



Chaire de recherche industrielle
du CRSNG sur l'interaction
charges lourdes-climat-chaussées



Utilisation des granulats de verre cellulaire : Principe.

Guy Doré (Pr. Ph.D., Ing., U. Laval)
Jean Côté (Pr. Ph.D., Ing., U. Laval)

Jean-Pascal Bilodeau (Ph.D., Ing., U. Laval)
Pauline Segui (Ph.D., U. Laval)



CENTRE D'ÉTUDES NORDIQUES
CEN Centre for Northern Studies

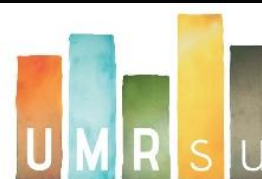


UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des Sciences et de génie
Département de génie civil



**CRSNG
NSERC**



I. Problématiques

Les routes québécoises / La gestion des résidus de verre au Québec

II. Le Verre Cellulaire

Origine, Processus de fabrication et variétés, usages validés et en développement

III. Programme RDC du CRSNG

IV. 1^{er} Résultats et Principes d'utilisation

V. Perspectives



I. Problématiques

➤ Les difficultés de la gestion des infrastructures aux Québec

- Sols sensibles au gel et compressibles
- Gel saisonnier
(Gonflements hivernaux / pertes de portance printanier)
- Pergélisol déstabilisé



I. Problématiques

- La gestion des résidus de verre au Québec
 - **2013** : fermeture de Klareco
(usine de refonte Longueuil)
 - **2014** : Tricentris produit de Verrox
(poudre de verre pour addition cimentaire)
 - **250 000 t/an** de verre dont **100 000 t/an** en décharge



→ % faible du verre mixte utilisé en fibre, laine, poudre abrasive ou addition cimentaire

→ Problèmes récurrents de contamination (système des bacs de tri)



I. Problématiques

➤ Durabilités des routes :

Besoin de matériaux isolants, légers, drainants, performants et durables.



➤ Les résidus de verre :

Voie de valorisation à valeur ajoutée.



Production de Granulats de Verre Cellulaire - **GVC** :
matériau léger, isolant et drainant.



II. Le verre cellulaire



Calcin
(Récupération, Lavage,
Broyage)

+

**Agent
gonflant***
(2 %_m)

Moussage 700 - 950°C
état viscoélastique verre et
décomposition gazeuse agent (CO, CO₂, SO₃)



Fractionnement du "gâteau"
(trempe air + concassage) =
Granulats de Verre Cellulaire



