



**EXPÉRIMENTATION DU CONCEPT DE
STRUCTURE INVERSE POUR LE
RENFORCEMENT DE CHAUSSÉES
SOUMISES AUX CHARGES D'AUTOBUS
URBAINS**

Congrès INFRA

Hôtel Hilton Québec

9 novembre 2011

Objectifs du projet

- Renforcer de façon optimisée les chaussées soumises aux charges d'autobus urbains
- S'attaquer aux causes des problèmes rencontrés et non à leurs effets
- Utiliser le plus possible les matériaux recyclés disponibles localement
- Viser un meilleur rapport bénéfices/coûts

Sollicitations et contraintes de conception

- Charges :
 - conception : 8 165 kg (1.0 ECAS)
 - légale : 10 000 kg (2.2 ECAS)
 - autobus standard : 11 670 kg (4.2 ECAS)
 - autobus articulé : 12 120 kg (4.9 ECAS)
- Gel et dégel :
 - portance réduite au dégel
 - contrôle inexistant au dégel
- Particularités :
 - trottoirs et bordures (rehaussement impossible)
 - services d'utilités publiques à conserver (750 mm de profondeur)

Modes d'endommagement des chaussées

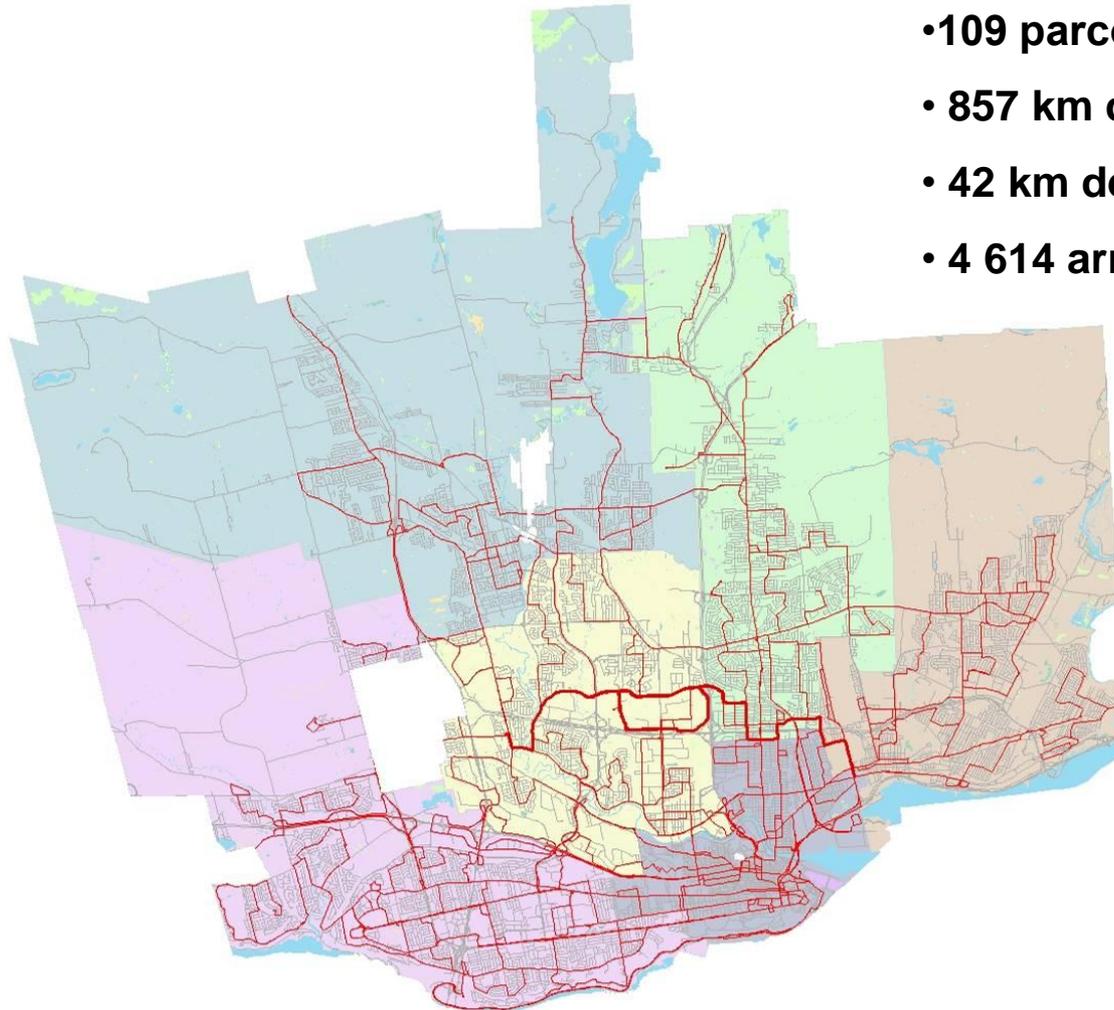


Déformation permanente



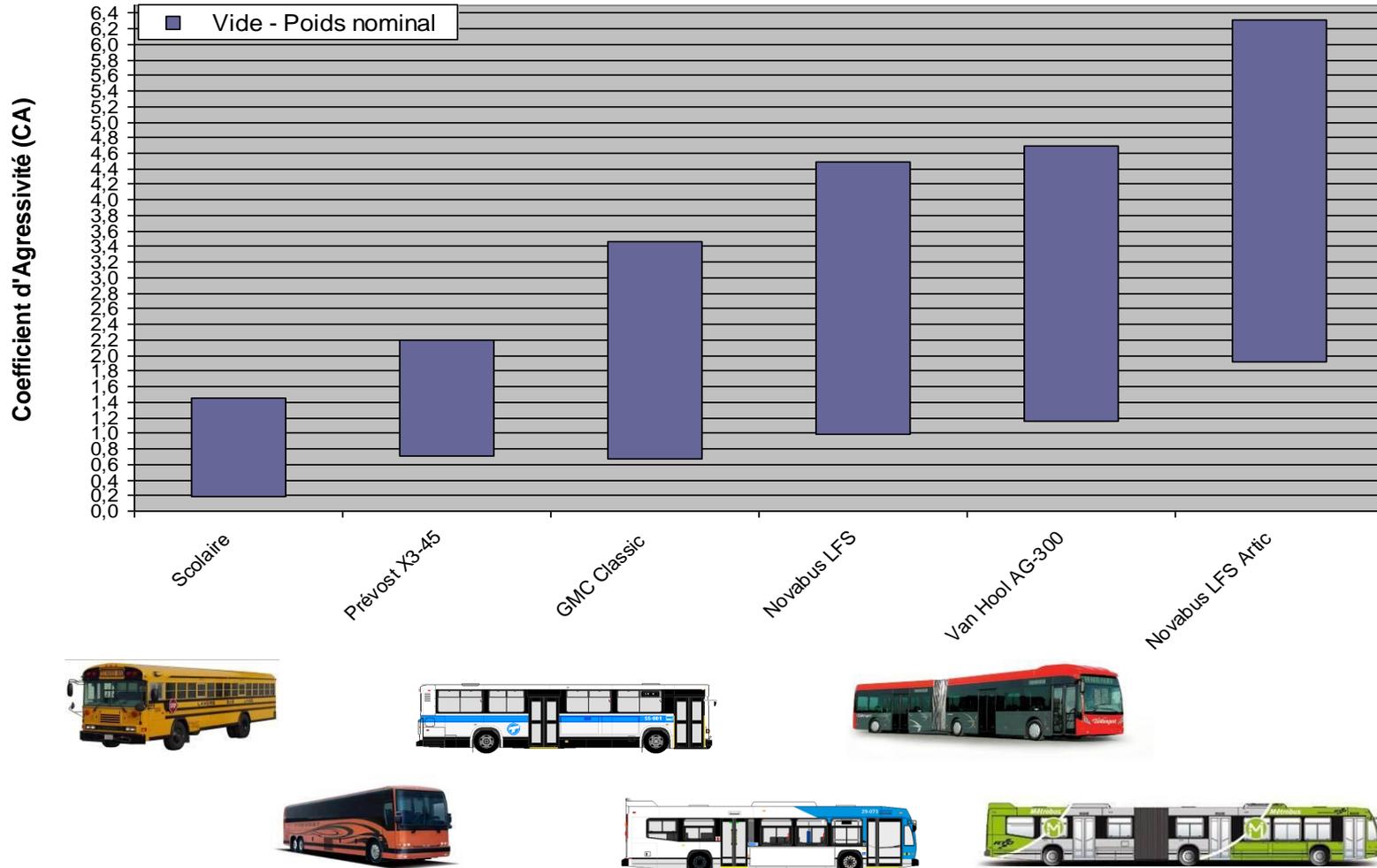
**Fissuration par
fatigue**

Réseau des circuits d'autobus sur l'ensemble du territoire

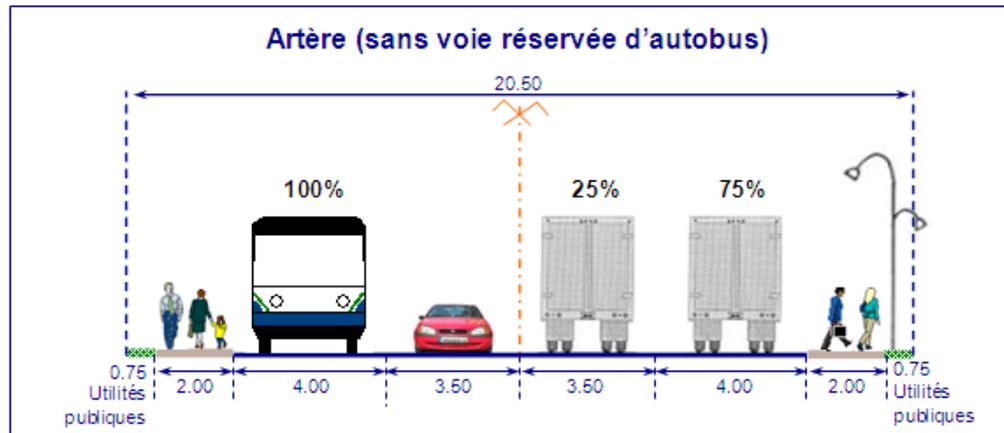
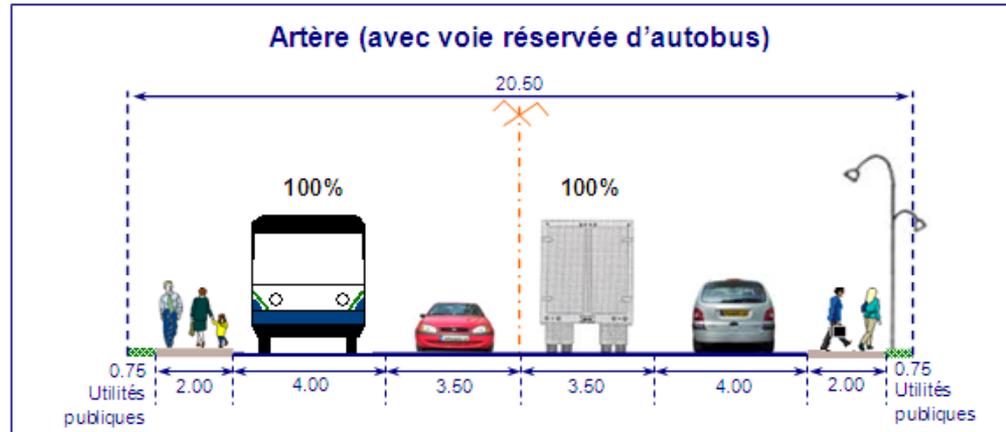


- **109 parcours d'autobus**
- **857 km de réseau**
- **42 km de voies réservés**
- **4 614 arrêts**

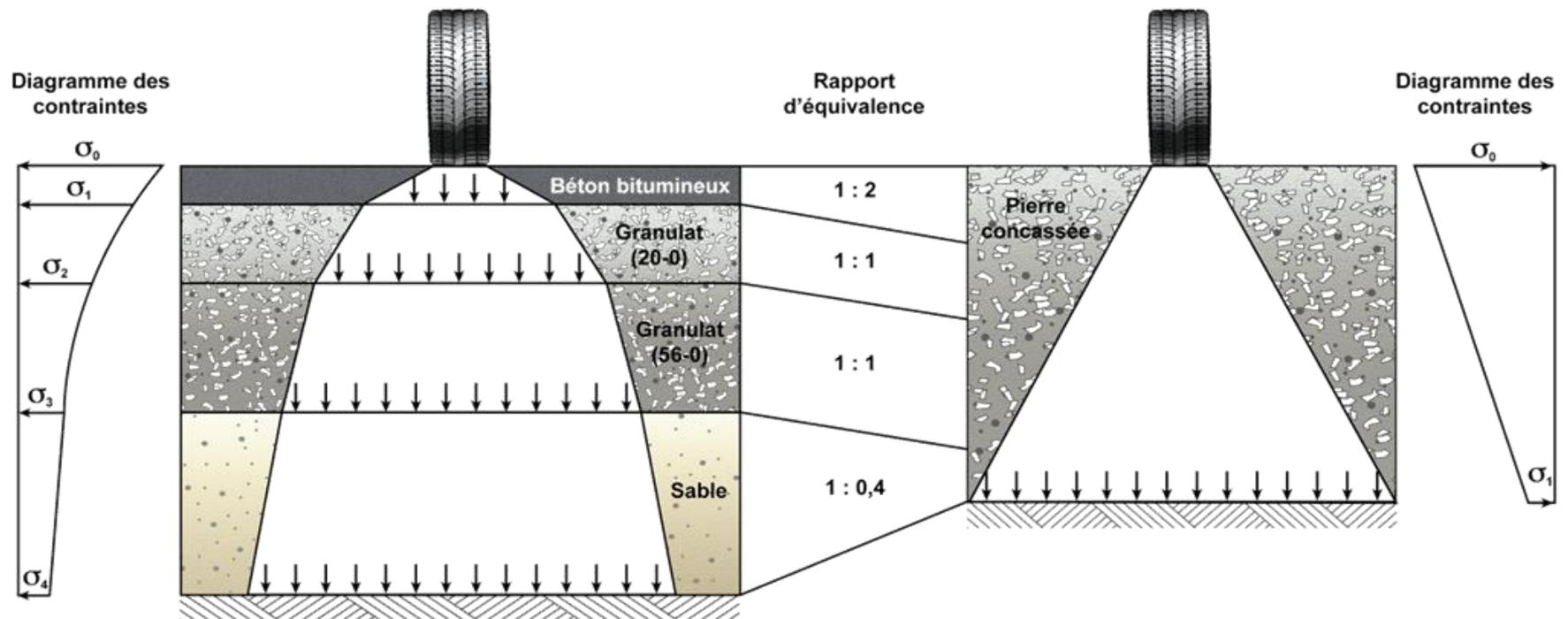
Évaluation de l'agressivité de différents types d'autobus



