

Le Retraitement Haute Performance (RHP) au ciment. *Rang St-Angélique*

Yves Brousseau, ing.

Directeur Développement Commercial et Services Techniques
Ciment Québec inc.



Cell : 514-718-8308

Courriel : ybrousseau@cqi.ca



Rang St-Angélique (avant 2012)



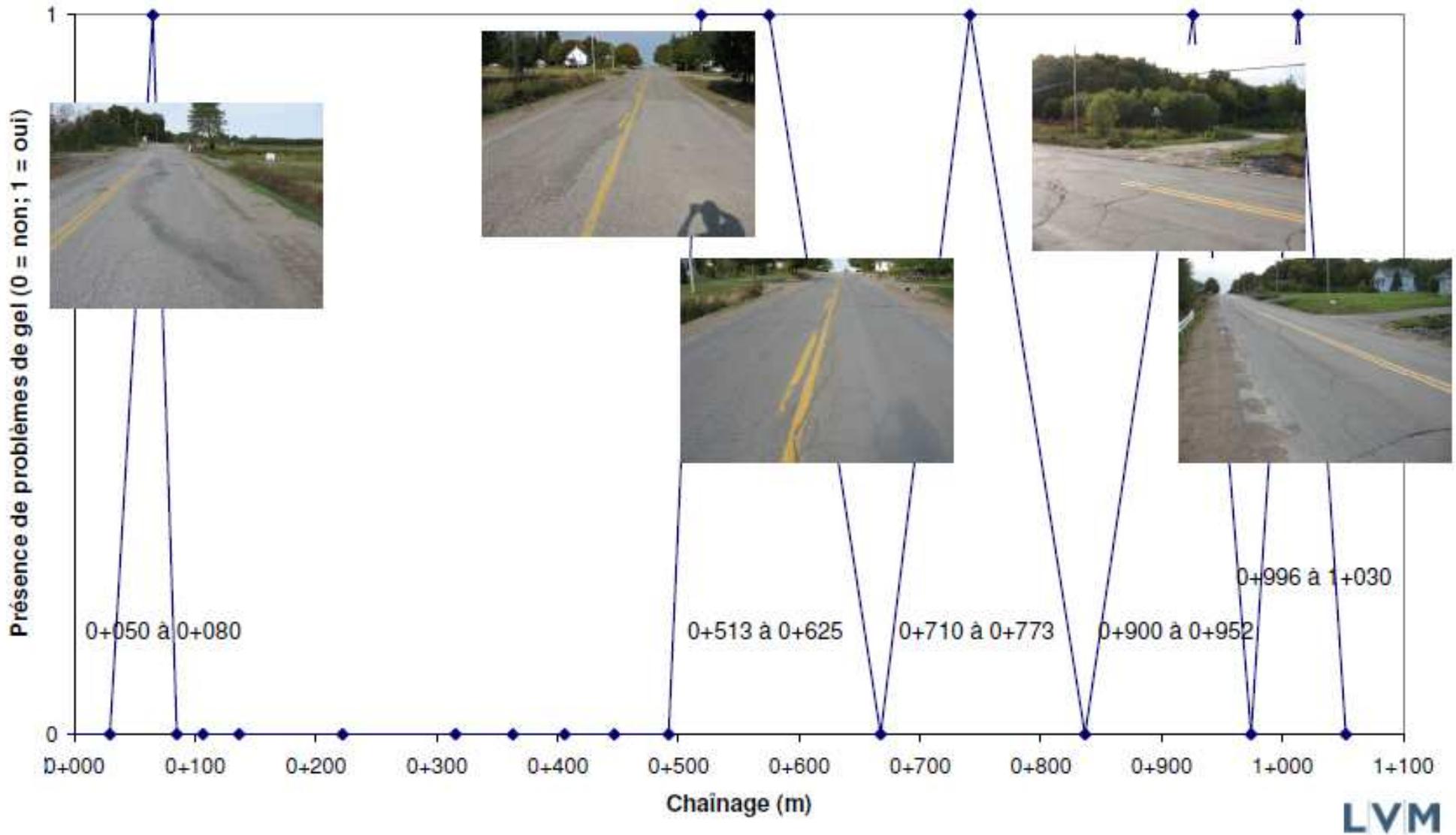
30% de la chaussée affectée par des lézardes et fissures dues au gel.



Rang Sainte-Angélique à Saint-Basile

Problèmes de gel en fonction du chaînage

(Relevés visuels du 21 septembre 2012)



Matériaux en place

STRATIGRAPHIE DES MATÉRIAUX

Description des matériaux	Forages et profondeurs (m)					
	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6
Béton bitumineux.	0,00 à 0,10	0,00 à 0,07	0,00 à 0,06	0,00 à 0,08	0,00 à 0,10	0,00 à 0,11
Remblai : sable graveleux à gravier et sable, traces à un peu de silt.	0,10 à 0,57	0,07 à 0,46	0,06 à 0,50	0,08 à 0,75	0,10 à 0,49	0,11 à 0,61
Remblai : sable, traces de silt et traces à un peu de gravier.	0,57 à 1,04	0,46 à 1,20	0,50 à 0,78	0,75 à 0,95	0,49 à 0,95	0,61 à 0,84
Silt, un peu d'argile à argileux et sableux.	1,04 à 1,51	1,20 à 1,51	---	---	1,05 à 1,51	0,84 à 1,51
Sable, traces de silt à silteux et traces de gravier à graveleux.	---	---	0,78 à 1,51	0,95 à 1,51	0,95 à 1,05	---
Fin du forage.	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51

Revêtement souple : 80mm.