II. Le verre cellulaire

- Fondation de bâtiment



- Construction routière



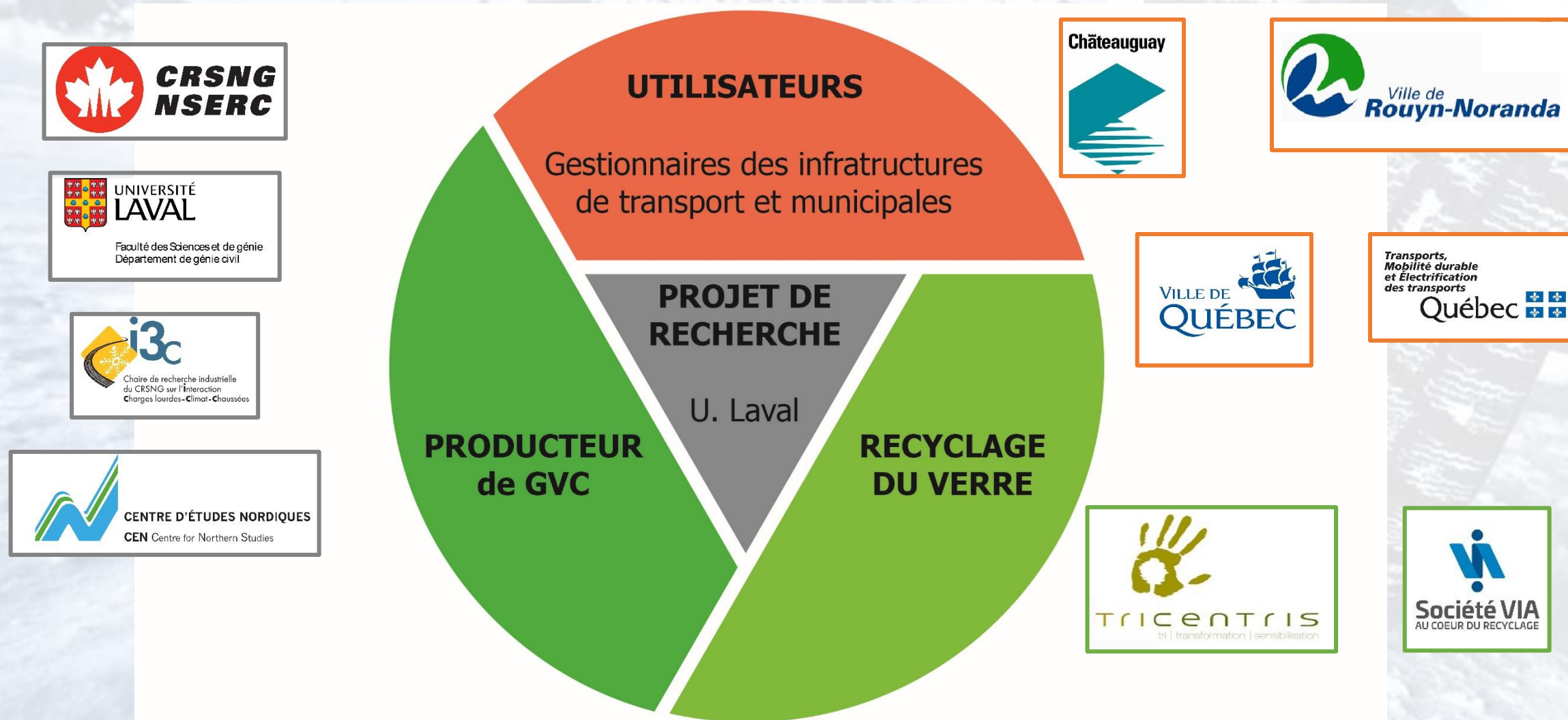
- Protection de canalisation



- La Suisse utilise les GVC depuis les années 1970. Avec l'Allemagne et l'Italie, ils consomment 500 000 m³/an.
- La Norvège et la Suède utilisent 50 000 m³/an
- Début production en Finlande en 2011 et en 2017 aux USA.



III. Programme RDC du CRSNG



III. Programme RDC du CRSNG

➤ 2018-2022

CONTEXTE

- Gel saisonnier
- Pergélisol
- Remblais léger

APPLICATION

- Isolation
- Extraction de Chaleur
- Sol compressible
- Drainage

ESSAIS

- Laboratoire
- Planches expérimentales
- Modélisation



Objectifs

- Améliorer les **performances des infrastructures routières** en contexte nordique en optimisant les performances des GVC en place (formulation de fuseaux de GVC adaptés).
- Développer une nouvelle **voie de valorisation** à forte valeur ajoutée au résidus de verre.
- Donner **des recommandations** pour utiliser les GVC au maximum de leur potentiel (utiles aux ébauches de devis).
- Assurer un **niveau de confiance** adéquat pour les utilisateurs en définissant les performances des GVC pour les différentes applications visées.



IV. Analyse de Laboratoire

➤ Éléments de comparaison 1^{er} lot (SiC).

	GVC (SiC)	XPS ¹	Granulats traditionnels ²
Masse volumique solide (Kg/m ³)	300	50	2700
Masse volumique compactée (Kg/m ³) ³	200	/	1900 - 2200
Conductivité thermique [sec-humide] (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	0,06 - 0,09 ⁴ 0,15 - 0,25 ³	0,03 - 0,06	1 – 2
Module réversible (MPa) ⁵	120 - 150 ⁵	15 ⁶	300 - 400 ⁵
Résistance en Compression (MPa)	1 - 6 ⁴	0,1 ⁷ - 0,4 ⁸	100 – 600 ⁴

¹ Panneaux polystyrène extrudé

² Calcaire, Granique, Gneiss

³ Marteau vibrant [LC 22-400]

⁴ Pour une particule

⁵ Mesure avec cellule triaxiale ($\sigma_t = 400$ kPa)

⁶ Logiciel i3C-me guide d'utilisateur [ASTM D 1621]

Valeur minimale exigée [MTQ 14301 / ASTM D1621]:

⁷ Cœur de remblais léger

⁸ Isolation de chaussée



IV. Pilotes de la phase exploratoire

➤ Mise en place suivant les recommandations européennes :

Ratio XPS 1:3,

Utilisation de géotextile,

Compaction visée 20 %,

Limitation du poids des engins et du nombre de passage.

