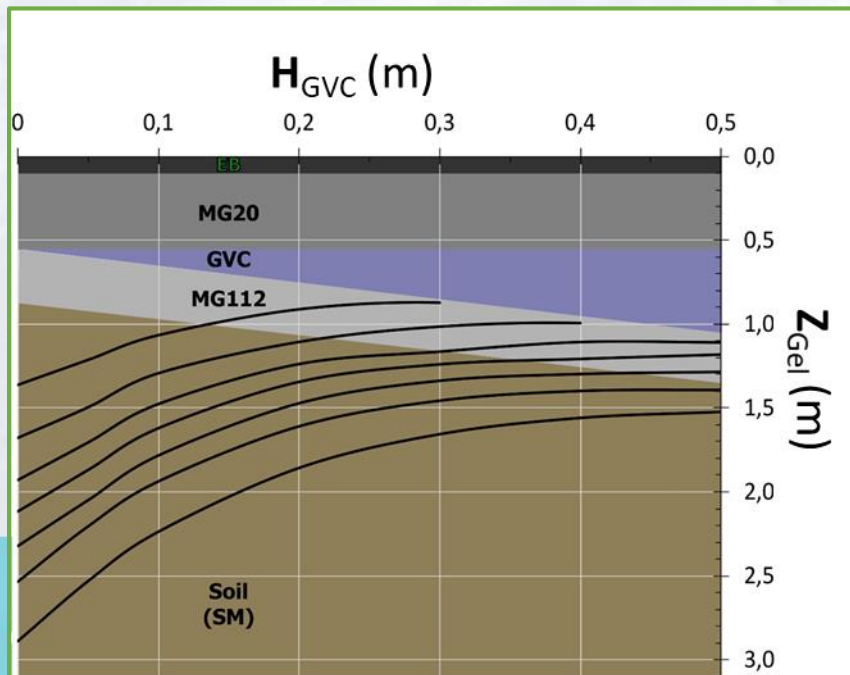
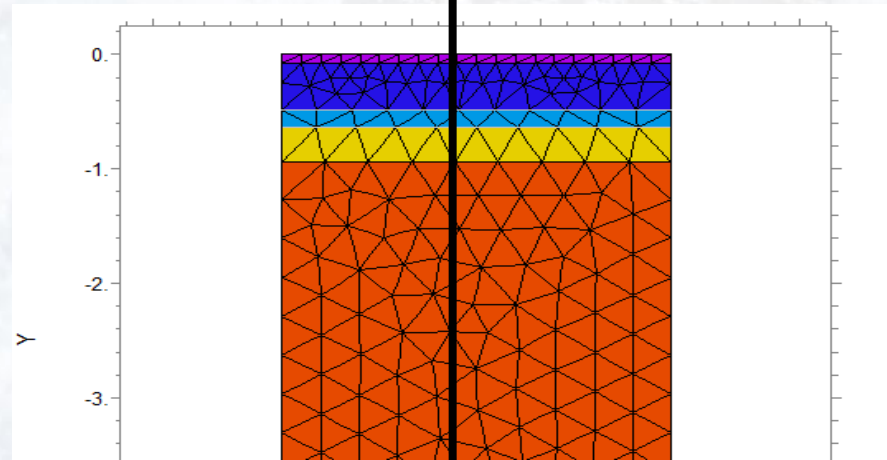
# II. Volet Thermique / Abaque de conception



Données de laboratoire

Données terrain (validation)