Fondation : gravier concassé (6% silt + 54% sable + 40% gravier) = 450mm

Sous fondation (89% sable + 8% gravier+ 3% silt = 300mm)

Structure de chaussée = 830mm d'épaisseur environ.

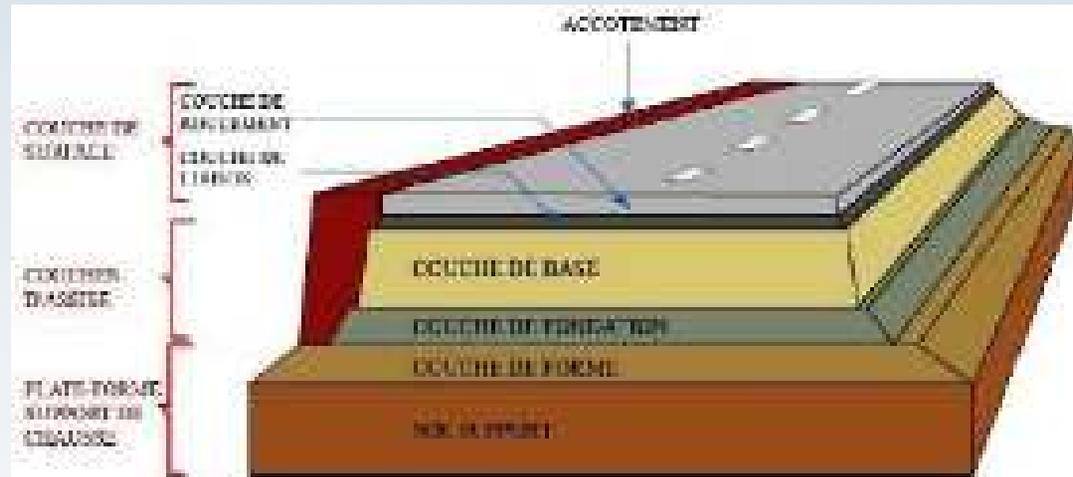
Infrastructure (sols naturels) : 24% argile, 47% silt, 27% sable, 2% de gravier

Silt et argile à 83cm de la surface : état distordue de chaussée existante

Effets du gel jusqu'à 2m de profondeur (rapport LEQ-2011)

Amender jusqu'à 750mm sous la ligne d'infrastructure (\$\$\$ rapport LEQ 2011)

Section de chaussée prévue initialement pour reconstruction (en 2009)



Données générales

Locale, DJMA supérieur à 1000 ; 0,000 millions d'ÉCAS (25 ans)

Climat de Sainte-Catherine : Zone Nord (17,5°C) ; Tma = 3,6°C ; IGn

BB :

Bibliothèque : C:\Program Files\CHAUSSEE2\CHAUSSEE2.mdb

No	Épaisseur (H)		Matériau
	(mm)	(kg/m ²)	
1	100	235	BB
2	200	458	MG 20
3	300	640	MR5 (40 %BB)
4	50	3	Polystyrène extrudé
5	500	1 037	MG 112 (fuseau entier)
8			ML, ML-CL (IL < 0,9)

- Soulèvement 70mm max
- Limiter rehaussement 300mm
- Isolant rigide recouvert (givrage)
- MG 112 (fondation existante)

ÉVALUATION COÛT DES TRAVAUX FAIT EN NOVEMBRE 2009			
Pour 7.3 kilomètres:	7 620 600 \$		
Pour 1 kilomètre:			1 043 918 \$

Suggestion : Retraitement Haute Performance avec suivi sur 5 ans.

- Les Sols ciment : permet de rendre certains sols aptes à la construction : baisse plasticité, augmente CBR, diminue changements de volumes, etc.. (chemins d'accès, etc)



- **Le retraitement haute performance (RHP)** : permet de recycler une route existante (asphalte + fondation granulaire) pour produire une nouvelle fondation durable et performante. Recouvert d'une couche de roulement.



- Fondation stabilisée au ciment (FSC) : remblais granulaires mélangés avec ciment pour produire une fondation performante et durable (optimisation d'épaisseur de pavage, etc).



Projets faits par CQI avec fondation stabilisée au ciment (CTB) et RHP depuis 10 ans +
Routes Nouvelle-Angleterre (Fort Kent , ME)



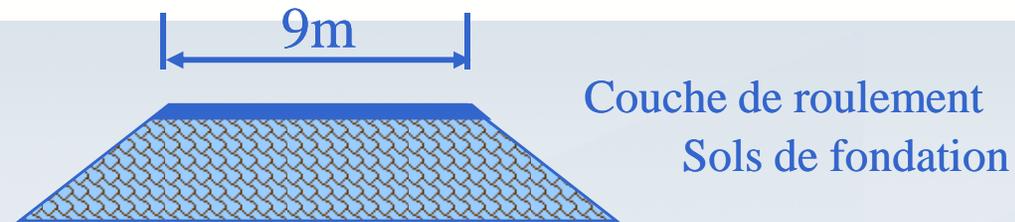
Port de Quebec 2007 et 2008
Arrimage du St-Laurent
AIM Metal