Validation des
performances
isolantes des GVC.

- Isolation de conduite (Drummondville), 2015: GVC vs XPS
- Isolation de chaussées (Kingsey Falls), 2015 : GVC vs XPS vs témoin
- Isolation de chaussées et de trottoirs (Québec), 2017 : GVC vs XPS vs ancrage vs témoin



IV. Essais avec le simulateur climatique et de charges lourdes

- Simulateur de charges lourdes roulantes et climatique:

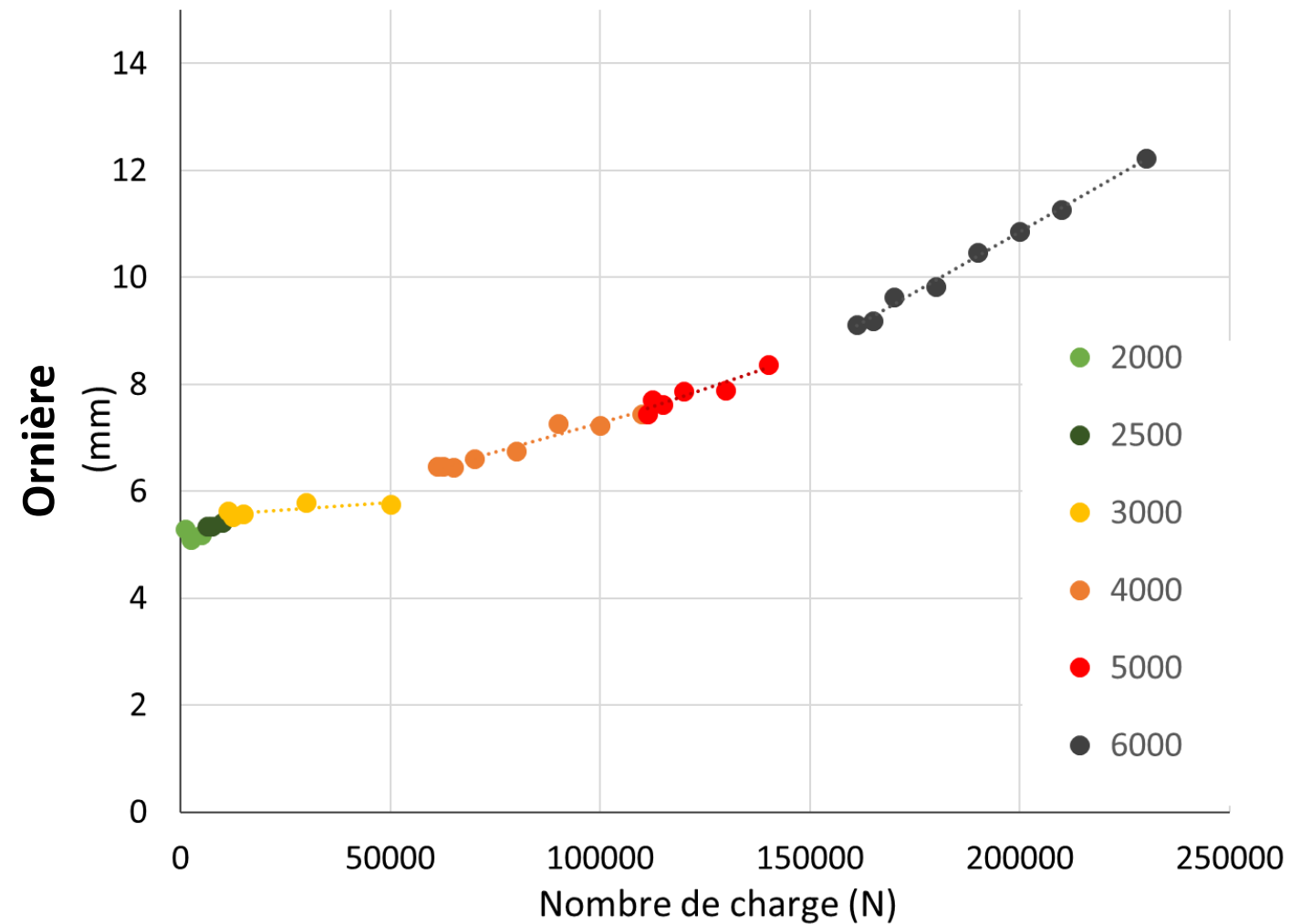


Étude de structure en conditions idéalisées sous charge :