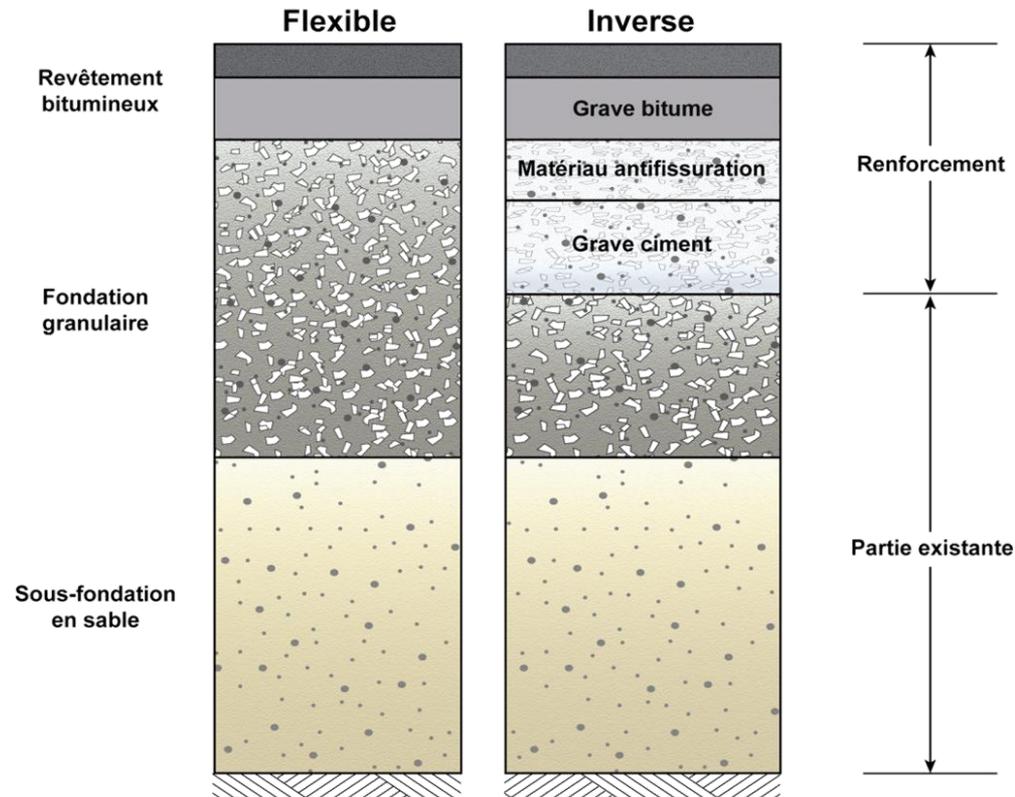
Répartition des véhicules lourds sur le réseau artériel



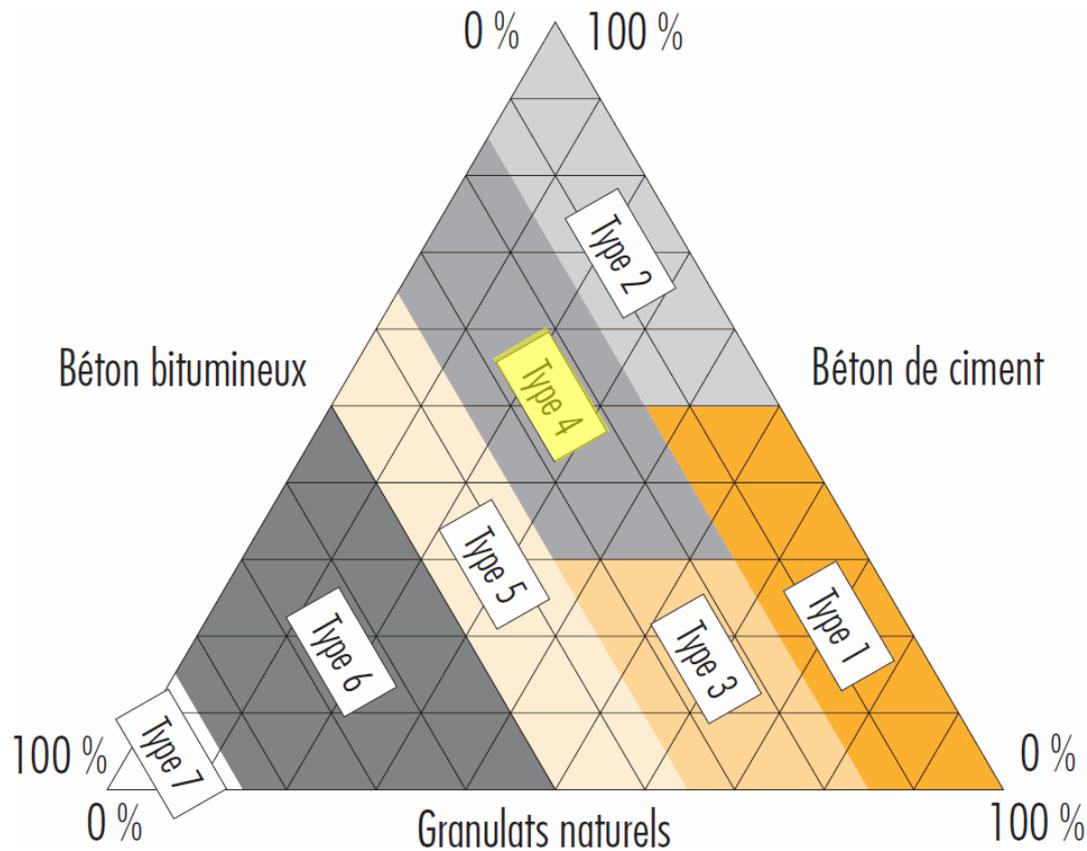
Comparaison de différentes approches de conception



