

Colloque

**POINT DE MIRE SUR LES TRAVAUX
DE LA DIRECTION DU LABORATOIRE
DES CHAUSSÉES DU MTQ**

19 NOVEMBRE 2019

Route 175

Bilan de l'état de la chaussée : un suivi 10 ans après

Jean Verreault, ing. M.Sc.

Direction générale du laboratoire des chaussées

Ministère des Transports du Québec

CONTENU DE LA PRÉSENTATION

- Mise en contexte
- Description du projet
- Conception et réalisation novatrices
- Comportement de la chaussée
 - État de la situation
 - Évaluation de la performance
- Conclusion



CONTENU DE LA PRÉSENTATION

- Mise en contexte
- Description du projet
- Conception et réalisation novatrices
- Comportement de la chaussée
 - État de la situation
 - Évaluation de la performance
- Conclusion



MISE EN CONTEXTE

- Amélioration de la route 175 à voies contiguës Québec-Saguenay

Objectifs :

- favoriser les déplacements sécuritaires;
- permettre d'assurer la fluidité du trafic;
- contribuer à l'essor économique de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

De 2003 à 2013 : construction d'une route à quatre voies et à chaussées séparées

CONTENU DE LA PRÉSENTATION

- Mise en contexte
- Description du projet
- Conception et réalisation novatrices
- Comportement de la chaussée
 - État de la situation
 - Évaluation de la performance
- Conclusion

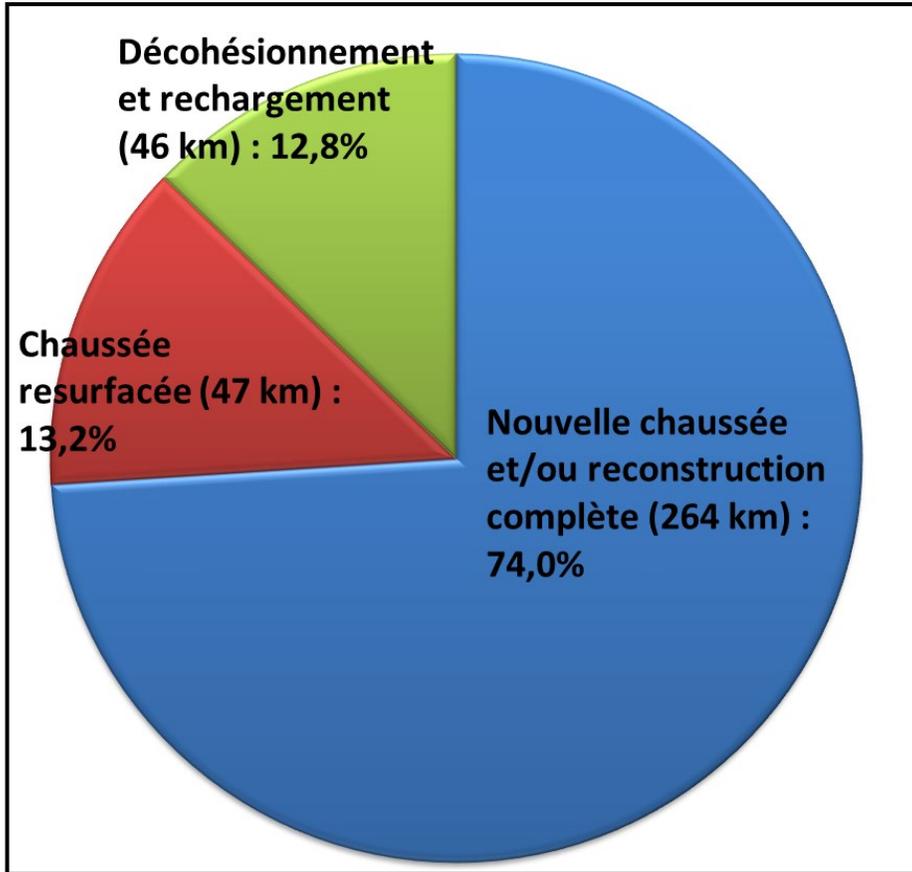


DESCRIPTION DU PROJET

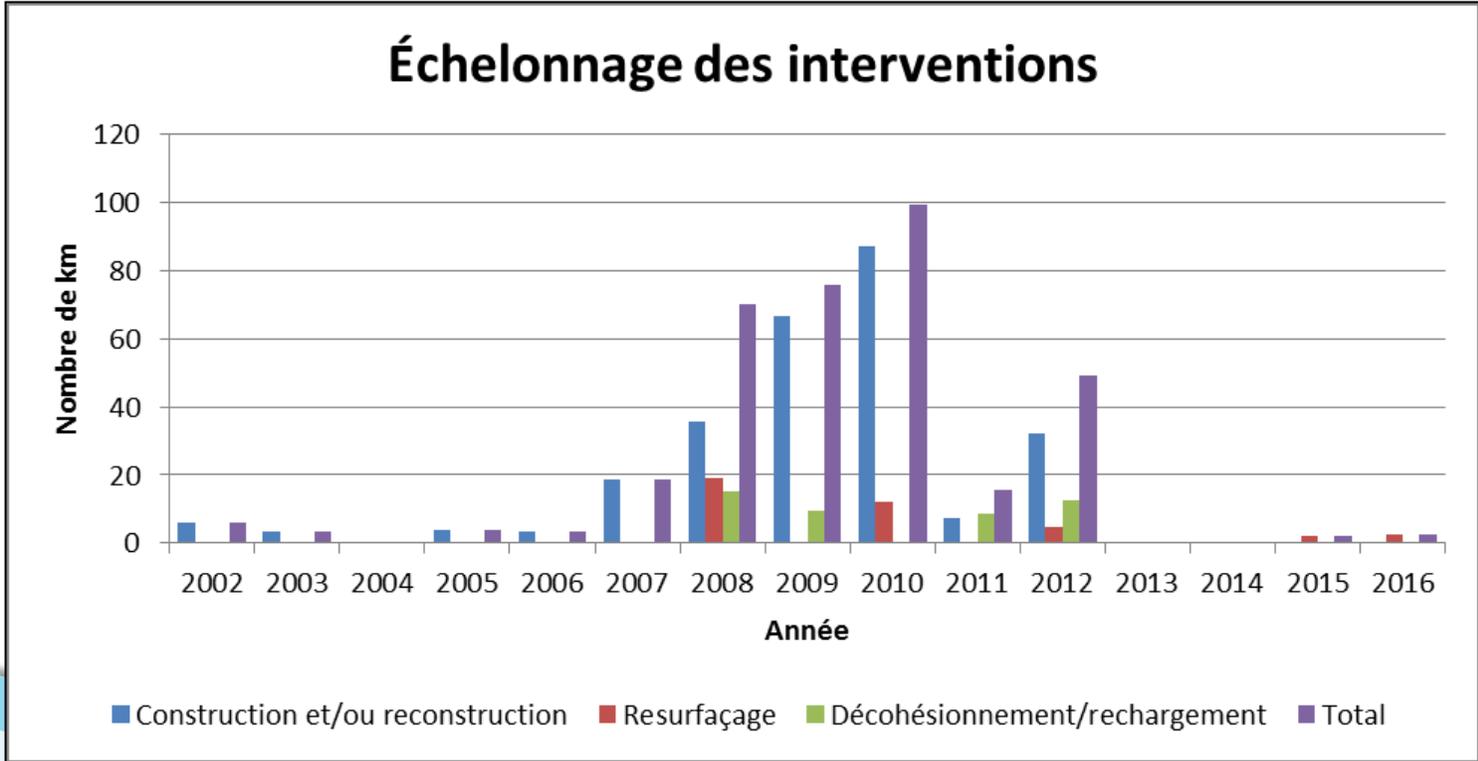
- 357 kilomètres (directions nord & sud) entre A-73 et A-70.
- Début des travaux : 2006
- Nombreuses contraintes :
 - Réserve faunique (lacs, rivières, faune, ...)
 - Dénivelés importants
 - Climat difficile
 - Éloignement des grands centres

Défi : Intégrer la route à l'environnement et améliorer la qualité et la durée de vie de la chaussée