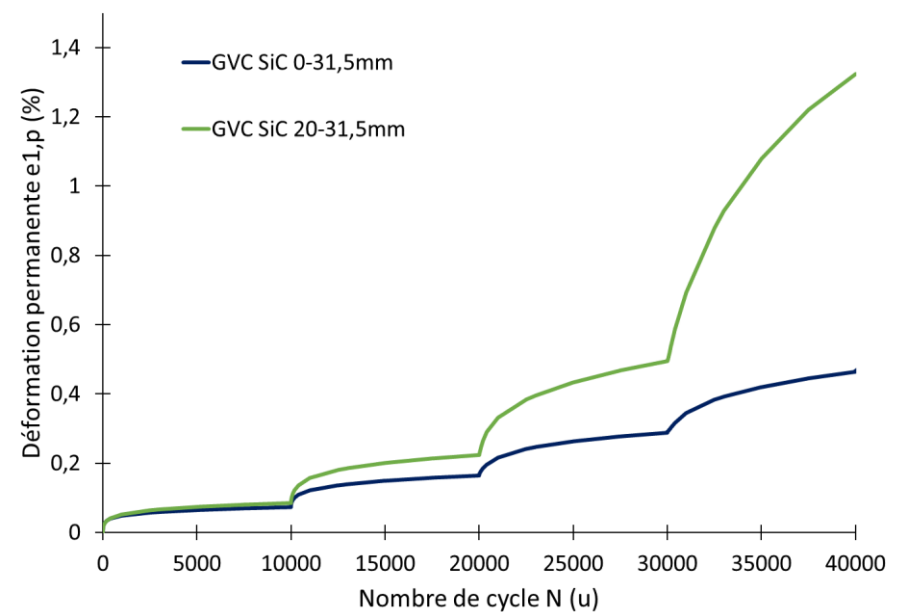
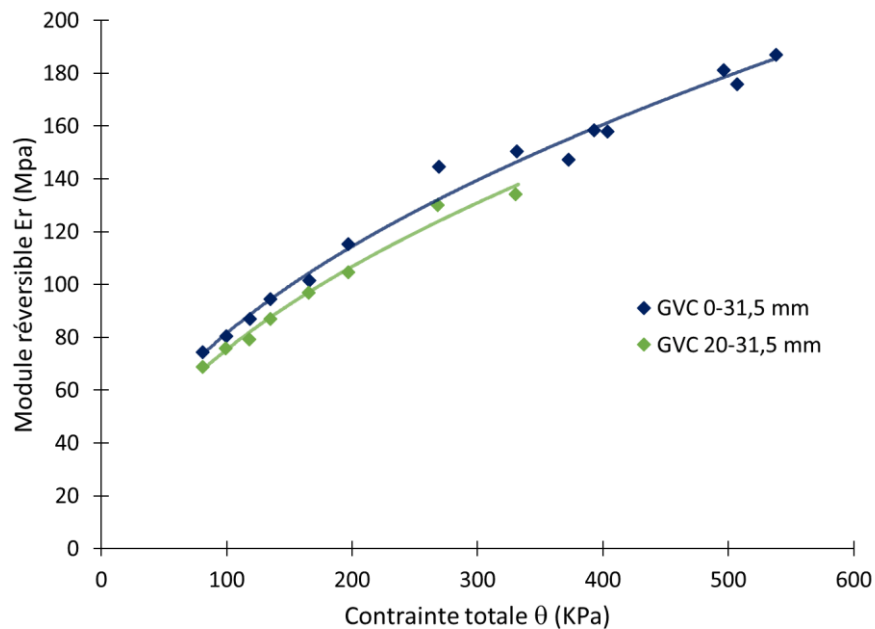
Simulation



Développement d'un outil en fonction de  $\nabla T$  régionaux,  $H_{GVC}$  et  $\lambda_D$



$\underline{M}_R$  (AASHTO.307.99) &  $\underline{\varepsilon}_p$  (EN 13286-7) 0/31,5 mm – 20/31,5 mm