Renforcement de chaussée flexible à l'aide d'une structure inverse



Composition du matériau granulaire de la grave rave ciment



Endommagement relatif d'une chaussée flexible

ARTÈRE PRINCIPALE

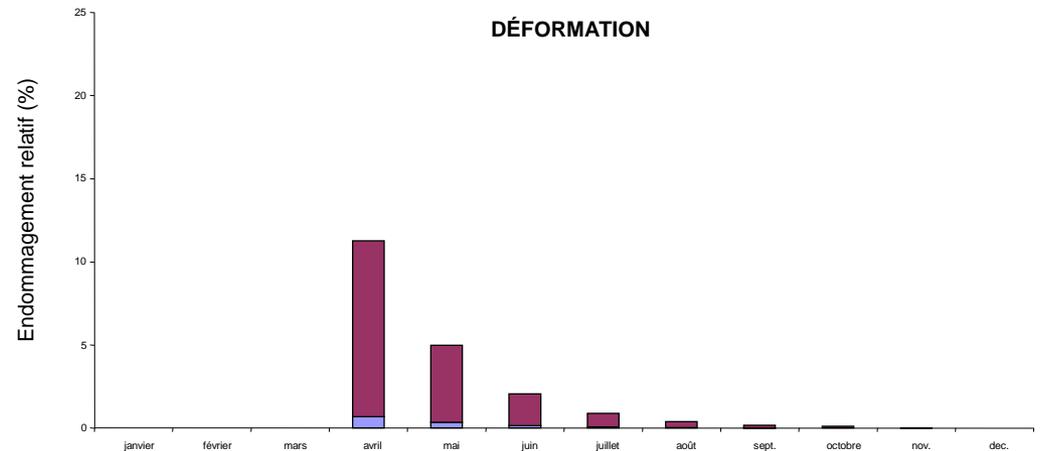
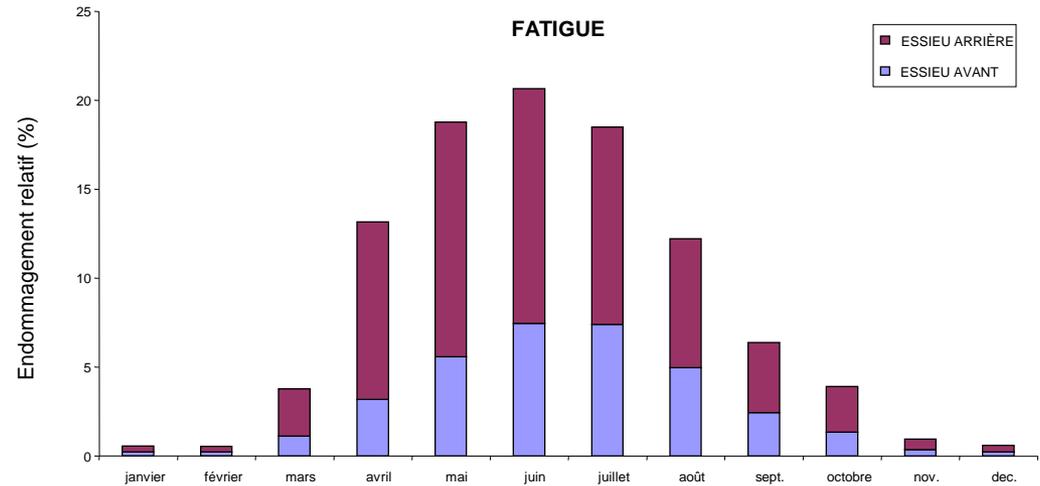
TRAFIC D'AUTOBUS: 250 Aj
VITESSE DES AUTOBUS: 50 km/h

	(mm)	(mm)
1) EB-10S		40
2) EB-20		70
<i>Revêtement:</i>	110	
3) MG		450
4) ST		450
<i>Épaisseur Totale:</i>	1010	
5) SS1		790
6) SS2		-----

ENDOMMAGEMENT RELATIF

Fatigue: 100%
 Déformation: 20%

DURÉE DE VIE: 5 ans



Endommagement relatif d'une chaussée inverse

ARTÈRE PRINCIPALE

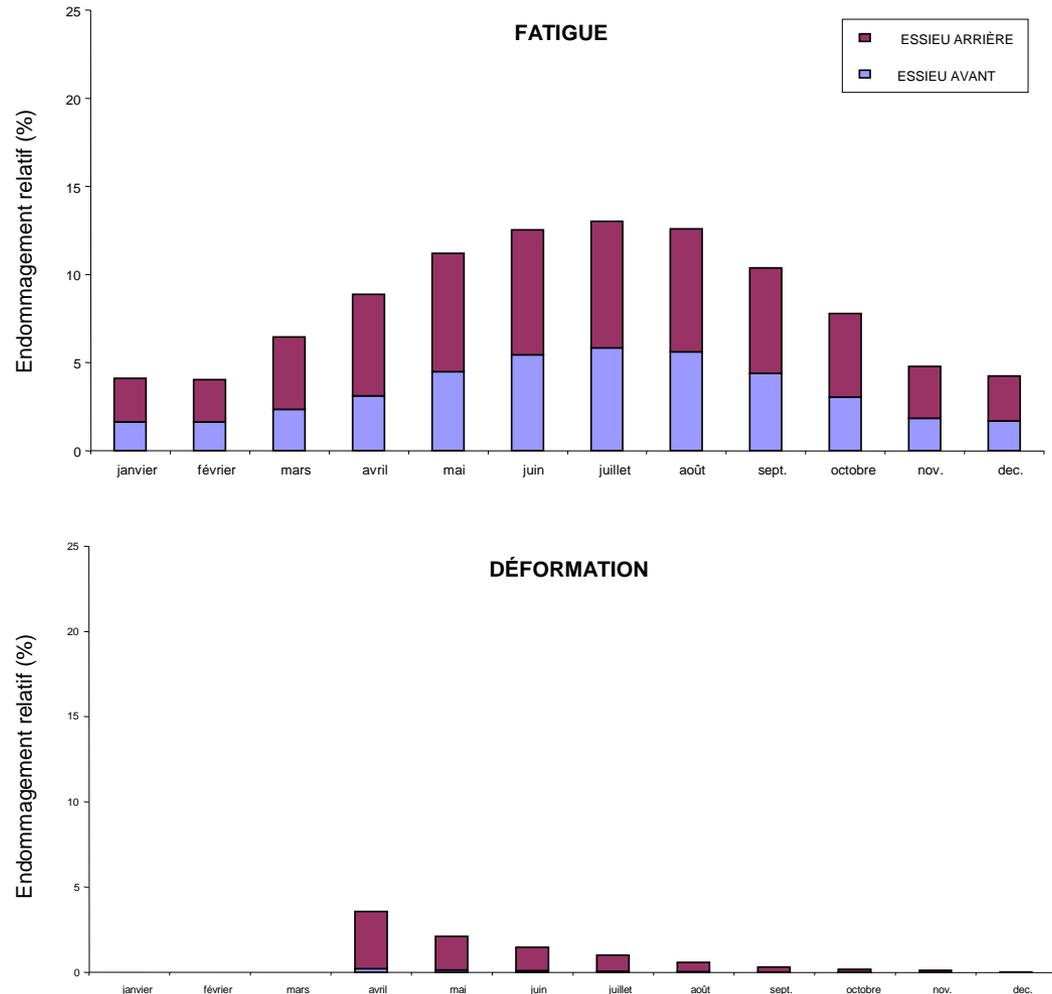
TRAFIC D'AUTOBUS: 250 A/j
VITESSE DES AUTOBUS: 50 km/h