- Comportement au gel / dégel
- Réponse mécanique réversible
- Endommagement à long terme



IV. Critère mécanique

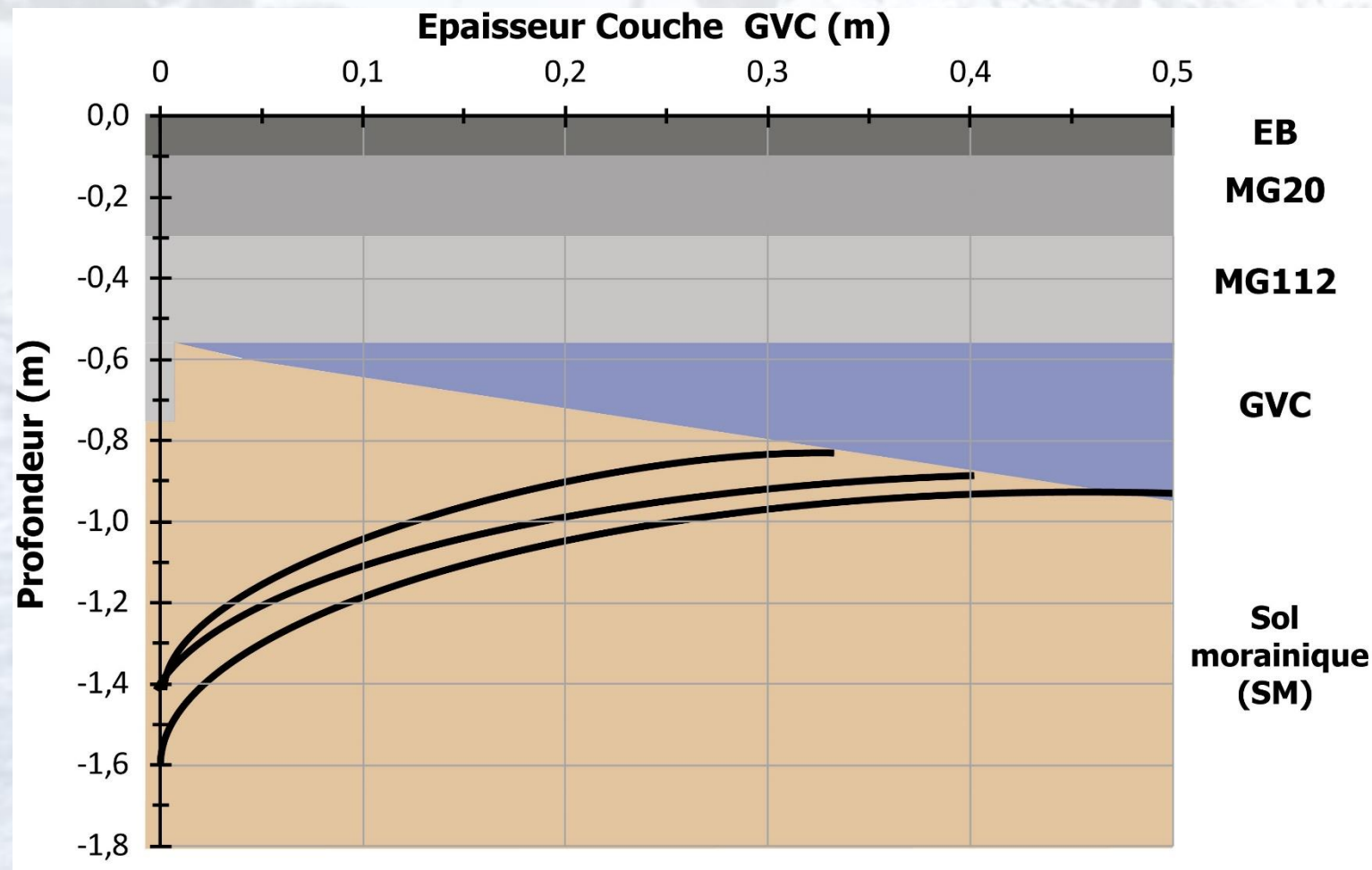


Orniérage et déformations enregistrés en fonction des charges

$$\Rightarrow \sigma_{\text{trans}} = f(N_{\text{adm}})$$



IV. Abaque de Principe : Critère thermique



Front de gel
pour des indices de gel
(°C-jour) : 600, 1000 et 2000.



V. Perspectives

- Étude comparative de 3 types de verre cellulaire et de l'effet de la granulométrie.