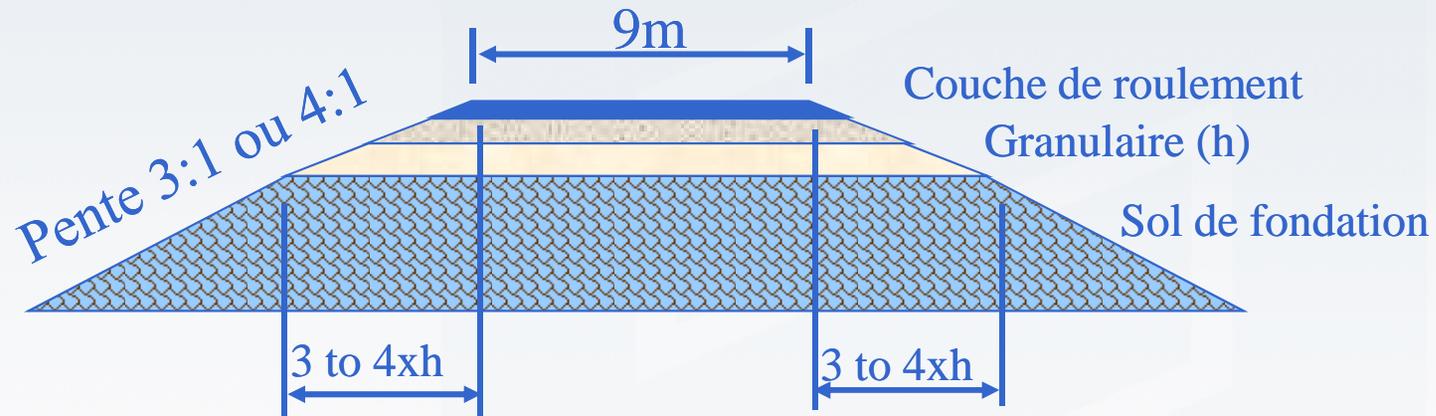
Cour à conteneurs
Raymont, Montréal 2005



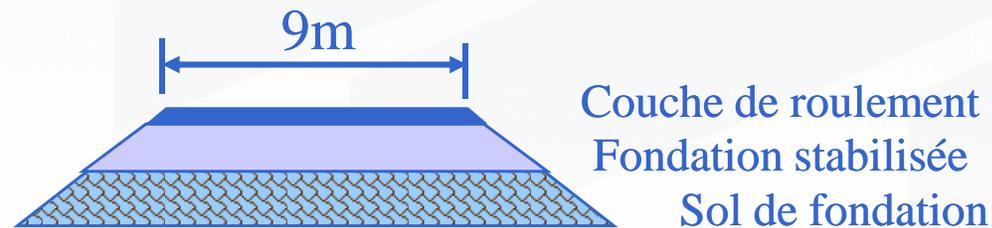
Exemple pour chaussée étroite existante (a)



Structure de chaussée granulaire conventionnelle (b)



Retraitement en place au ciment (c)



Exemple projet au Québec : 2010

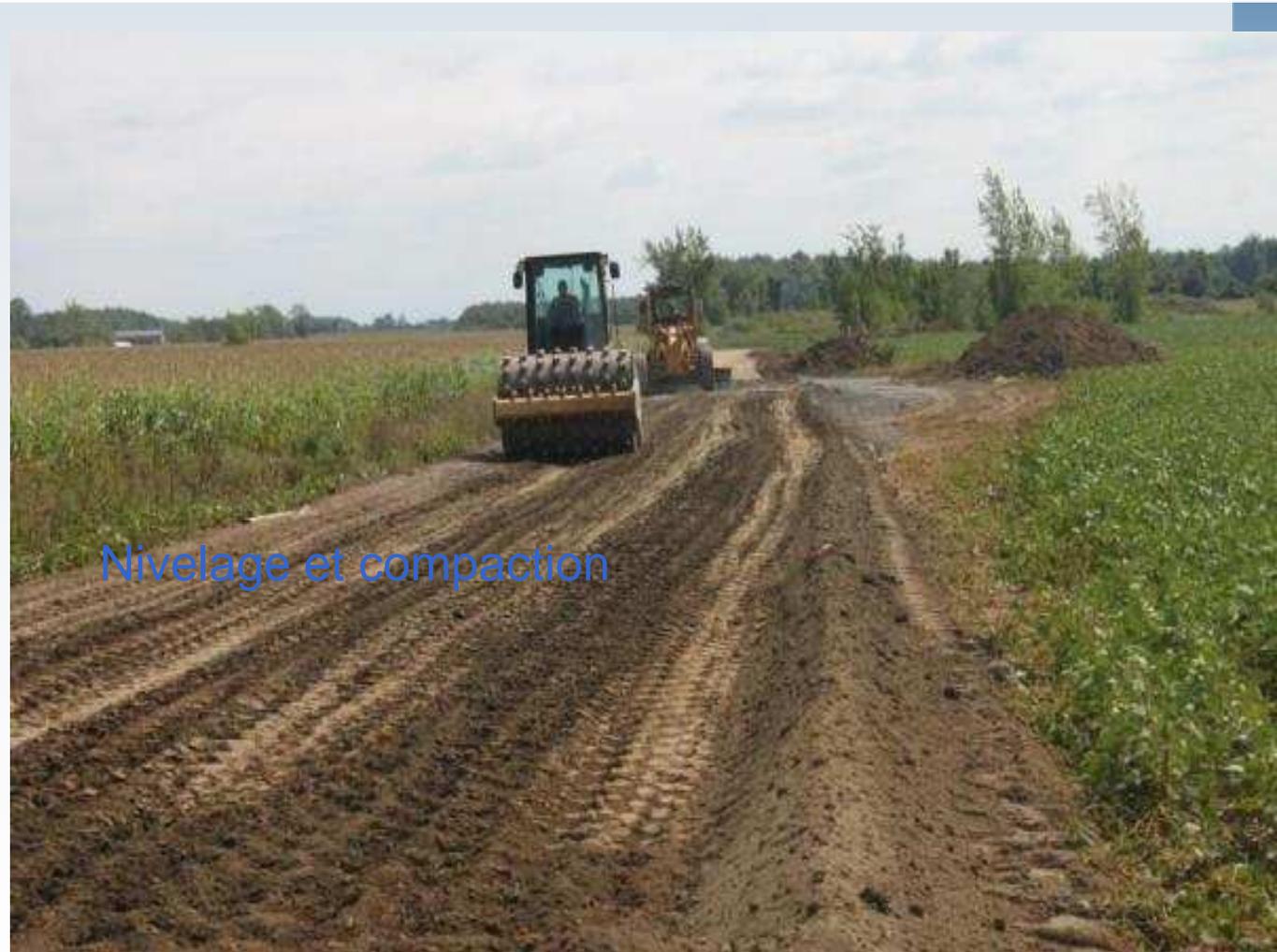
40 km de Chemins d'accès - Parc Éolien Kruger St-Remi (Montérégie)