- MÉCANIQUE : Avantage à avoir la granulométrie la plus étalée





## Développement des lois d'endommagement des GVC

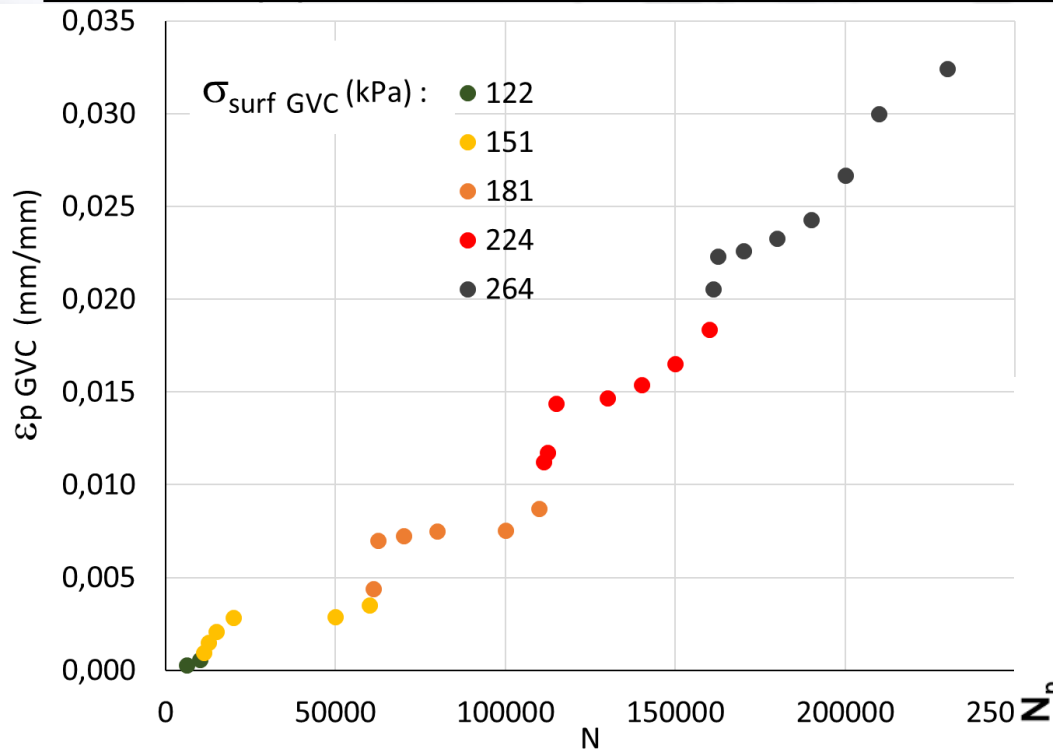


Charge 1/2 essieu (kg)	$\sigma$ surf GVC (kPa)	Nbr de Charge
2 000	122	5 000
2 500	142	5 000
3 000	151	50 000
4 000	181	50 000
5 000	224	50 000
6 000	264	70 000

<b>EB</b>	100 mm
<b>MG20</b>	200 mm
<b>GVC</b>	200 mm
<b>MG112</b>	250 mm
<b>Sable Silteux</b>	1100 mm