	(mm)	(mm)
1) EB-10S		40
2) GBR		70
3) MAF		100
4) GCR		100
<i>Renforcement:</i>	310	
5) MG		250
6) ST		450
<i>Épaisseur Totale:</i>	1010	
7) SS1		790
8) SS2		-----

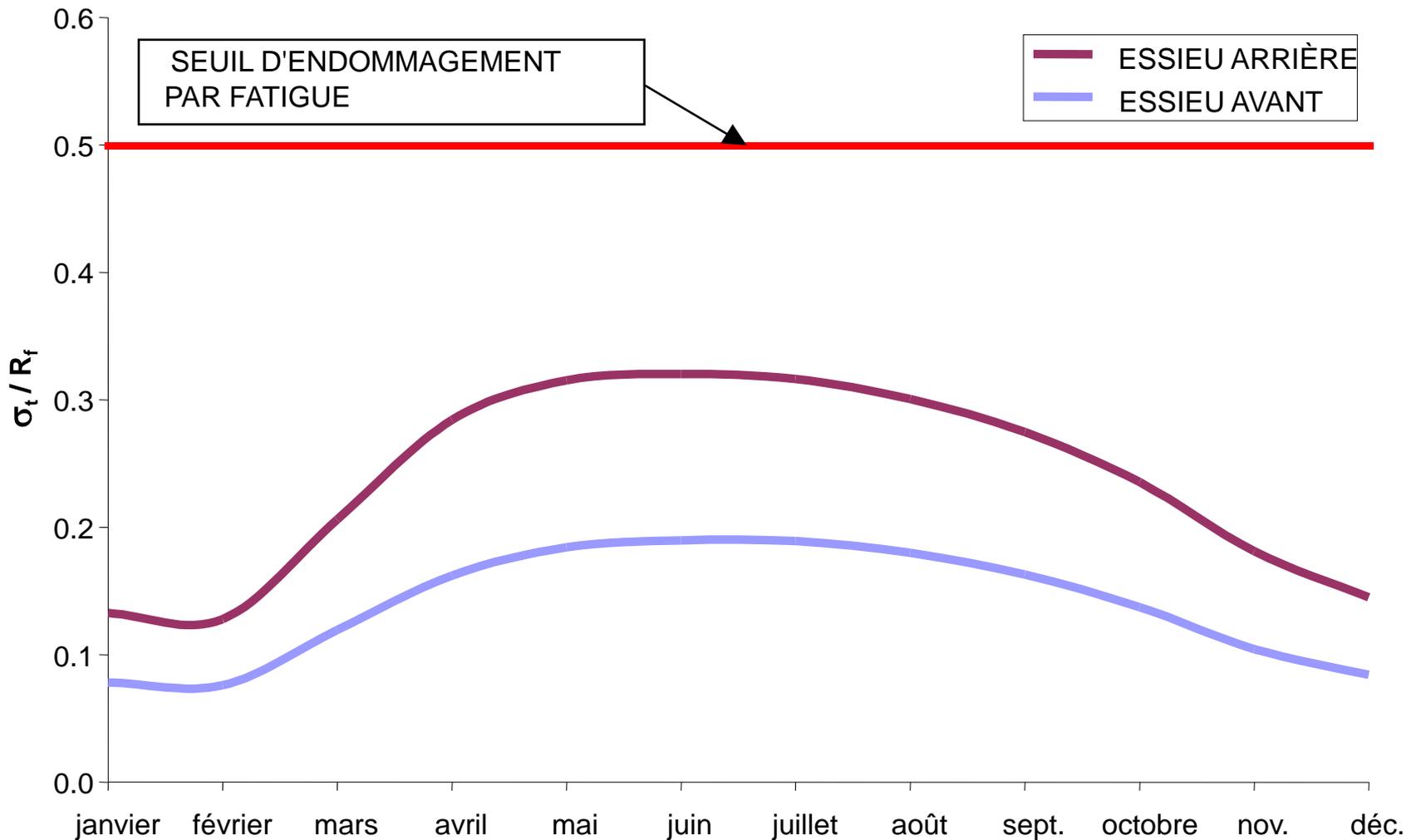
ENDOMMAGEMENT RELATIF

Fatigue: 100%
 Déformation: 10%