40 km de chemins d'accès St-Remi (suite)



40 km de chemins d'accès St-Remi (suite)



24 heures + tard

A été recouverte d'une couche de roulement en MG-20



Rang St-Angélique

Étape 1 : Échantillonnage pour essais labos



Échantillonner 300mm de profondeur
Concasser l'asphalte.

Essais Labos

Tableau 1 : Résultat de la granulométrie

Tamis (mm)	Exigence (%)	Mesuré (%)
75	100	100
50	95 (min)	98
4,75	55 (min)	55

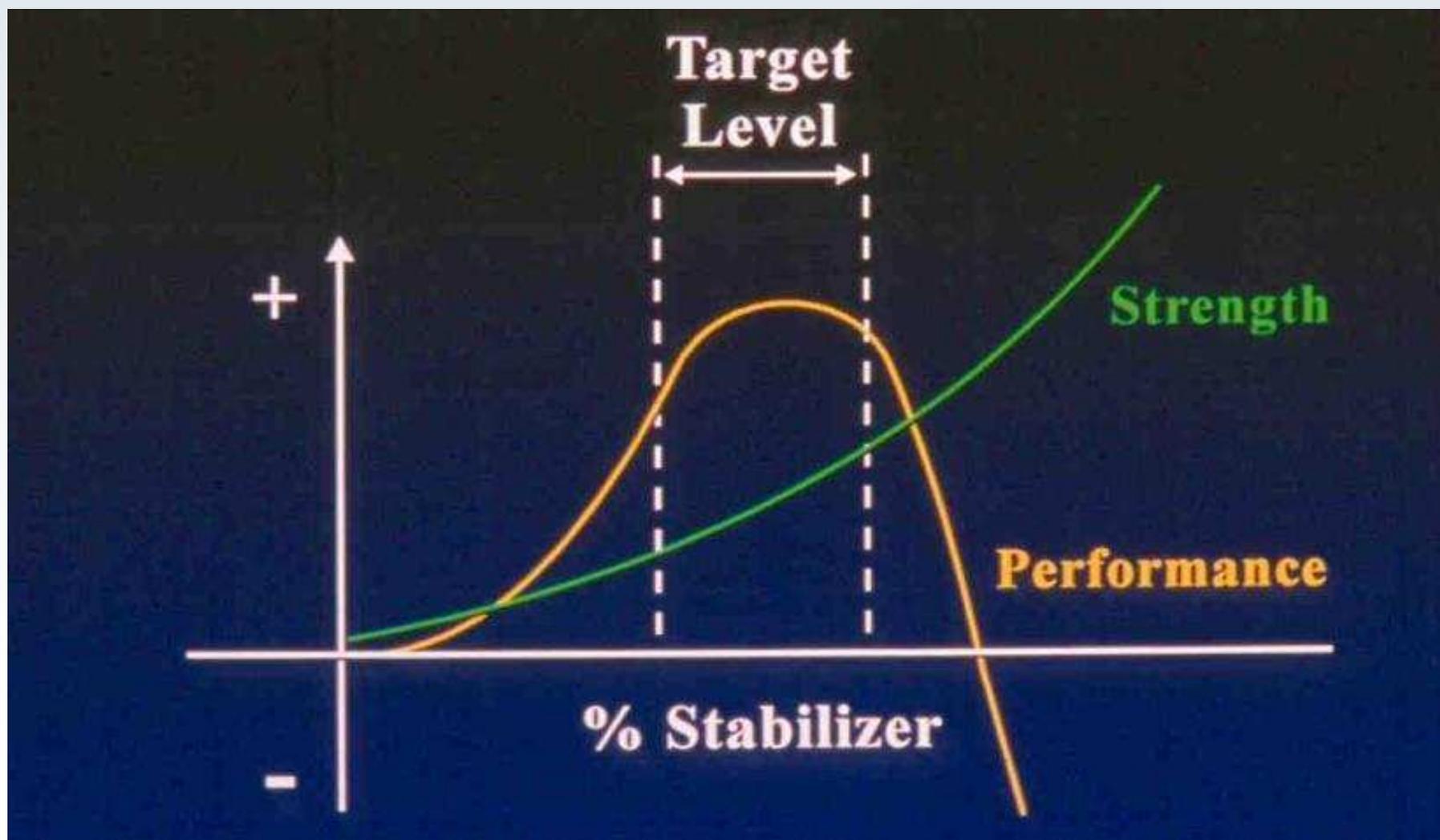
Tableau 2 : Résultats de la masse volumique sèche optimale et humidité optimale

Dosage en ciment	Masse volumique sèche optimale (kg/m ³)	Humidité optimale (%)
0 %	2 125	6,5
4 %	2 200	7,0
6 %	2 180	6,5
8 %	2 200	6,5