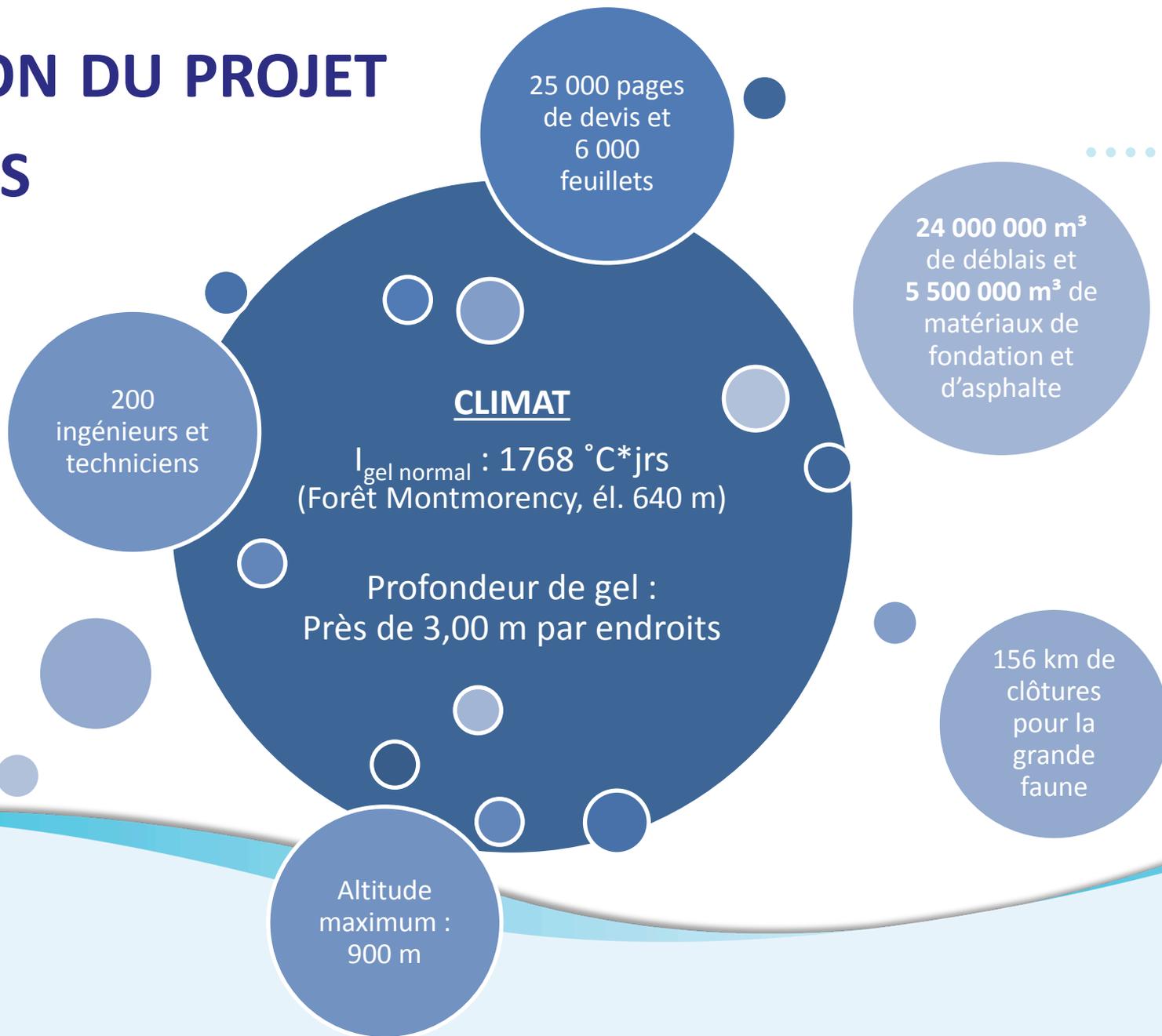
DESCRIPTION DU PROJET



Coût :
Près de 1 milliard de dollars (2013)



DESCRIPTION DU PROJET EN CHIFFRES



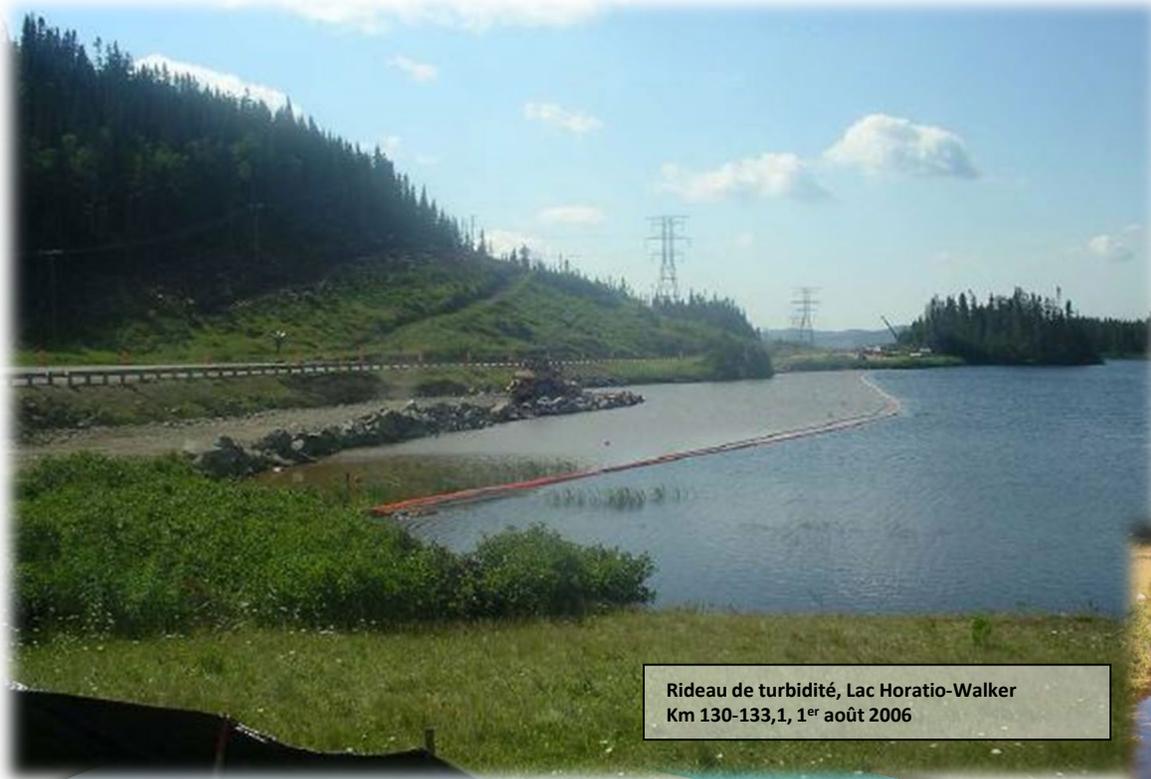
CONTENU DE LA PRÉSENTATION

- Mise en contexte
- Description du projet
- **Conception et réalisation novatrices**
- Comportement de la chaussée
 - État de la situation
 - Évaluation de la performance
- Conclusion

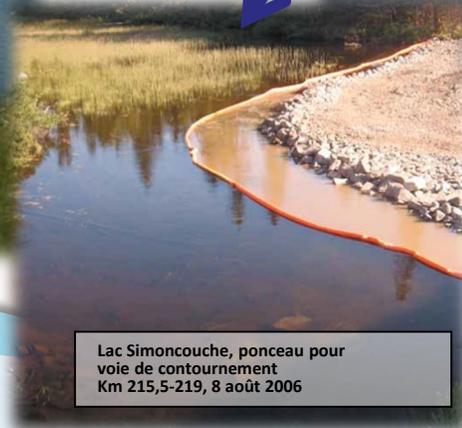


CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES

ENVIRONNEMENT ET SÉCURITÉ



Rideau de turbidité, Lac Horatio-Walker
Km 130-133,1, 1^{er} août 2006



Lac Simoncouche, ponceau pour
voie de contournement
Km 215,5-219, 8 août 2006

CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES

PASSAGES PETITE FAUNE



CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES

TERRASSEMENT ET CHAUSSÉE



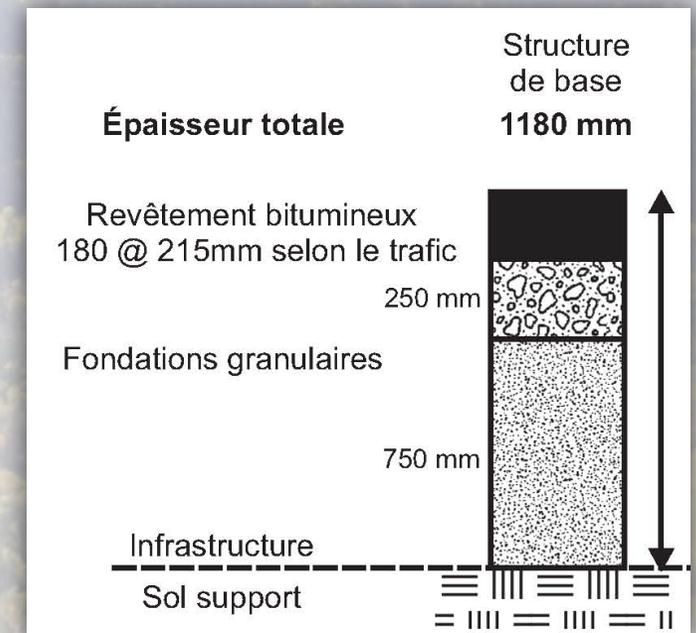
CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES

REMBLAI LÉGER ET RENFORCEMENT DE L'INFRASTRUCTURE

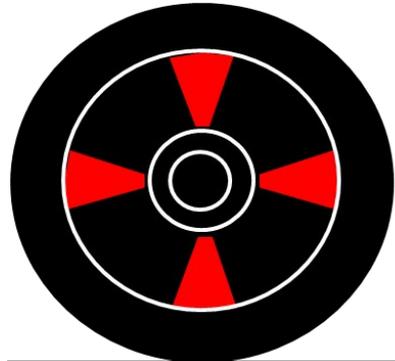


CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES

- DESIGN DE LA CHAUSSÉE
 - ❑ Classification : route nationale
 - ❑ Durée de vie prolongée = 30 ans
 - ❑ Soulèvement au gel admissible = 55 mm
 - ❑ $DJMA_{initial}$ de référence = 5000 (24,4 % de V.L.)
→ 20,2 millions d'ÉCAS (30 ans)



CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES



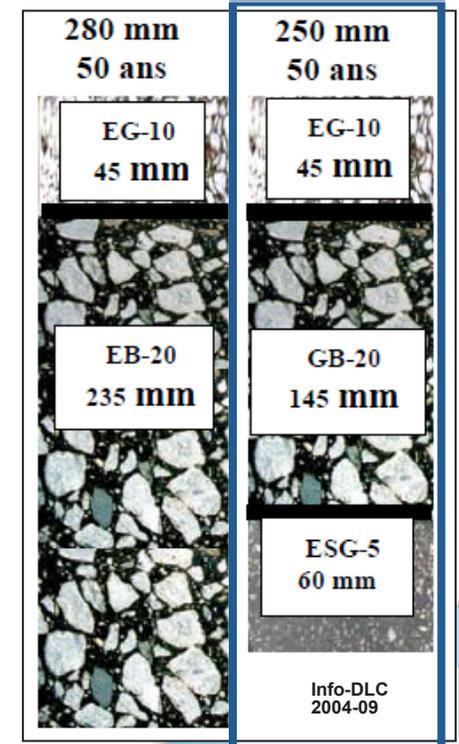
COUCHE ANTIFATIGUE (ESG-5)