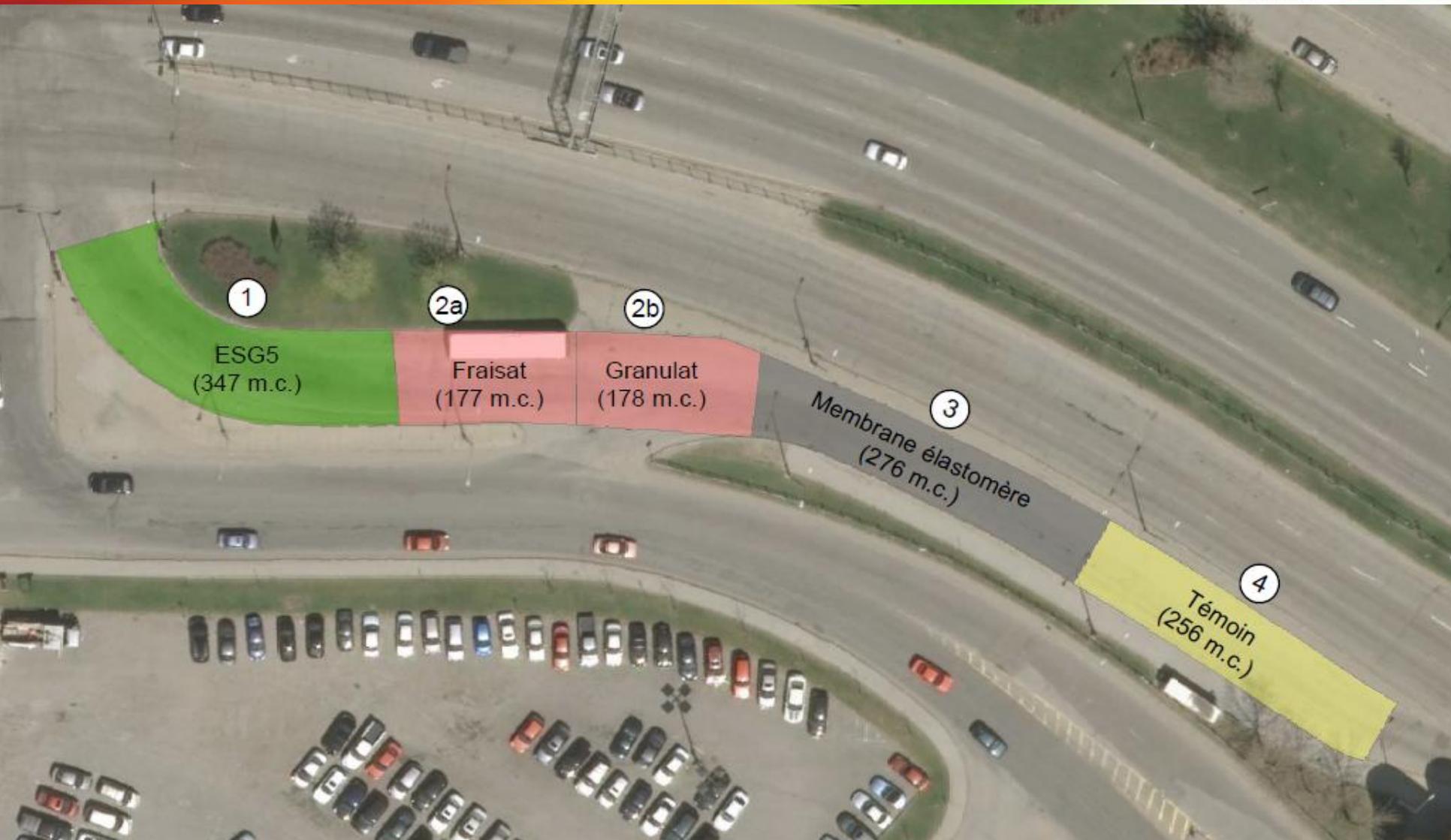
DURÉE DE VIE: 26 ans



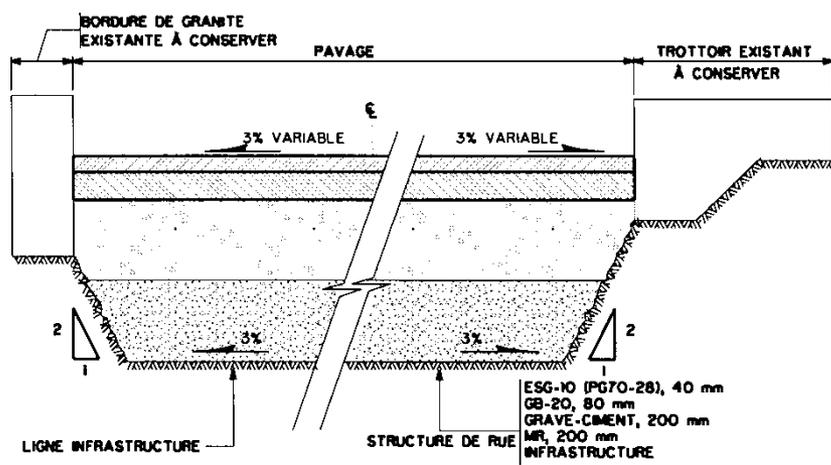
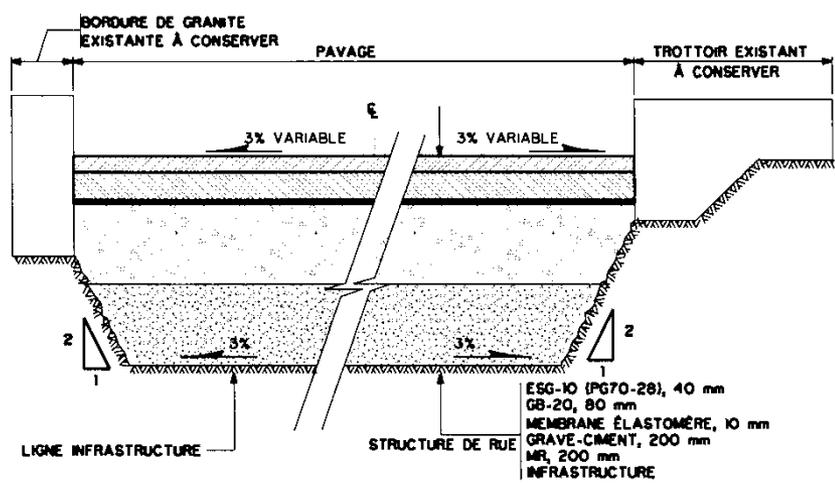
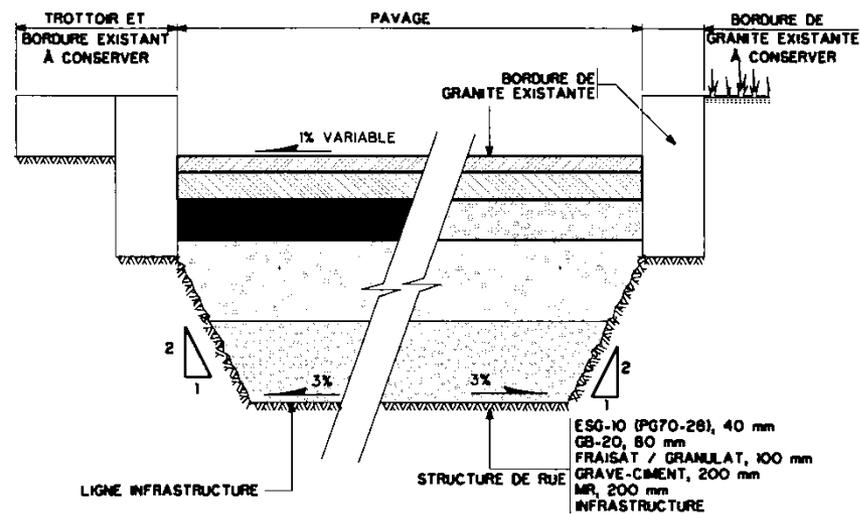
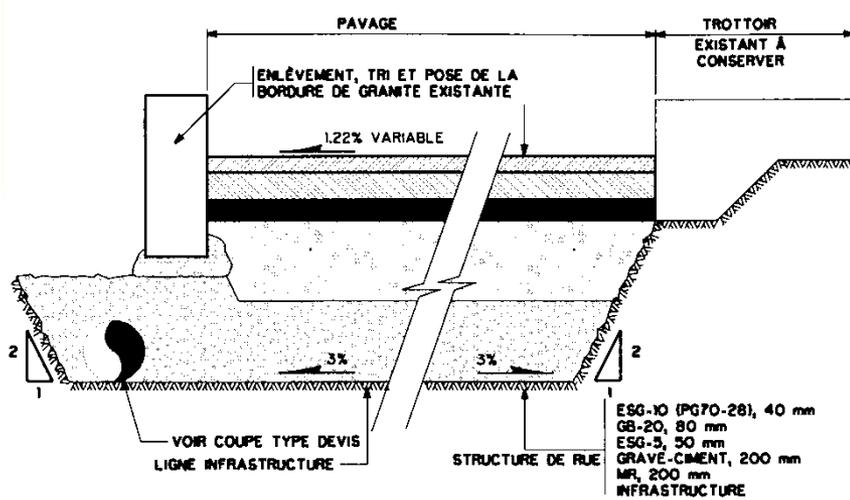
Prédiction de l'endommagement de la couche de grave ciment