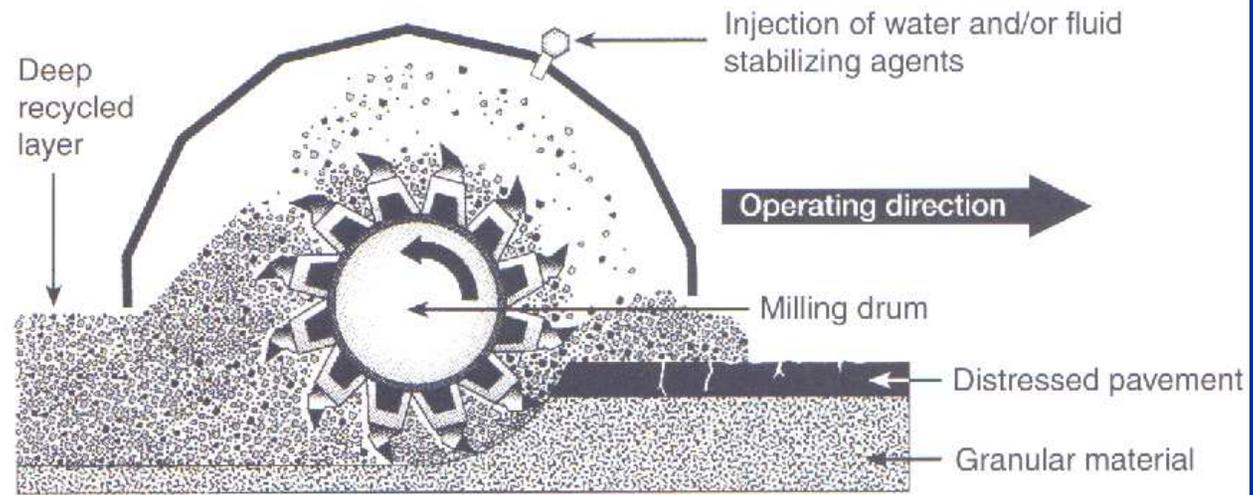
Tableau 3 : Résultats de résistance à la compression

Dosage en ciment	Résistance à la compression (MPa)		
	Essai #1	Essai #2	Moyenne
4 %	1,6	1,8	1,7
6 %	3,2	3,0	3,1
8 %	4,3	5,2	4,8

**Dosage en ciment choisi : 5% ($f'c = 2$ et 3 MPa à 7 jours):
Faire un compromis entre Résistance et Performance**



Étape 2 : pulvériser asphalte avec fondation granulaire



300 mm max



600 mm

Étape 3 : Correction granulaire ou des profils (si requis)



Étape 4 : Épandage du ciment (informatisé, dépoussiéreur)



Étape 5 : Malaxer avec Pulvo : ciment + eau + fondation granulaire



- Ciment mélangé avec matériaux pulvérisés
- Eau ajoutée jusqu'à l'humidité optimale



Étape 5 : Nivelage et compaction



- Les matériaux sont nivelés pour respecter les élévations, pentes et sections transversales de la chaussée.
- **Matériaux compactés (98% Proctor – aucun essai en bas de 96%).**
- Rouleaux vibrants choisis en fonction de l'épaisseur et du % de fines dans le mélange.

Contrôle de qualité

Minipoutres pour
Résistance en flexion



Proctor

Densité



Température



Nucléodensimètre
ASTM C 1040



f'c : ASTM C1435

Étape 7 : Cure

Une bonne cure est essentielle

Agent de cure



Cure à l'eau



Vue du RHP compacté final



Étape 8 : Couche de roulement à votre choix

Asphalte



Béton



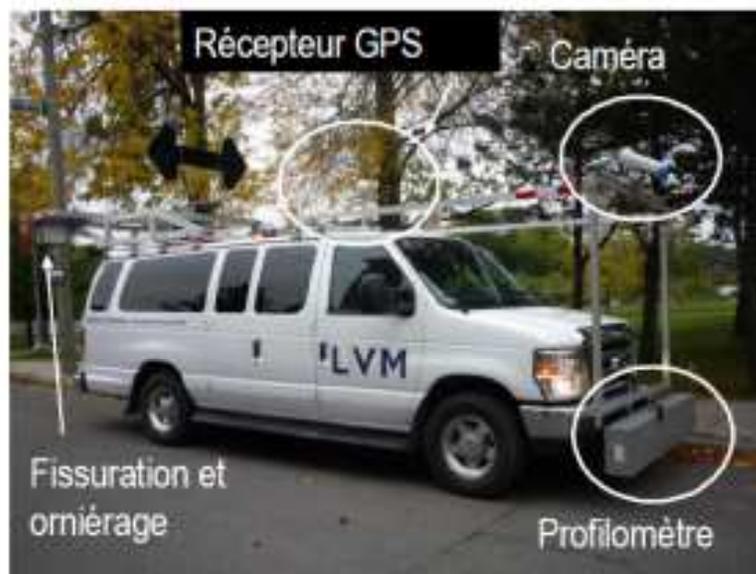
Chip seal



St-Basile 1 : Liant d'accrochage 1 litre/m² +
Couche d'enrobé : 60mm de ESG-10 (2 jours après compaction finale)



Figure 1: Véhicule multifonction de relevés routiers de LVM



SUIVI DE PERFORMANCE

Retraitement en place à haute performance (RPH)
Rang Sainte-Angélique, Saint-Basile de Portneuf
(route sous responsabilité municipale)

BILAN APRÈS 1 AN DE SUIVI

DLC : Suivi du comportement sur 5 ans. Relevés visuels, profilométrie, (hiver/été), portance avec déflectomètre à masse tombante (FWD)

LVM : Suivi sur 1 an, Fissuration, IRI, carottage, orniéage.