± 70 % de la route 175 (253 km)



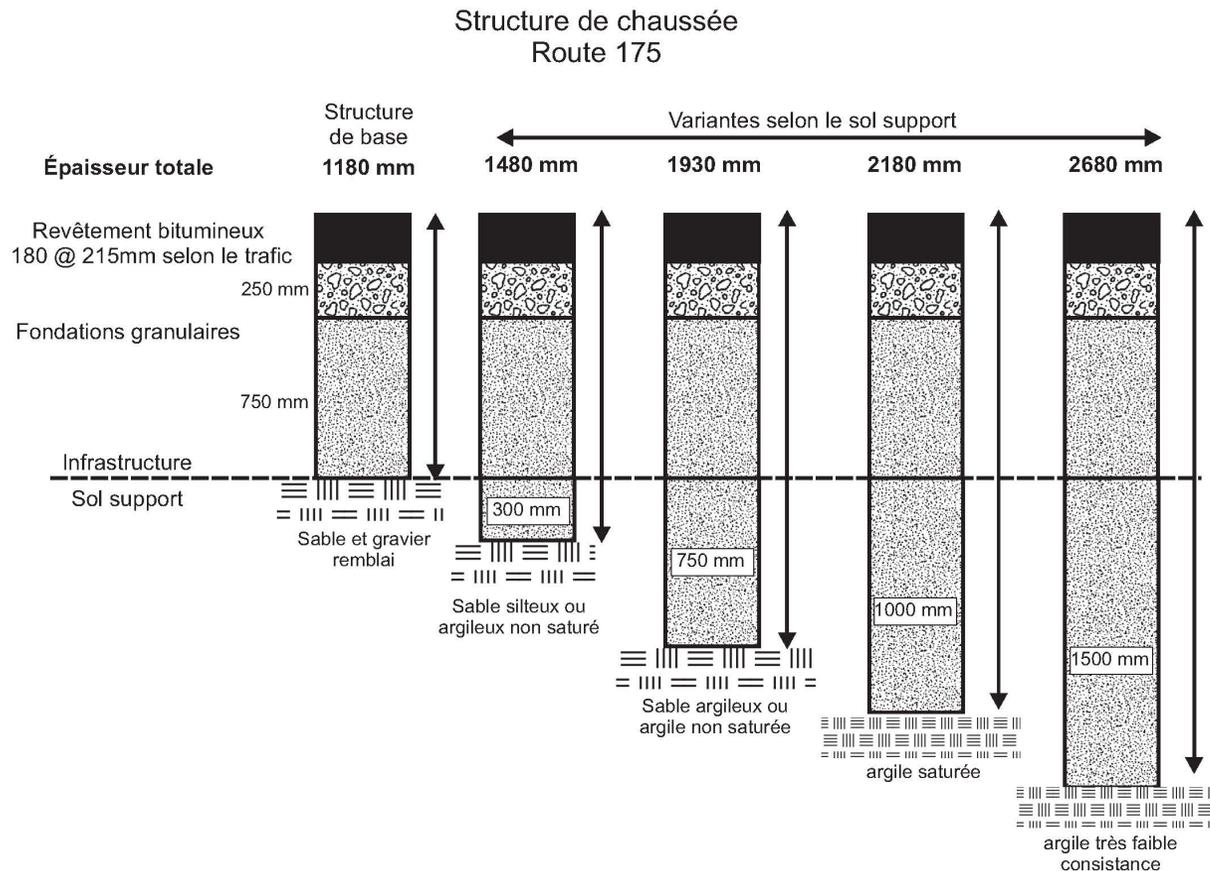
- Couche de surface (ESG-10) : couche de roulement mince
- Couche intermédiaire (GB-20) : haut module et résistante à l'orniérage
- Couche de base (ESG-5) : plus flexible et résistante en tension (teneur en bitume plus élevée)

Comparaison générale



Épaisseur ↓ 10%

CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES



SOUS-PROFILS

- **But** : limiter les soulèvements au gel et la fissuration
- 8-9 % (± 30 km) de la route 175, lors du terrassement
- Isolation avec polystyrène sur moins de 1 % de la route (< 3 km)

CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES

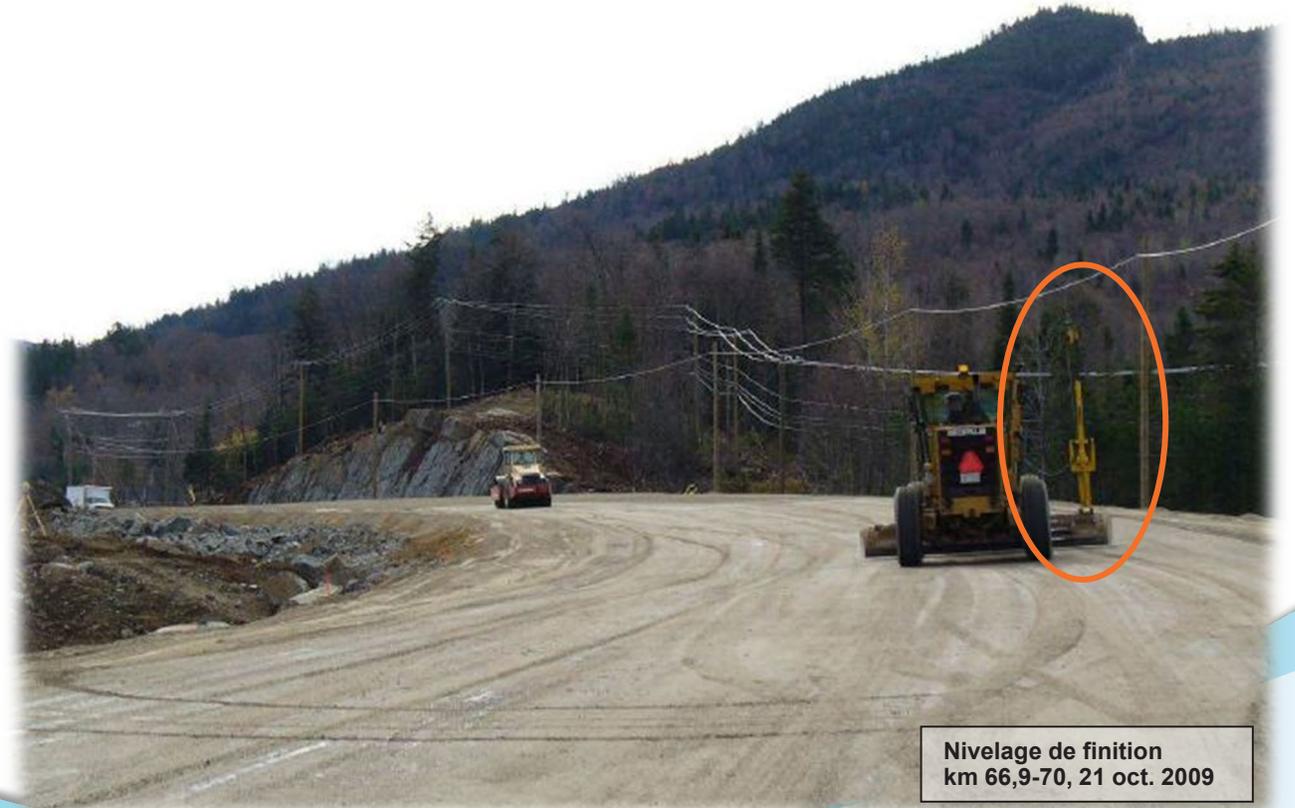
TÉLÉMÉTRIE

- Bouteurs et niveleuses équipés de systèmes électroniques pour la mise en place des matériaux