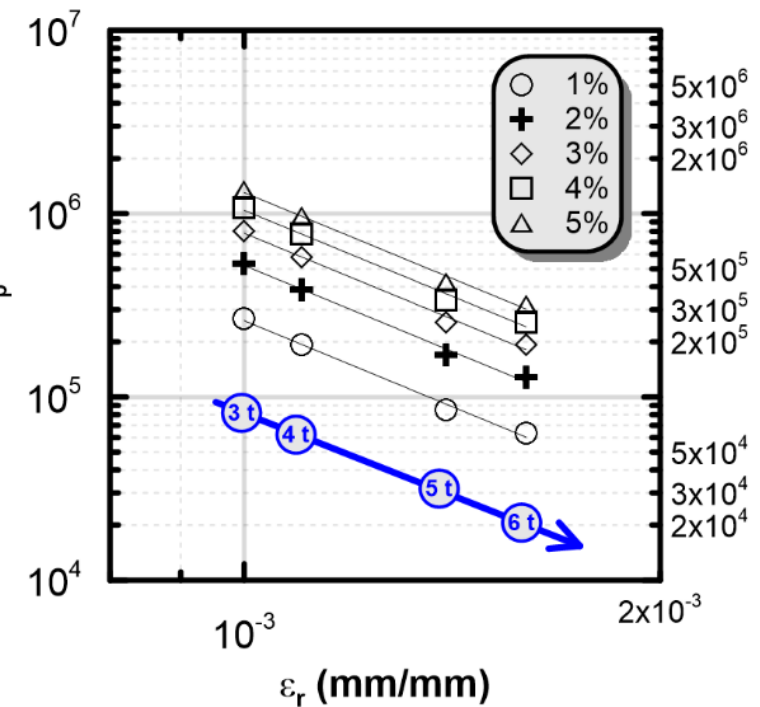


## Développement des lois d'endommagement des GVC



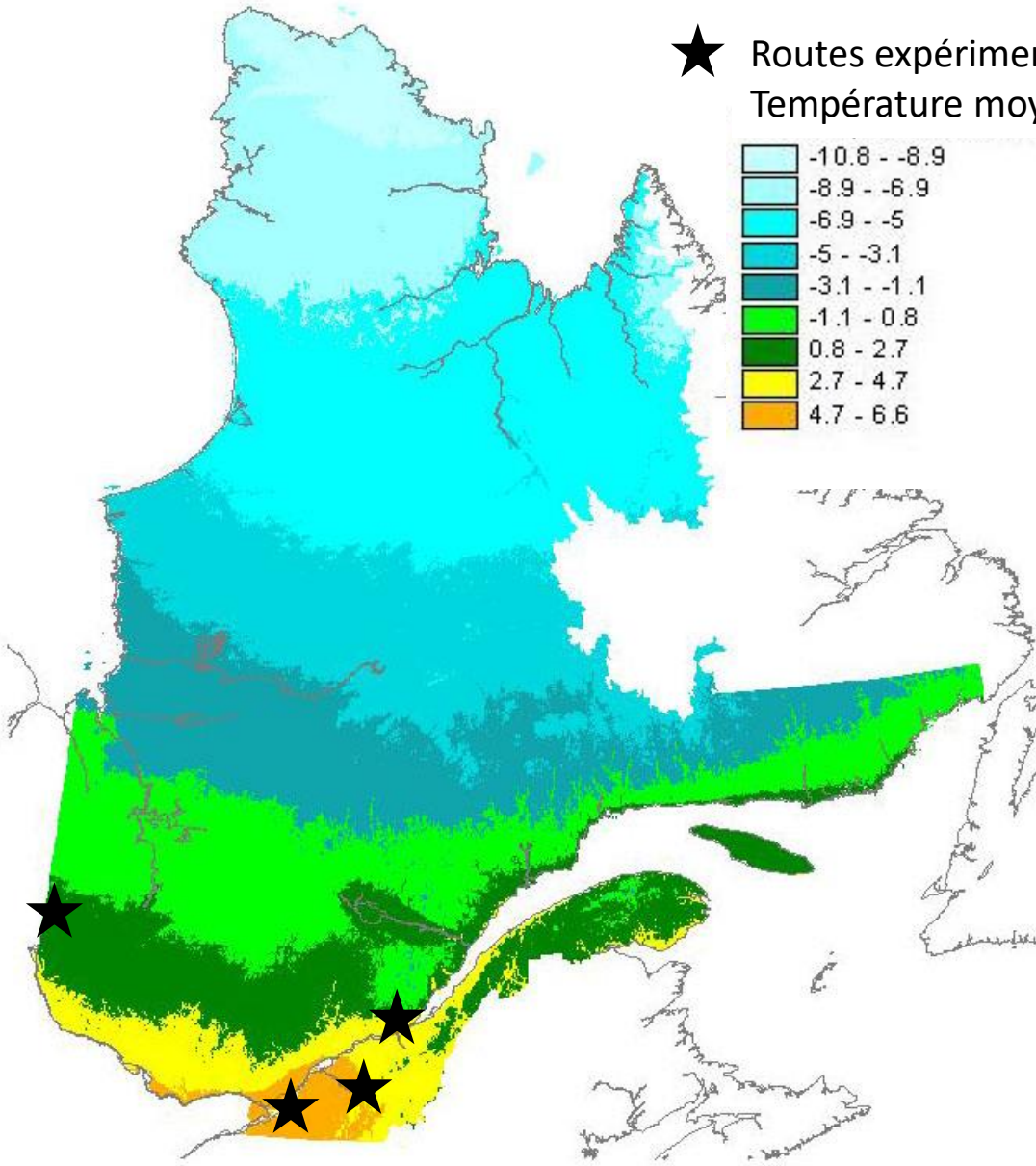
➤ Validation des lois prévues au simulateur routier à échelle réduite

➤ Déformation réversible admissible sur la couche de GVC en fonction de  $N$  et de % déformation permanente





# IV. Routes expérimentales



1:10000000







## 1. Laboratoire / Complément

- Mécanique : Validation des lois d'endommagement au petit simulateur
- Environnementale : Interaction avec l'eau

## 2. Modélisation et développement d'abaques de conception

- Thermique
- Mécanique
- Remblai léger

## 3. Planche d'essai suivi mai 2021

## 4. Articles et Conférences

## 5. Projet Pilote / Nouvelles méthodes de conception

- MTQ : remblai et route



# Merci !