Fissuration

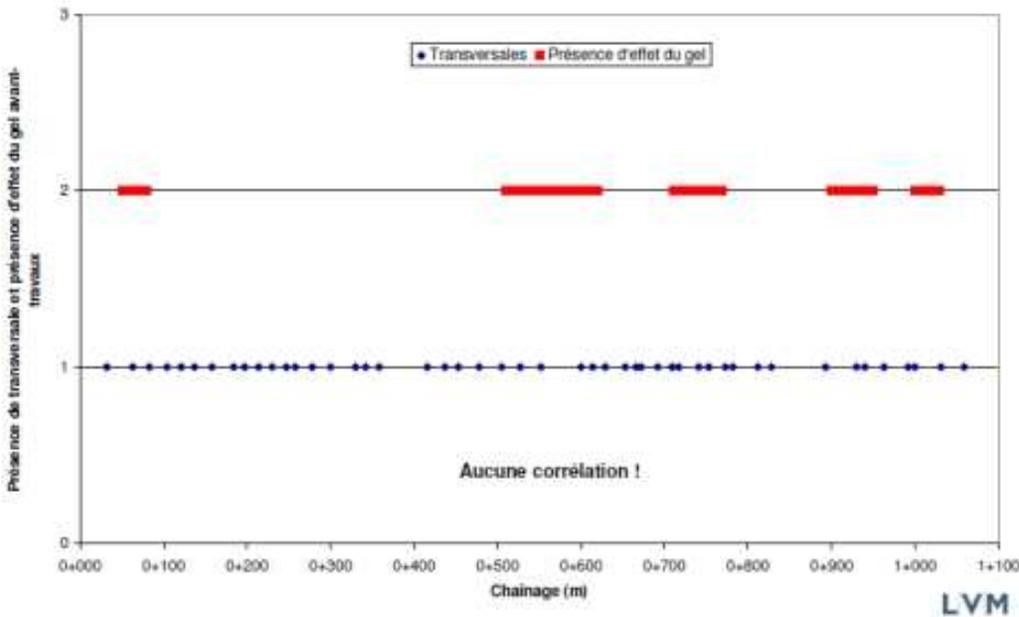
longitudinales



Nb de fissures transversales:	48
Espacement moyen:	21.9 m
Écart-type d'espacement:	11.7 m
Joint ouvert (mesuré sur le terrain):	160 m lin.
Longueur approximative de transversales:	432 m lin.
Total approximatif de scellement requis:	592 m lin.

- Faible sévérité des fissures (ouverture inférieure à 5mm) : apparues à jeune âge.
- Chaussée considérée comme peu fissurée (taux de 0,75m/m² à 1 an)
- Aucun lien entre secteurs affectés par le gel et fissuration
- Fissures scellées rapidement (été 2013)

Localisation des transversales au 6 mai 2013 et des problèmes de gel avant-travaux
Rang Sainte-Angélique à Saint-Basile (Dossier LVM: B-0005202-1)



transversales

IRI - Essais MTQ et LVM

MTQ 14 Novembre 2012 : IRI moyen de 2

MTQ 6 mars 2013 : IRI moyen de 2,2 (sensiblement identique – pas sujet au gel)

MTQ 19 juin 2013 : IRI moyen de 2,1 (taux de vieillissement normal de la chaussée)

Faible susceptibilité au gel à l'exception ch 0+860 (aucune déformation du profil noté par contre)

LVM

CONFORT AU ROULEMENT

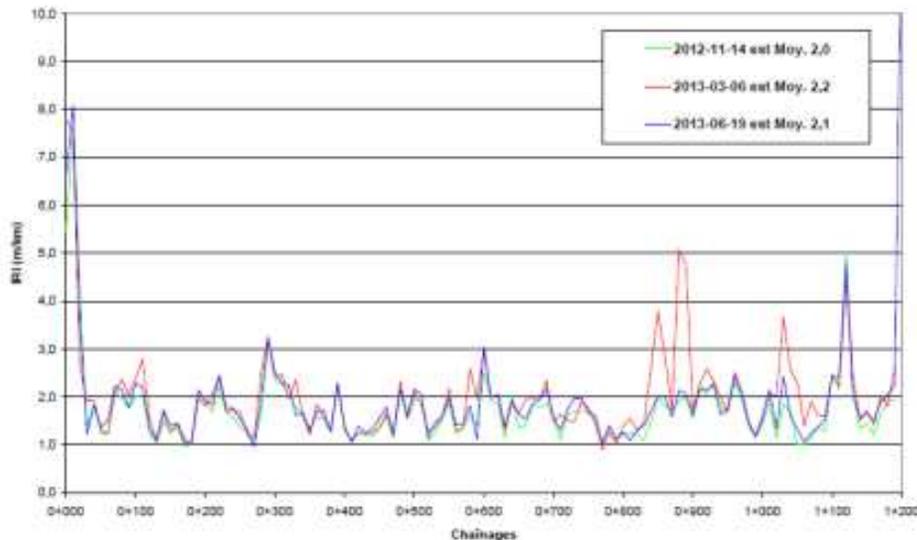
L'IRI a été calculé aux 10 mètres pour chaque direction. Des graphiques présentant les résultats détaillés sont présentés en annexe 1.

Une valeur moyenne par direction a aussi été calculée. Le tableau suivant présente la valeur moyenne de l'IRI par direction pour chaque année de l'étude. Un indice IRI de moins de 2.0 m/km est considéré comme très bon du point de vue du confort au roulement.

Tableau 3 : Indice IRI moyen annuel par direction (m/km)

Direction	2012	2013	Augmentation
Est	1.68	1.72	0.04
Ouest	1.62	1.67	0.05

Relevés d'uni aux 10m
Rang Ste-Angelique dir.est, St-Basile



Orniérage (LVM)



ORNIÉRAGE

La profondeur moyenne d'ornière a été calculée au 10 mètres pour chaque direction. Des graphiques présentant les résultats détaillés sont présentés en annexe 1.