*Meilleur rendement,
plus grande précision*



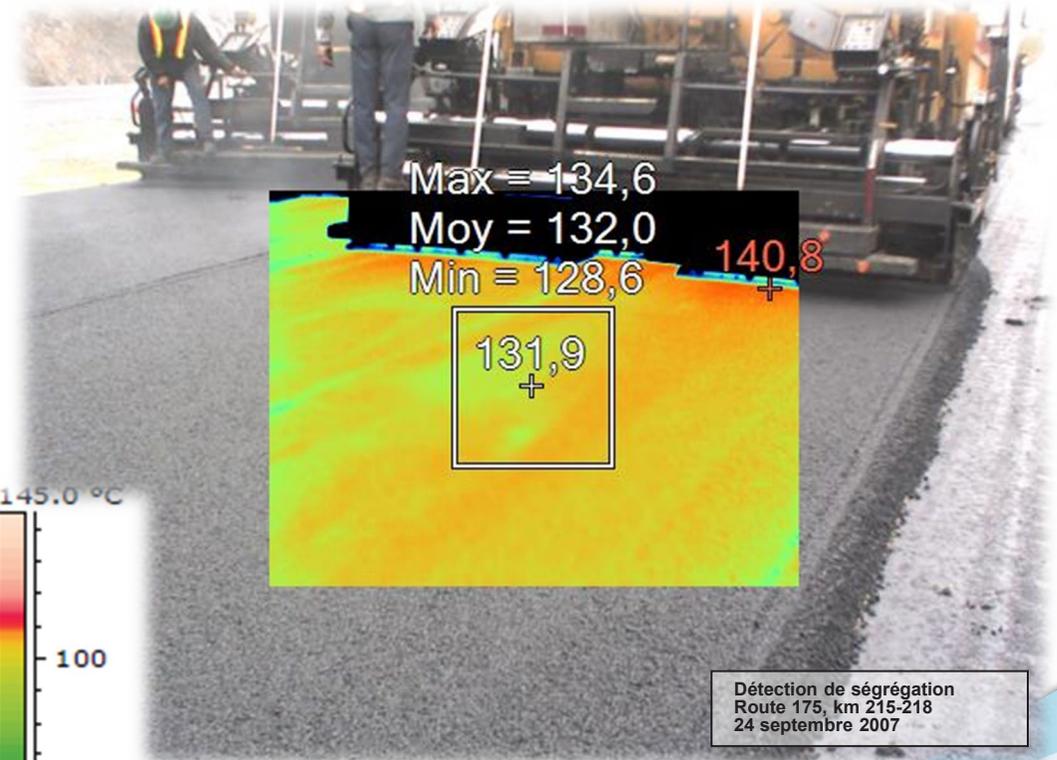
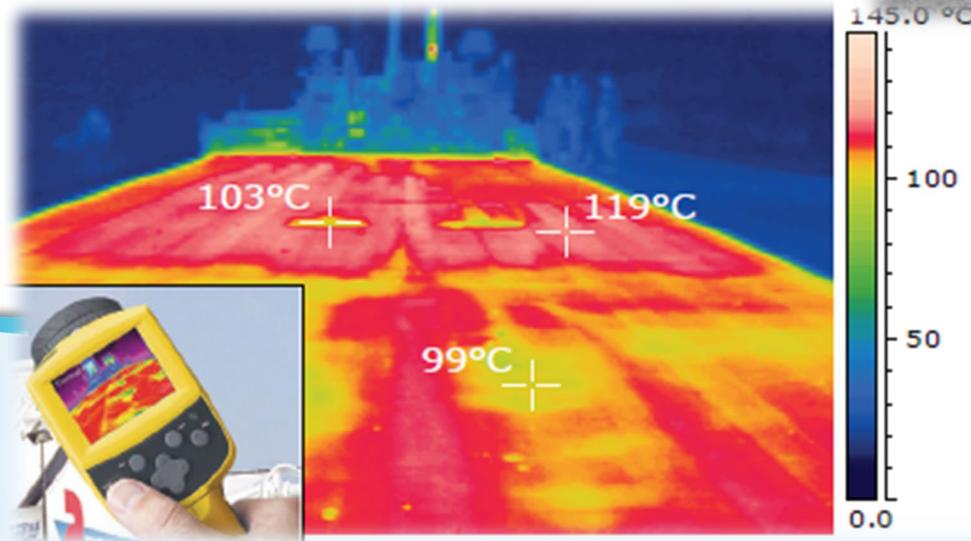
*Se répercute sur l'uni
de la chaussée*



CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES

THERMOGRAPHIE

- Mesure de la température (infrarouge) de l'enrobé lors de la pose
- Vise à obtenir une meilleure homogénéité des caractéristiques des enrobés



CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES



VÉHICULES DE TRANSFERT DE MATÉRIAUX (VTM)

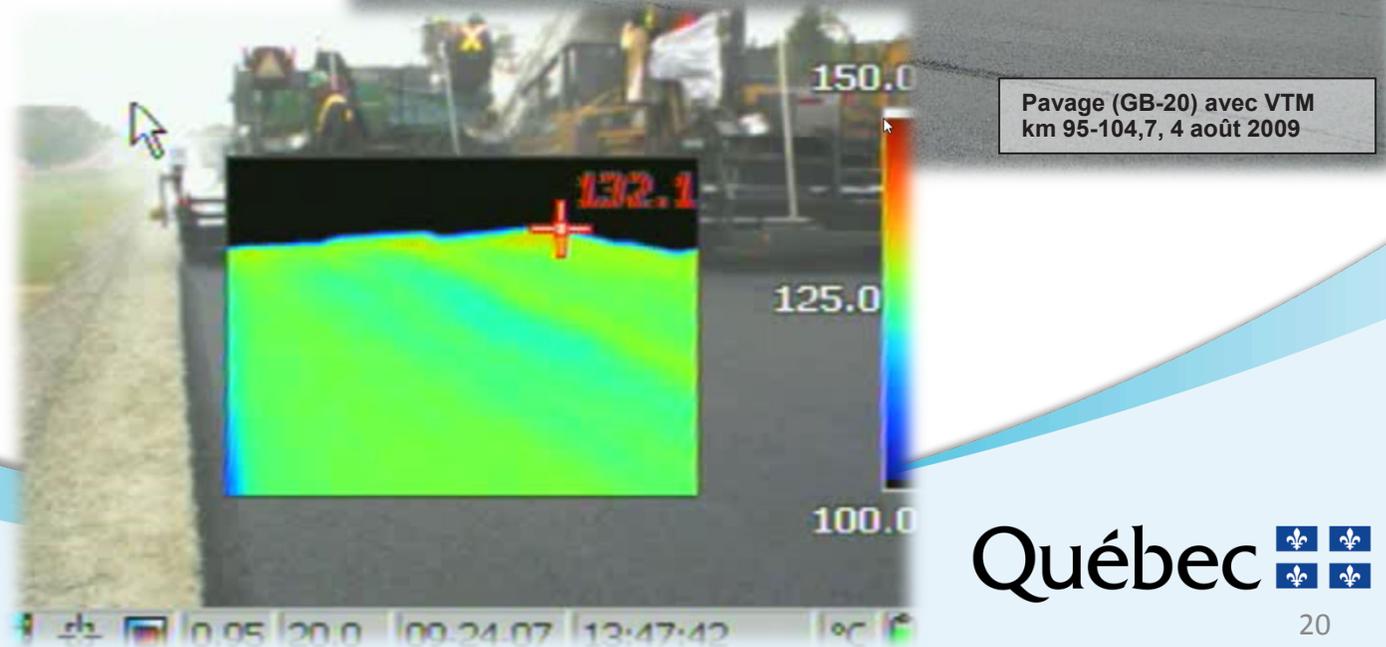
- Mélange l'enrobé pour obtenir une texture et une température plus uniformes
- Grande capacité d'emménagement, favorise la pose en continu



CONCEPTION ET RÉALISATION NOVATRICES

AVANTAGES

- Amélioration de l'uni (confort de roulement)
- Limitation des problèmes liés à la ségrégation (fissures longitudinales, nids-de-poule, arrachement, ...)
- Prolongation de la durée de vie de la chaussée



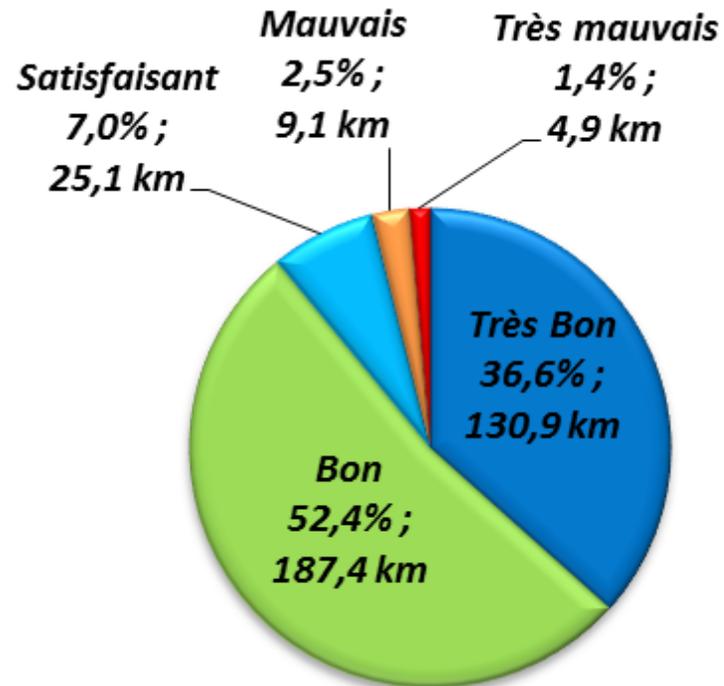
CONTENU DE LA PRÉSENTATION

- Mise en contexte
- Description du projet
- Conception et réalisation novatrices
- **Comportement de la chaussée**
 - État de la situation
 - Évaluation de la performance
- Conclusion



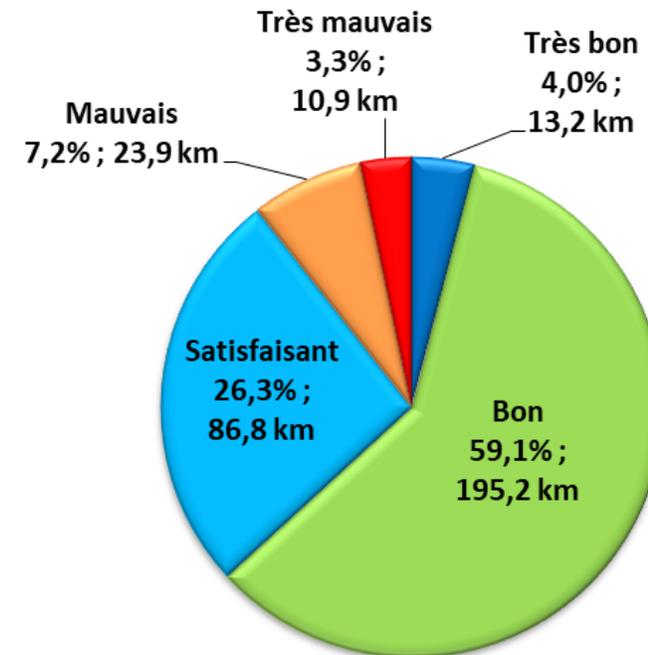
COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - ÉTAT

INDICE D'ÉTAT GOUVERNEMENTAL
(2016)