- Développer et affiner les critères de dimensionnement thermique et mécanique.
- Planche d'essai expérimentale de validation (ville de Rouyn-Noranda et Châteauguay).





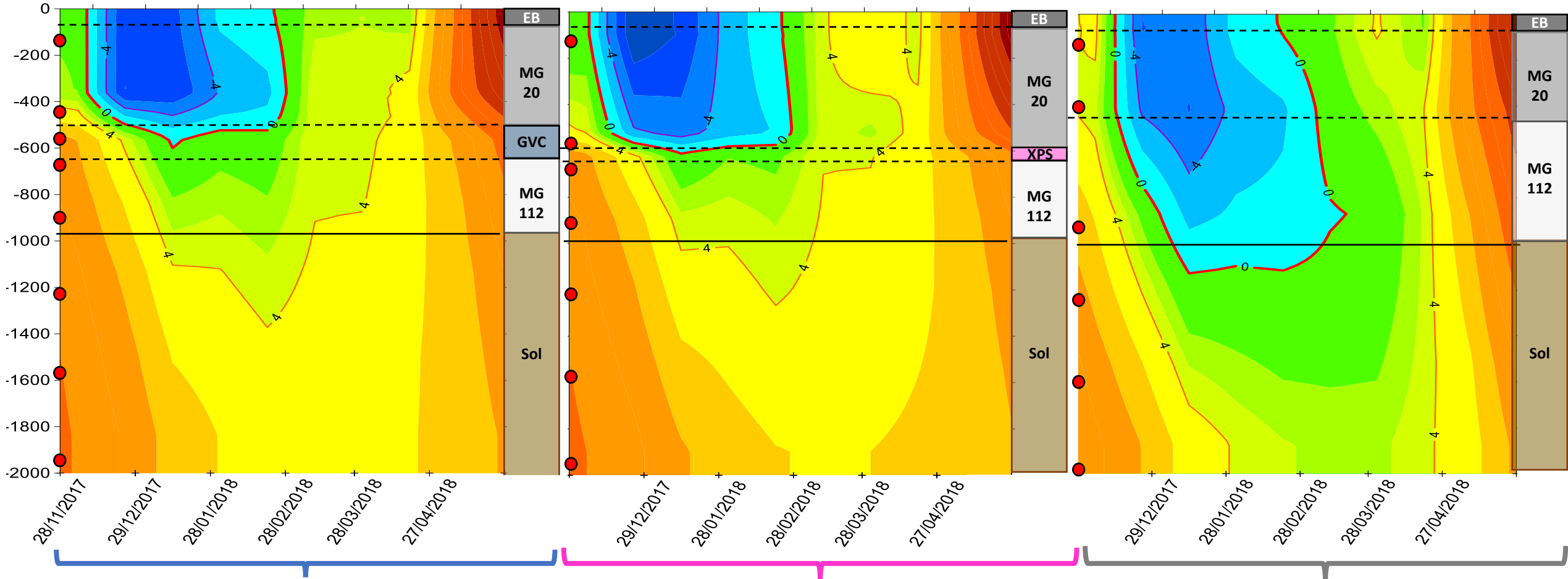
Chaire de recherche industrielle
du CRSNG sur l'interaction
charges lourdes-climat-chaussées



IV. 1^{er} Résultats : Pilotes de la phase exploratoire

■ Isolation de chaussées (Kingsey Falls) : hiver 2017-2018

Profondeur
(mm)



Section GVC (SiC)

Section XPS

Section Référence

● Capteur de Température