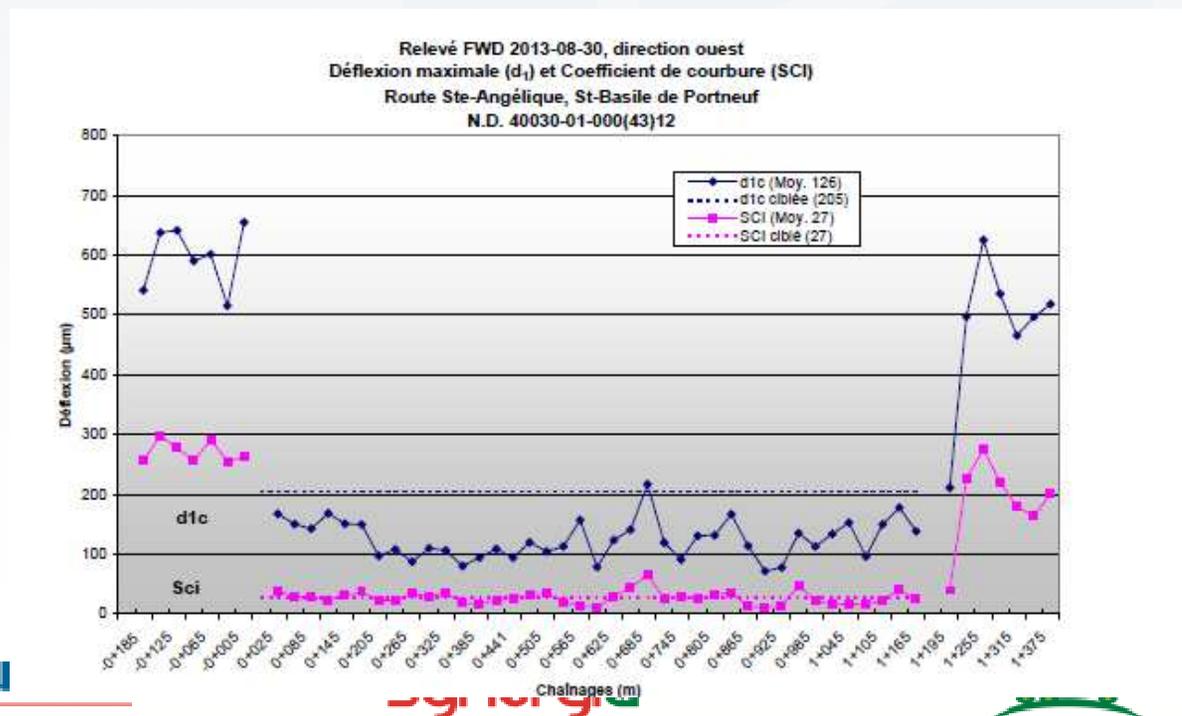
Une valeur moyenne par direction a aussi été calculée. Le tableau suivant présente la profondeur moyenne de l'orniérage par direction pour chaque année de l'étude. Ces valeurs correspondent à une chaussée en très bon état du point de vue de l'orniérage.

Tableau 4 : Profondeur moyenne annuelle des ornières par direction (mm)

Direction	2012	2013	Augmentation
Est	1.0	1.7	0.7
Ouest	0.9	1.4	0.5

Portance FWD (MTQ)

- Déflexions maximales $d_0 = 115\text{mm}$ en moyenne
- Indice de courbure SCI ($d_{300} - d_0$) = 25mm en moyenne
- Déflexions mesurées indiquent un gain important au niveau de la capacité structurale de la route suite à la stabilisation
- Modélisation avec Win Julea = module de déformation de 5000 à 10 000 Mpa
- Comportement semi-rigide à rigide (faire plus attention aux soulèvements au gel et au tassement)
- Grande aptitude de la chaussée à supporter le trafic journalier



Conclusions Rapports MTQ & LVM

- Fissuration transversale à jeune âge engendrée par retrait (thermique et possiblement aussi séchage)
- Scellement des fissures conseillées pour éviter dégradation
- Le Drainage a amélioré le comportement global de la chaussée
- Pas de remontées (fissures, lézardes) et autres problématiques reliés au gel
- L'IRI et l'orniérage sont représentatifs d'une chaussée en très bon état (pas d'augmentation significative entre 2012 et 2013)

CONCLUSION

Les relevés effectués les 23 octobre 2012 et 3 juin 2013 ont permis de recueillir des données de fissuration, d'IRI et d'orniérage sur le tronçon de route à l'étude. Ces données ont été traitées et analysées afin de faire ressortir l'évolution de l'état de la chaussée.

Il ressort de l'analyse du suivi de performance du tronçon à l'étude les principales conclusions suivantes :

- Le taux de fissuration moyen est de 0.075 m/m^2 , principalement à cause de l'apparition de fissures de retrait pendant le premier hiver et de joints de pavage ouverts à certains endroits;
- Plusieurs tronçons de 100 mètres présentent des taux de fissuration supérieurs à 0.07 m/m^2 , ce qui est supérieur à ce qui est attendu d'une chaussée âgée de moins d'un an;
- L'IRI et l'orniérage sont représentatifs d'une chaussée en très bon état et n'ont pas fait l'objet d'une augmentation significative entre octobre 2012 et juin 2013;
- Le scellement régulier de toutes les fissures ouvertes sur ce tronçon est nécessaire afin de diminuer sa dégradation générale dans le temps.