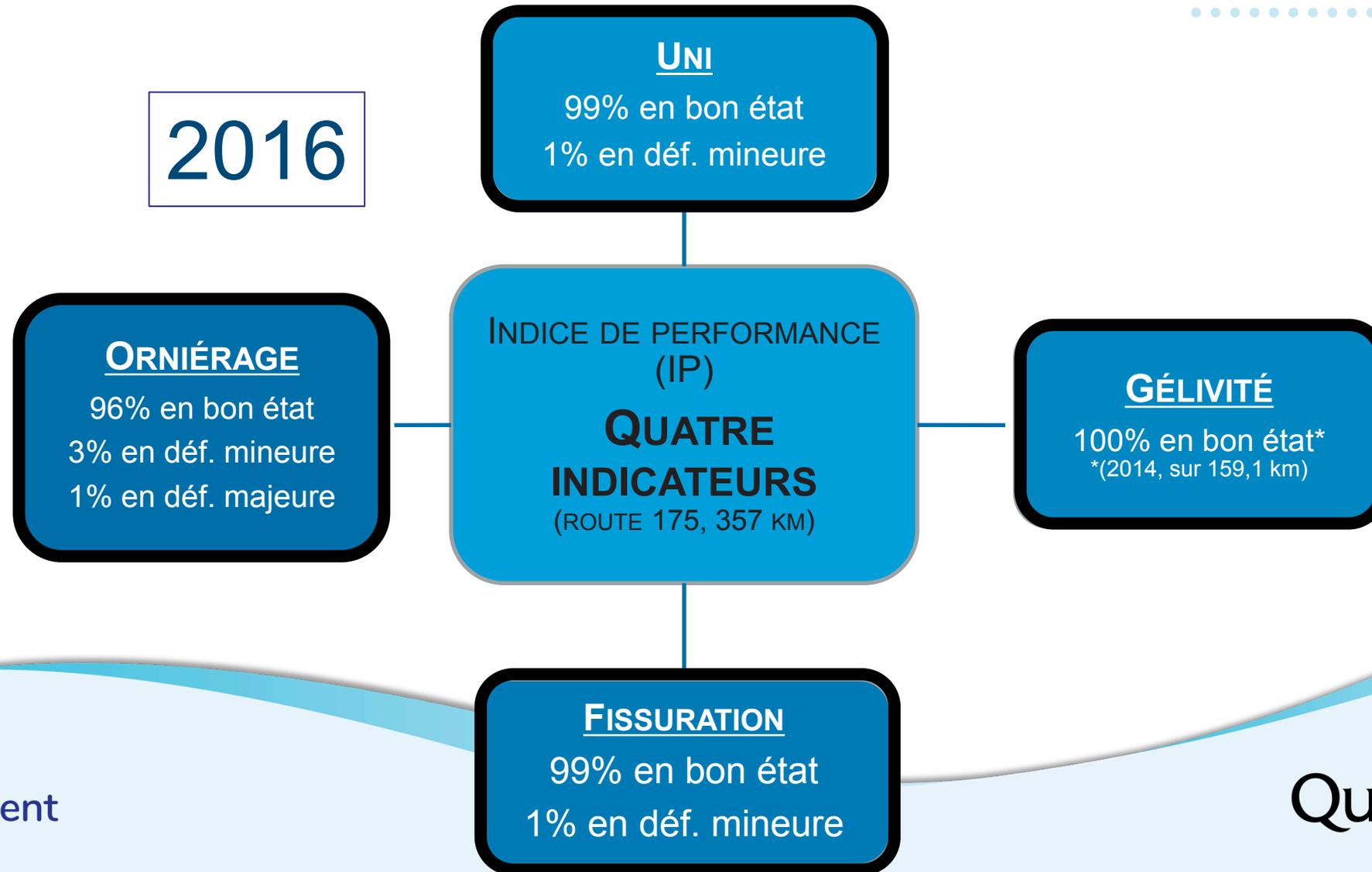
Total : 357 km

(2018)

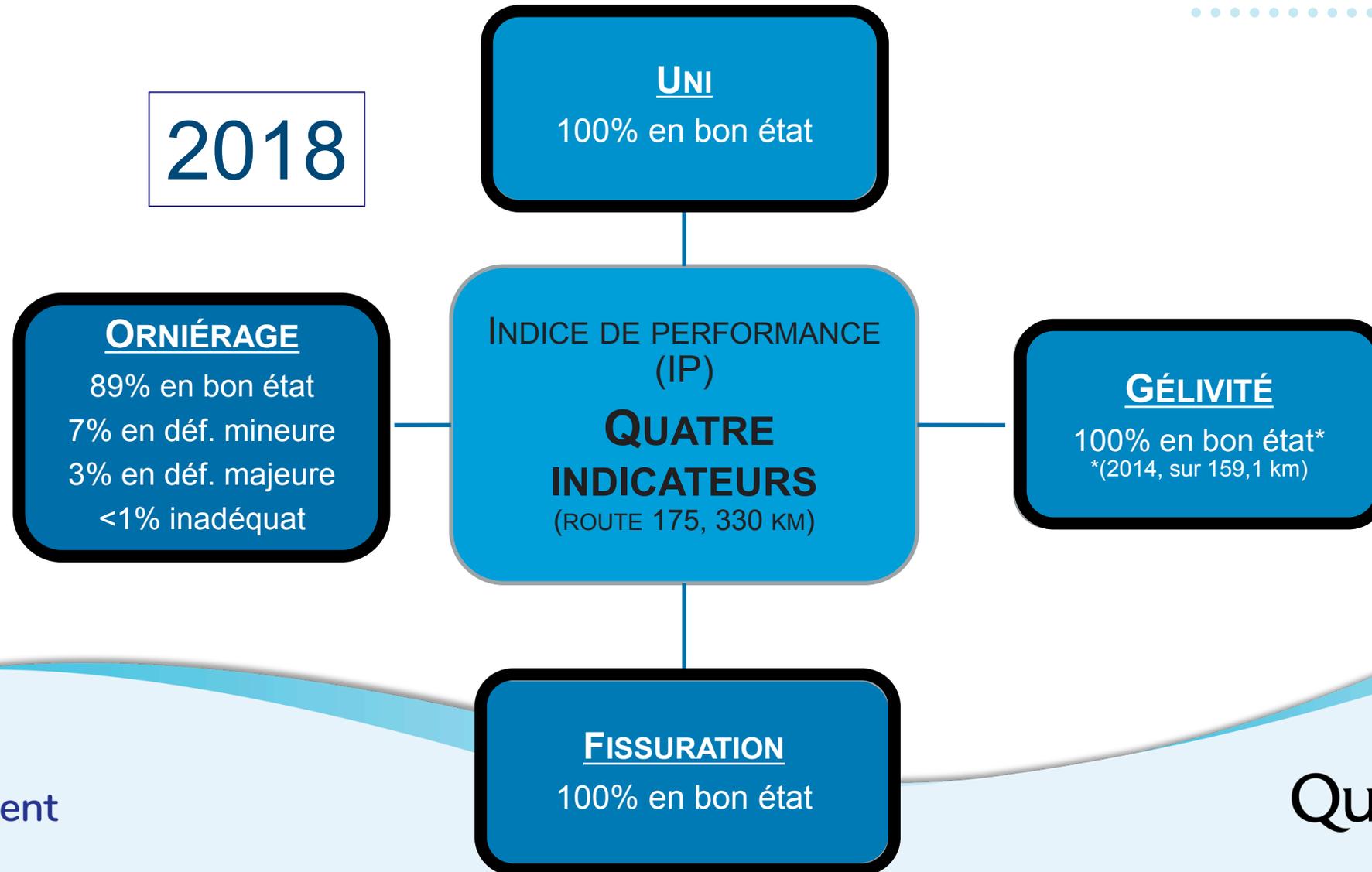


Total : 330 km

COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - ÉTAT



COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - ÉTAT



CONTENU DE LA PRÉSENTATION

- Mise en contexte
- Description du projet
- Conception et réalisation novatrices
- **Comportement de la chaussée**
 - État de la situation
 - **Évaluation de la performance**
- Conclusion



COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - UNI

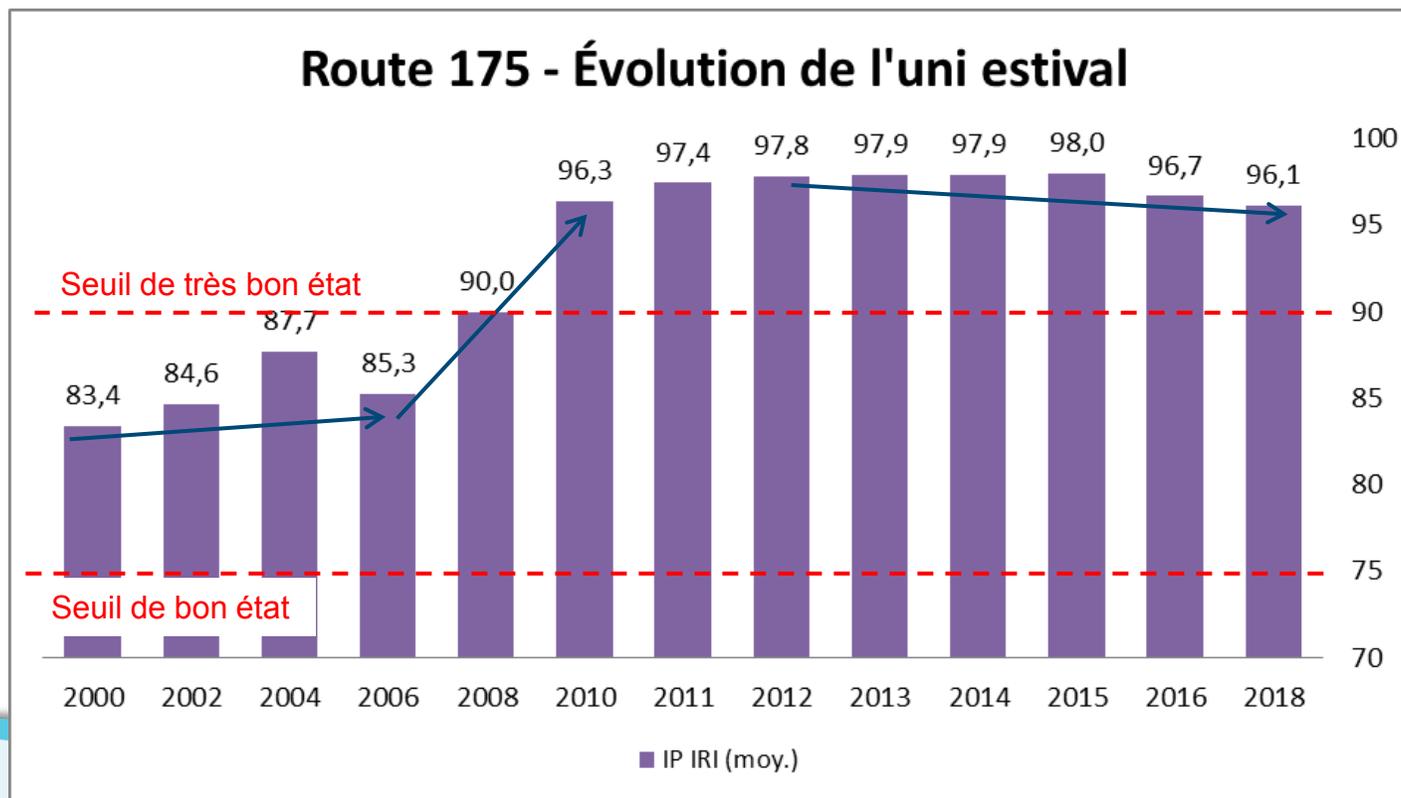
INDICE DE RUGOSITÉ INTERNATIONAL (IRI)

DONNÉES INITIALES, APRÈS CONSTRUCTION (CONTRATS AVEC CLAUSES D'UNI)

Année	Longueur (km) (Route 175)	IRI _{moyen} (m/km) (Route 175)	IRI _{moyen} (m/km) (Réseau MTQ)	Utilisation du VTM (Réseau)	IRI _{moyen} (m/km) Avec/sans VTM (Réseau)
2007	12,4	0,82	1,03	-	-
2008	47,6	0,84	0,97	-	-
2009	133,9	1,01	1,09	58%	0,98 / 1,25
2010	190,5	1,04	1,11	70%	1,02 / 1,32
2011	92,8	0,89	0,98	74%	0,94 / 1,09
2012	103,3	0,81	0,94	95%	0,93 / 1,19
2013	22,2	0,83	0,95	93%	0,93 / 1,26

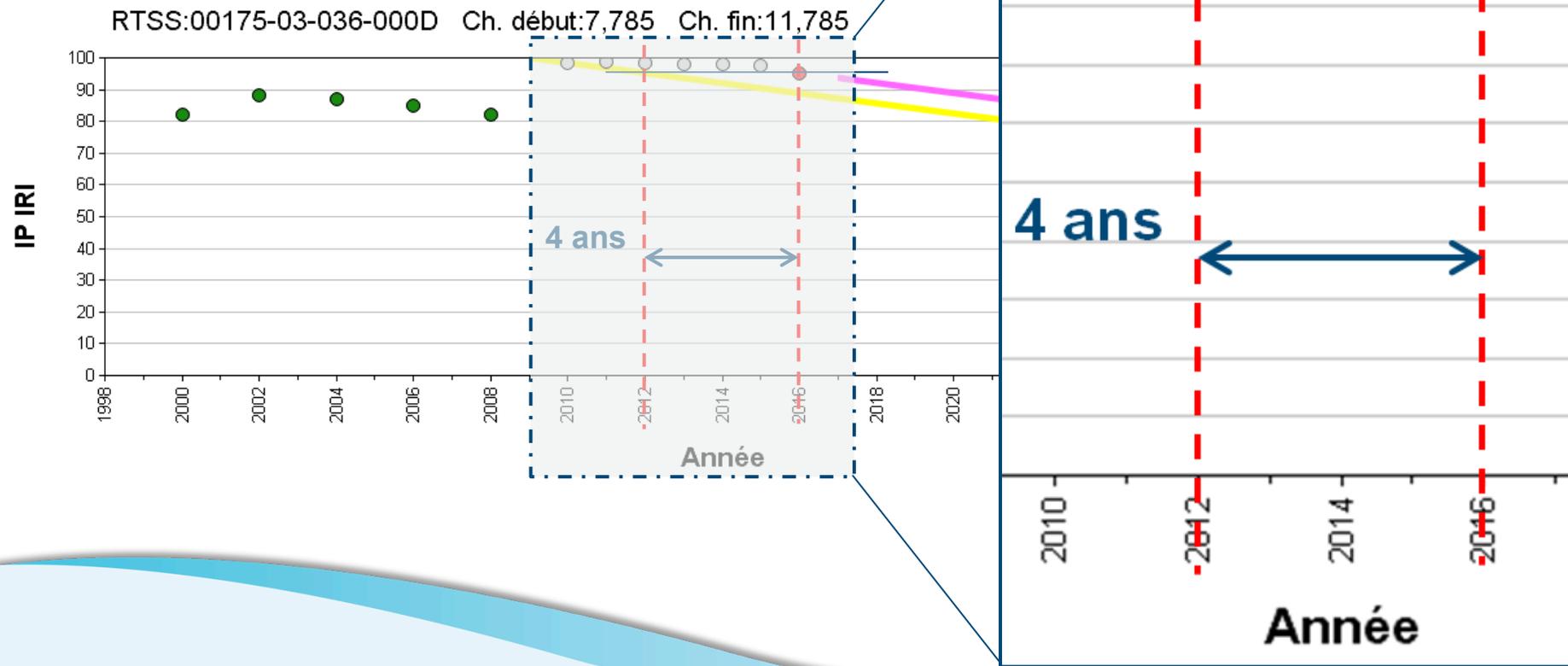
COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - UNI

ÉVOLUTION DE L'INDICE DE RUGOSITÉ INTERNATIONAL (IRI)



COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - UNI

INDICE DE RUGOSITÉ INTERNATIONAL (IRI)
EXEMPLE D'ÉVOLUTION PAR RAPPORT AU MODÈLE



COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - GÉLIVITÉ

ΔIRI - GÉLIVITÉ ROUTE 175 (2007)



Fissures (lézardes)
km 79,5-84, 27 février 2007



Fissure (lézarde)
km 79,5-84, 27 février 2007



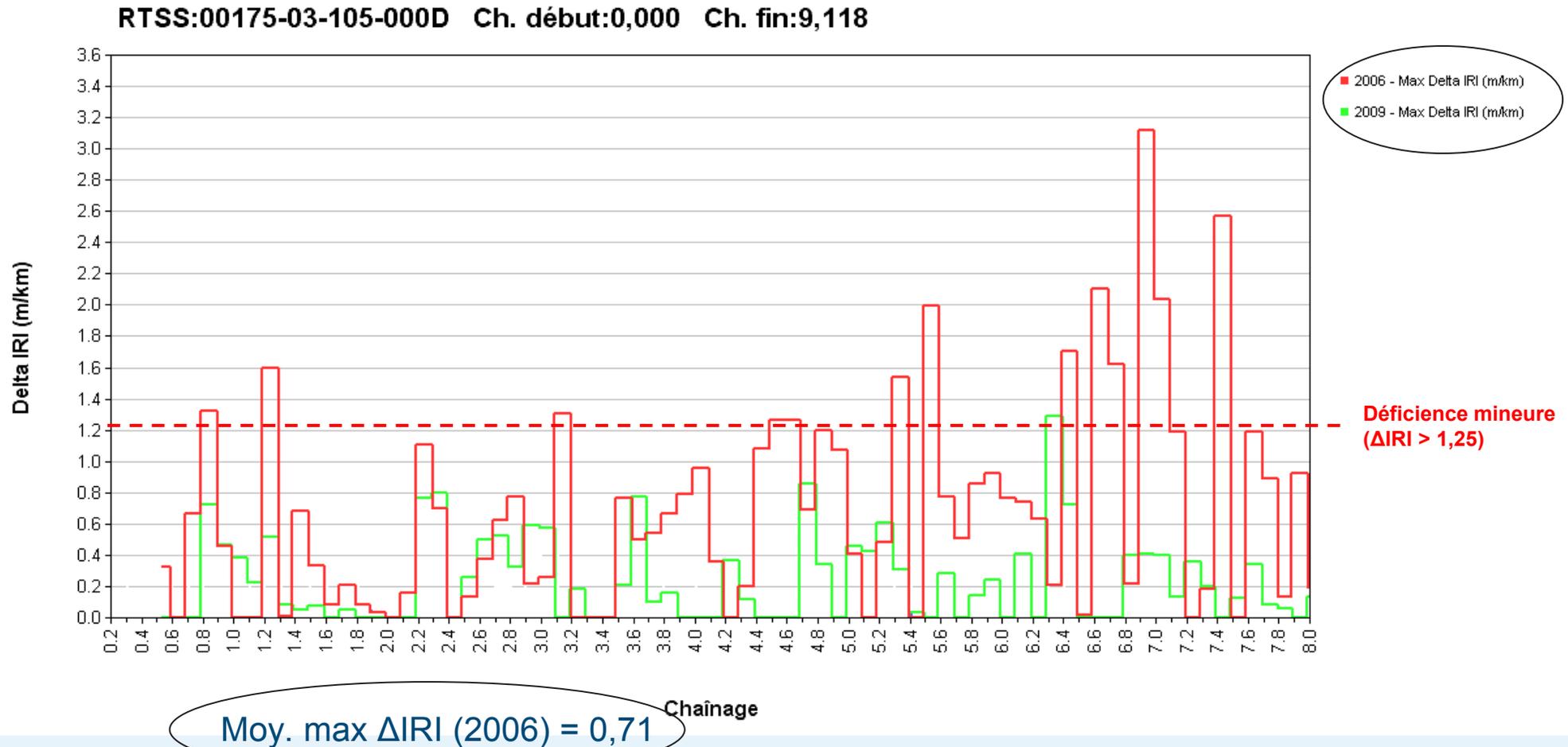
Soulèvement différentiel
km 79,5-84, 27 février 2007