Site d'expérimentation et type de matériaux antifissuration



Coupes transversales des planches d'essais



Pré-planche d'essai

Caractérisation de la grave ciment



Mise en place du mélange de grave ciment



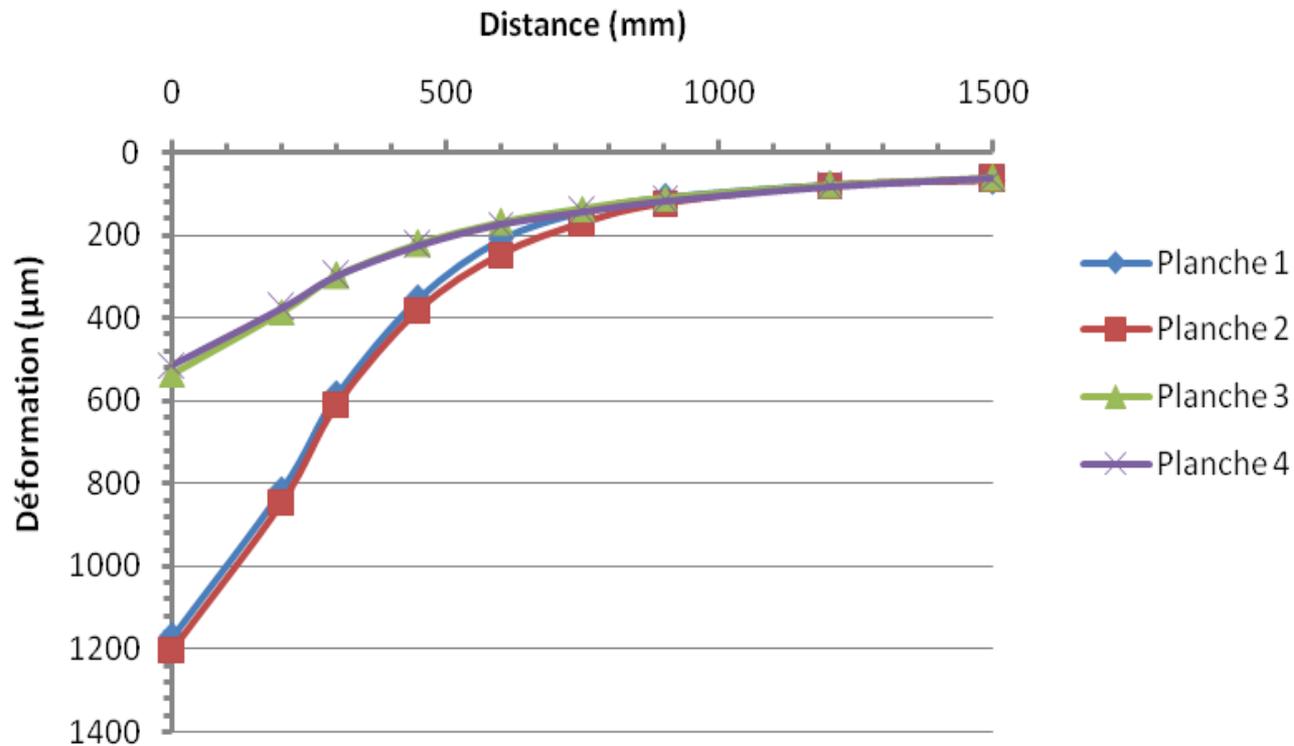
Mise en place des couches antifissuration



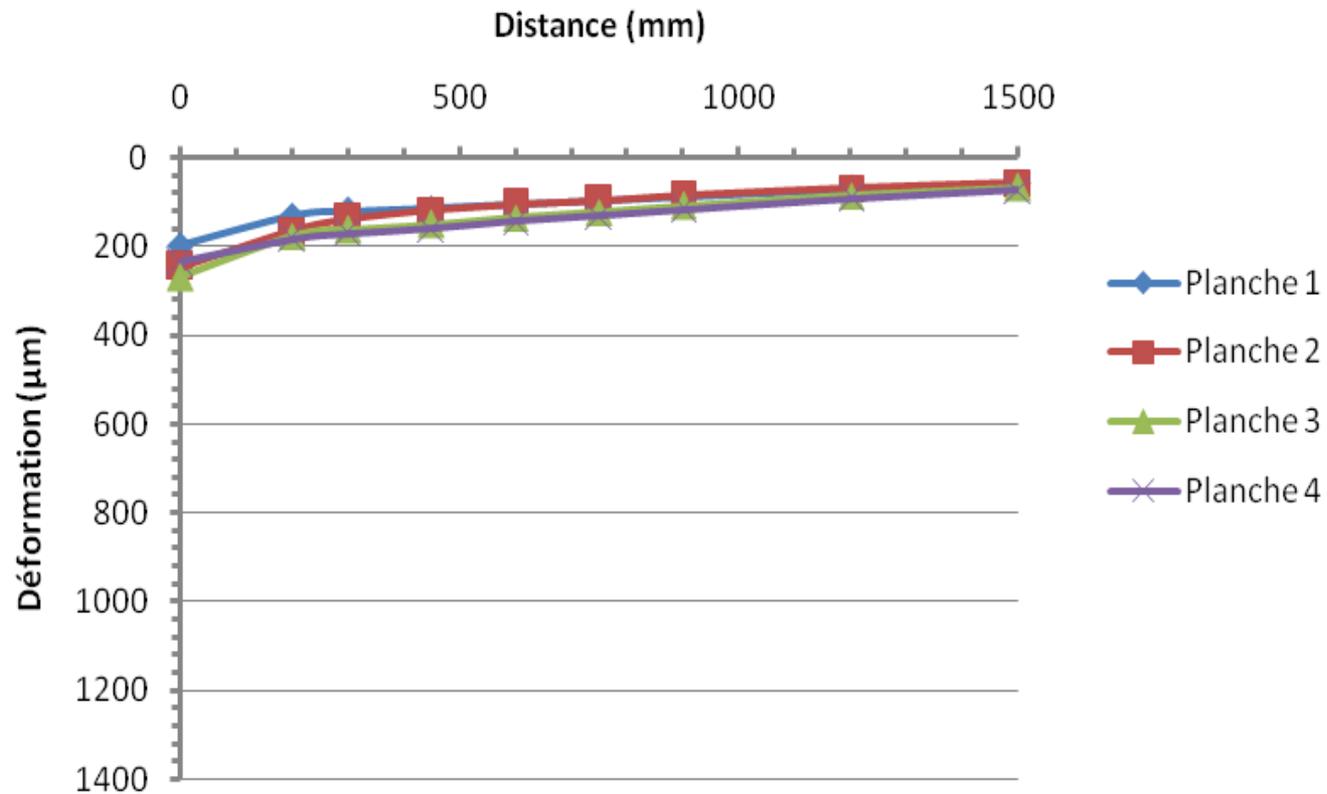
Résistances en compression et en flexion de la grave ciment