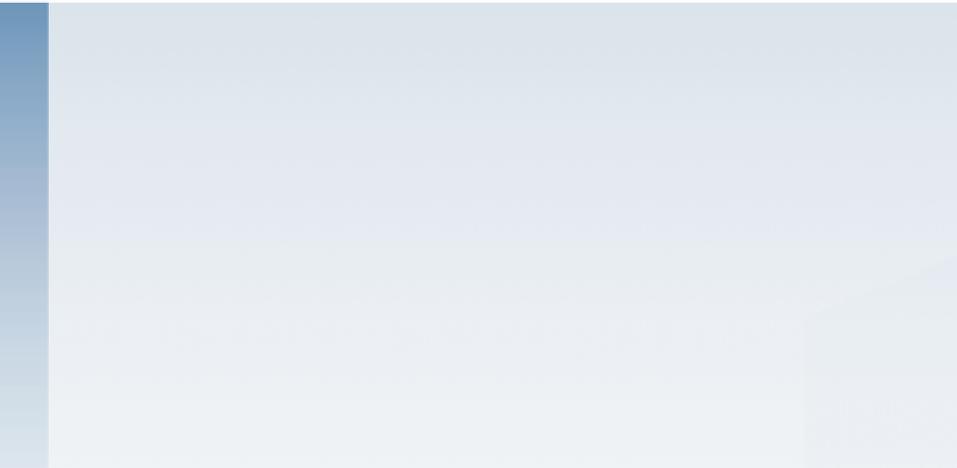
Les importants correctifs apportés au drainage semblent avoir contribué à l'amélioration du comportement global de la chaussée, et ce, particulièrement au niveau de la remontée des fissures longitudinales/lézardes et des problématiques reliées à l'action du gel. Selon les observations menées sur les secteurs adjacents au site de suivi en mars dernier, ceux-ci présentaient une susceptibilité au gel jugé importante (déformations et fissuration ouverte). Malgré l'absence de données concernant les caractéristiques initiales du site de suivi en période hivernale, on peut supposer que ce dernier présentait à peu près les mêmes caractéristiques puisqu'il se situe dans un contexte similaire.

Donc, certains points importants avec RHP

- Correction du drainage des fossés (si applicable - milieu rural)
- Correction du drainage de surface (si applicable - milieu urbain)
- Drainage sous fondation stabilisée (drains de rive si nécessaire)
- Transitions adéquates aux changements de structures (ponceaux, raccordements aux structures existantes, tranchées,...)
- Stabiliser plus épais avec le moins de ciment possible
- Méthodes de contrôle de la fissuration
- Scellement des fissures en bas âge



Drainage et transitions



Options pour gestion fissuration joints à jeune âge dans base stabilisée avec scie soft cut Évalué sur projet 2014

Colmatage possible (liant d'accrochage, etc)



Microfissuration de la dalle (évalué en 2014)



Autre technique à essayer – préfissuration de la dalle

Plaque vibrante avec plaque d'acier soudé



Joint dans la dalle avec plaque vibrante



Compactage au rouleau



Vibrating roller compaction

Émulsion de bitume dans le joints



Une route avant-gardiste à Saint-Basile



John Curtis, de la compagnie américaine MtCarmel Stabilization, François Robin, de l'entrepreneur en construction L. A. Hébert, Yves Brousseau, de Ciment Québec, et le maire de Saint-Basile, Jean Poirier, sur la route en construction.

PHOTO COLLABORATION SPÉCIALE JOHANNE MARTIN

JOHANNE MARTIN, COLLABORATION SPÉCIALE
Le Soleil

(Saint-Basile) Incapable d'assumer seule les coûts de réfection d'une route rurale municipale à vocation régionale selon la méthode traditionnelle, la Ville de Saint-Basile, dans Portneuf, se tourne vers une technique avant-gardiste et réalise une première au Québec.

Dans un état de détérioration avancée depuis plusieurs années, le rang Sainte-Angélique avait grandement besoin d'être refait. Impossible cependant pour la municipalité qui compte 2600 résidants de déboursier les 7 à 8 millions \$ nécessaires à la reconstruction des sept kilomètres du tracé sans apport

Coût par Kilomètre:			
Phase 1 (travaux 2012)	456 142 \$	1,2	380 118,13 \$
Phase 2 (travaux 2013-2014)	1 236 234 \$	3,2	386 323,07 \$
Total	1 692 376 \$	4,4	384 630,81 \$

Réparations fissures =
moins de \$3000

37% des coûts initialement prévus.....

ÉVALUATION COÛT DES TRAVAUX FAIT EN NOVEMBRE 2009			
Pour 7.3 kilomètres:	7 620 600 \$		
Pour 1 kilomètre:			1 043 918 \$

Avantages du Retraitement Haute Performance au ciment pour routes locales

Avantages Techniques

- ✓ Élimination des problèmes en surface et profondeur
- ✓ Améliore capacité portante en utilisant les matériaux en place
- ✓ Le profil de la chaussée reste sensiblement le même
- ✓ Technologie disponible partout et facile à utiliser
- ✓ Très rapide (plus de 1 km par jour)

Avantages Économiques

- ✓ Coûts moindres : 25 à 50% moins chers que le conventionnel
- ✓ Minimise les perturbations au trafic : résidents & commerces. (ouverture rapide)
- ✓ Moins de trafic relié à la construction

Environnement

- ✓ Peu ou pas de granulats requis
- ✓ Aucuns déchets à disposer
- ✓ Moins de transports d'équipements et matériaux
- ✓ Économies d'énergie (concassage, transport, etc.)



Merci !!!



Yves Brousseau, ing.

Directeur développement commercial et services techniques – Ciment Québec inc.

Téléphone : 514-718-8308

Courriel : ybrousseau@cqi.ca