Description	Résistance en compression (MPa)	Résistance en flexion (MPa)
Modélisation	6,75	2,15
Laboratoire	11,19	1,70
Chantier	10,35	1,78

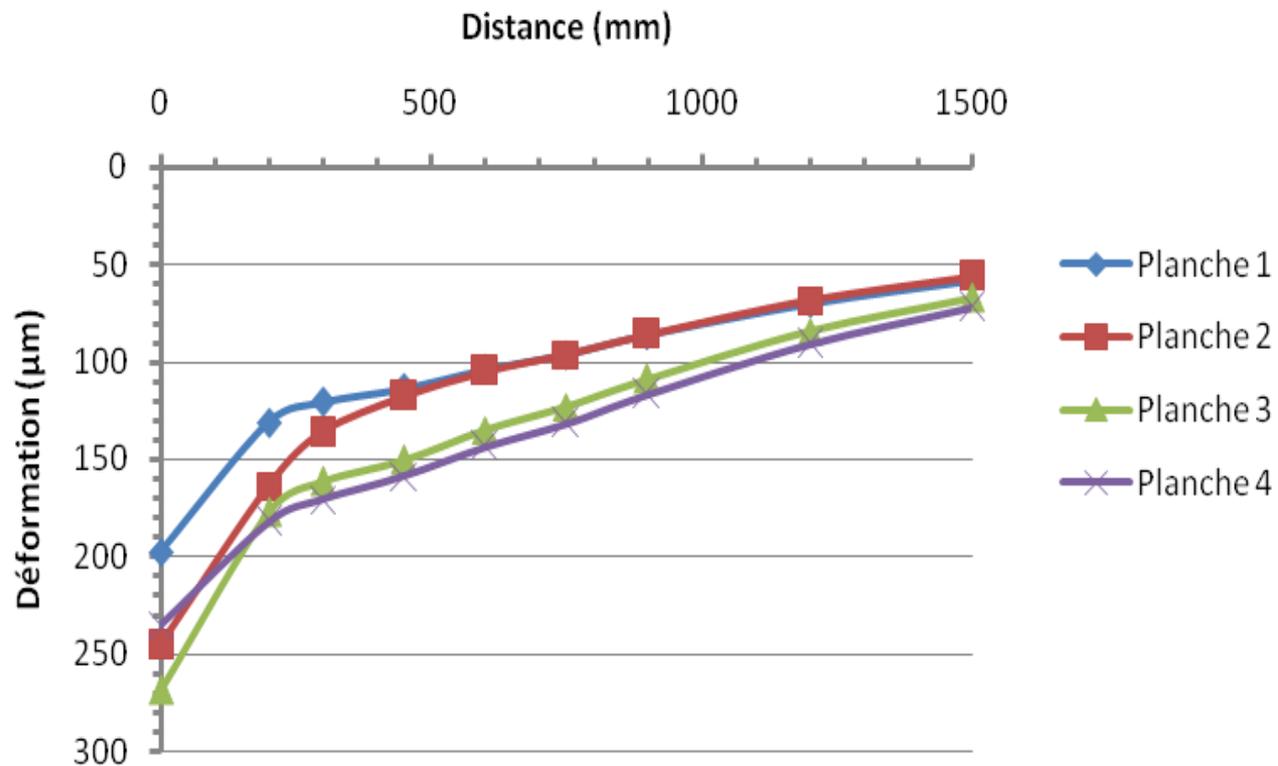
Bassins de déflexion du FWD avant les travaux



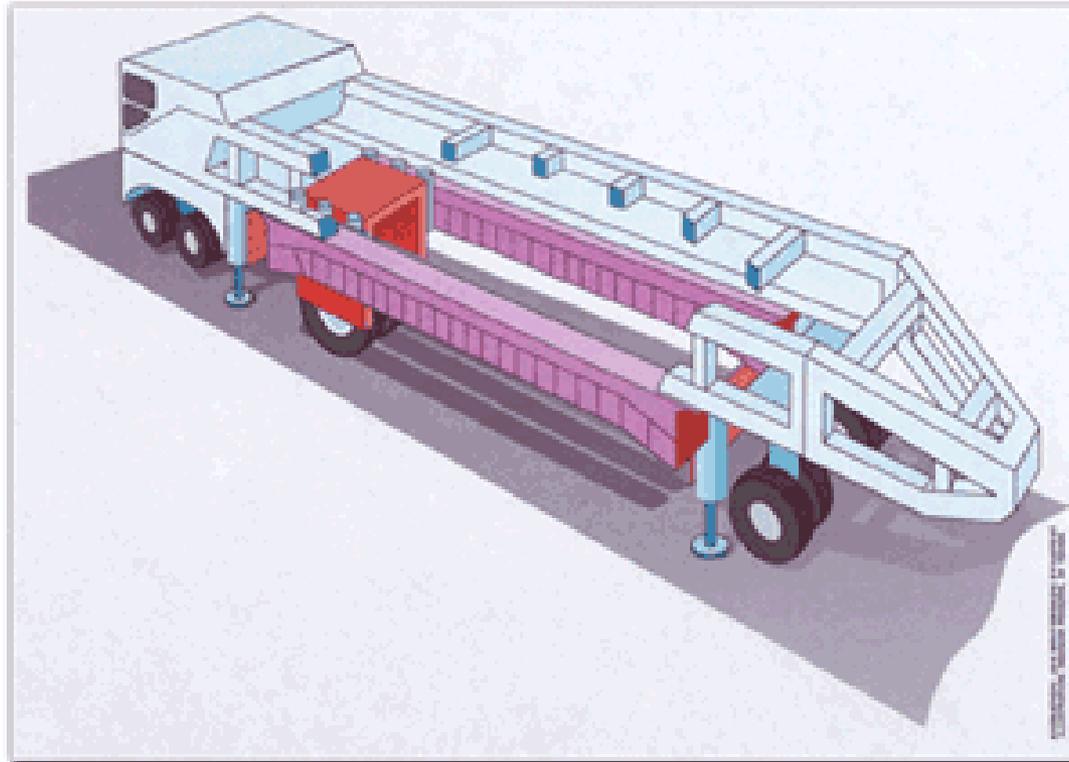
Bassins de déflexion du FWD après les travaux



Bassins de déflexion du FWD après les travaux (agrandit)



Vieillissement accéléré et suivi des performances



Les avantages des chaussées à structure inverse

Les chaussées à structure inverse permettent d'entrevoir :

- Des excavations peu profondes (500 à 600 mm)
- L'utilisation de grave ciment à faible teneur en ciment (5 %)
- Le recyclage de matériaux disponibles localement
- Des réhabilitations futures limitées à la surface
- Une très grande durabilité (4 cycles de 25 ans)
- Un bon rapport-bénéfices/coûts



MERCI

Pierre Gauthier, ing.
Service de l'ingénierie
Section planification et développement

| www.ville.quebec.qc.ca