Fissures (lézardes)
14 décembre 2007

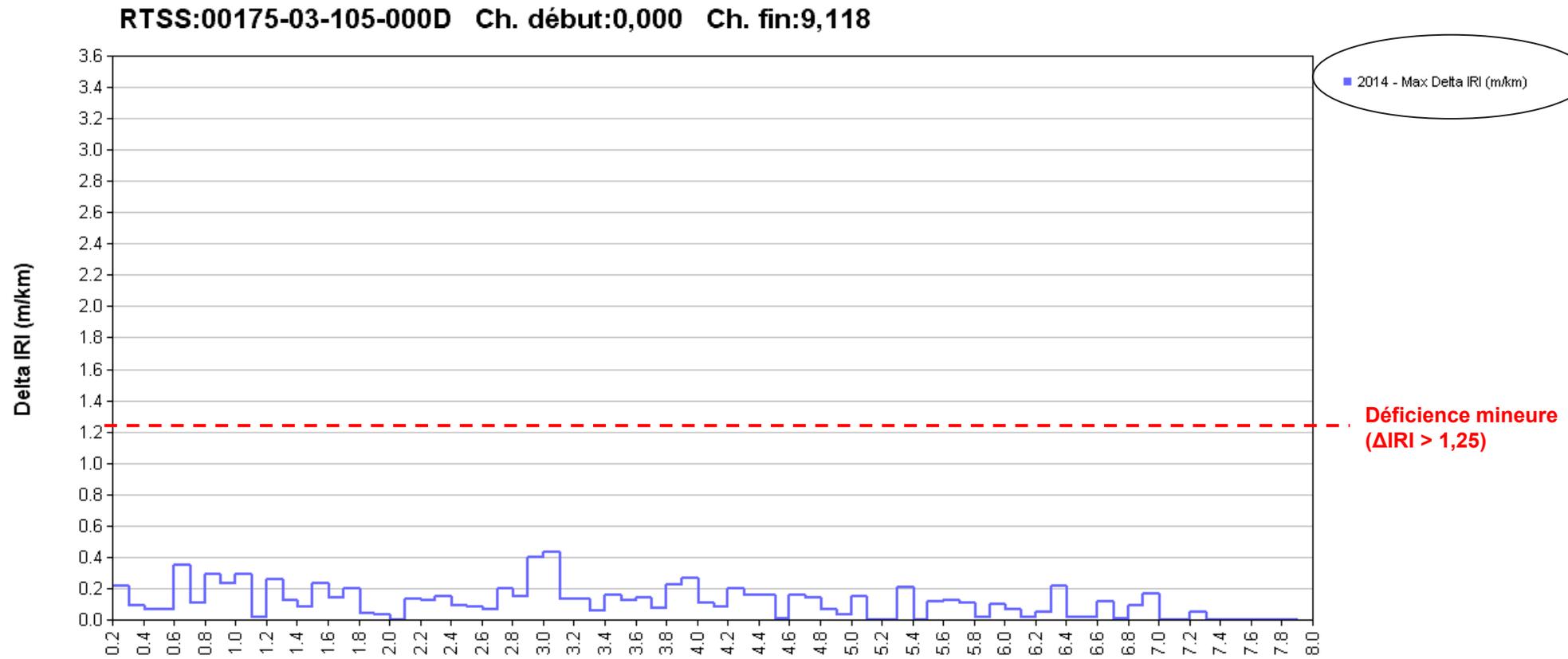
COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - GÉLIVITÉ

GÉLIVITÉ AVANT (CHAUSSÉE DÉCOHÉSIONNÉE ET RECHARGÉE)



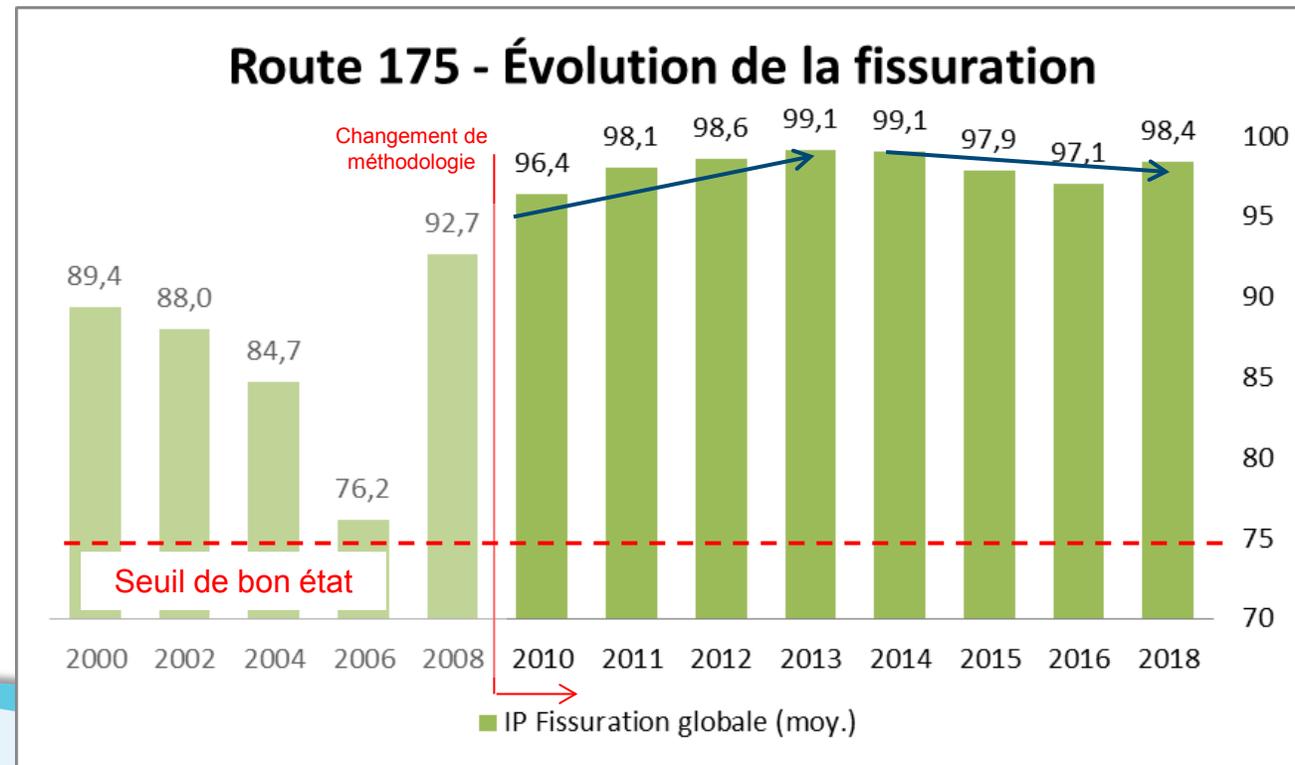
COMPORTEMENT DE LA CHAUSSEE - GÉLIVITÉ

GÉLIVITÉ APRÈS (CHAUSSEE DÉCOHÉSIONNÉE ET RECHARGÉE)



COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - FISSURATION

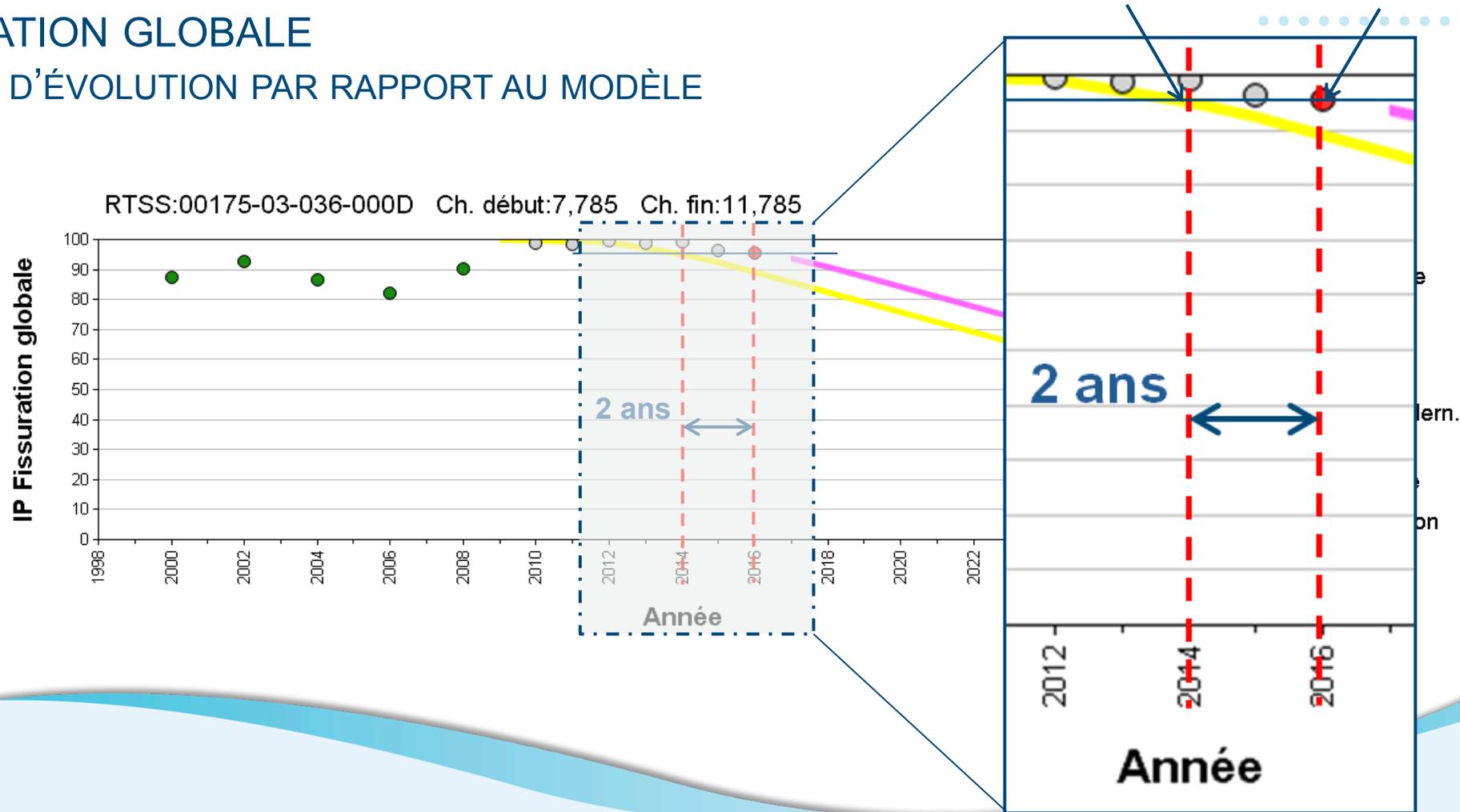
ÉVOLUTION DE LA FISSURATION GLOBALE



COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - FISSURATION

FISSURATION GLOBALE

EXEMPLE D'ÉVOLUTION PAR RAPPORT AU MODÈLE

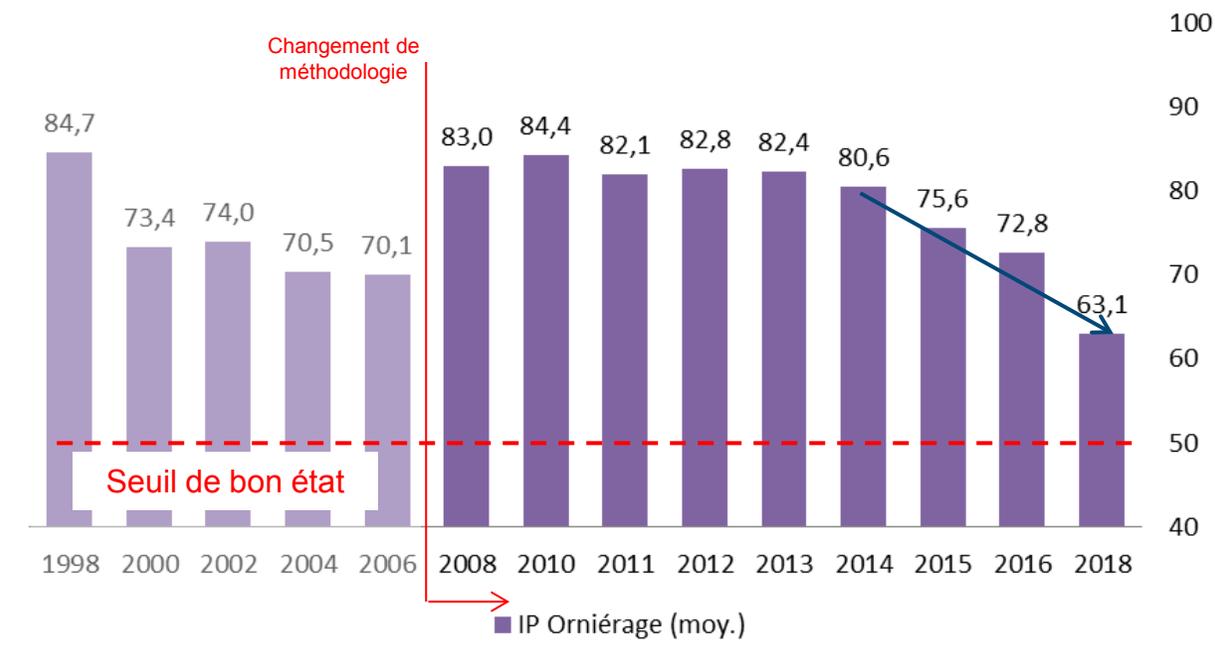


COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - ORNIÉRAGE

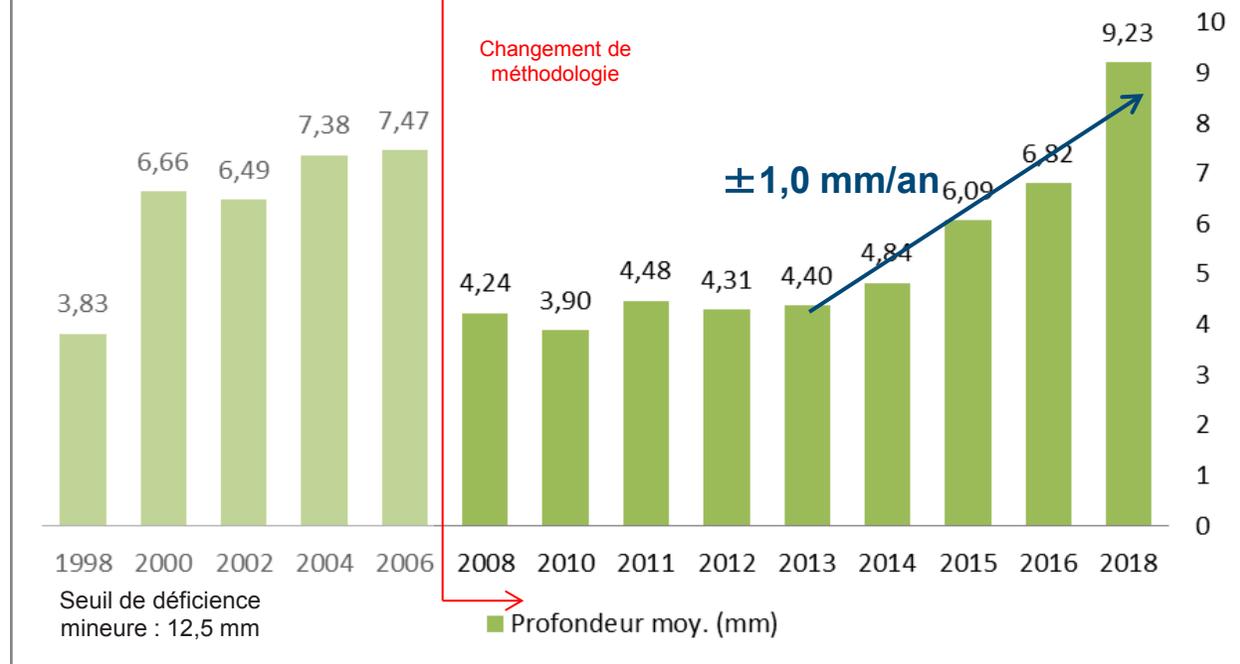
ÉVOLUTION DE L'ORNIÉRAGE (IP ORNIÉRAGE)

(PROFONDEUR)

Route 175 - Évolution de l'orniérage

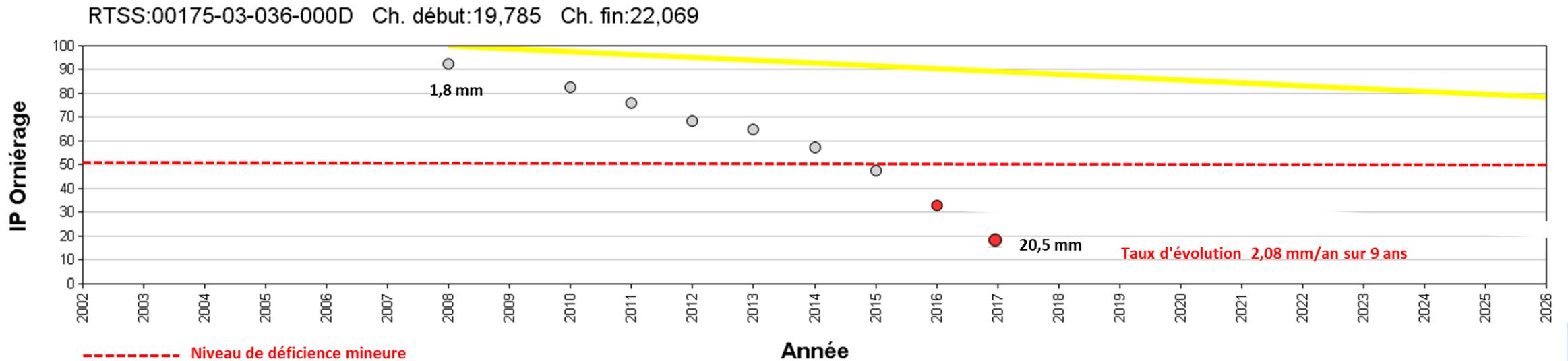


Route 175 - Évolution de l'orniérage



COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - ORNIÉRAGE

ORNIÉRAGE - ÉVOLUTION DE LA DÉGRADATION SECTEURS LOCALISÉS EN DÉFICIENCE MAJEURE (EXEMPLE)

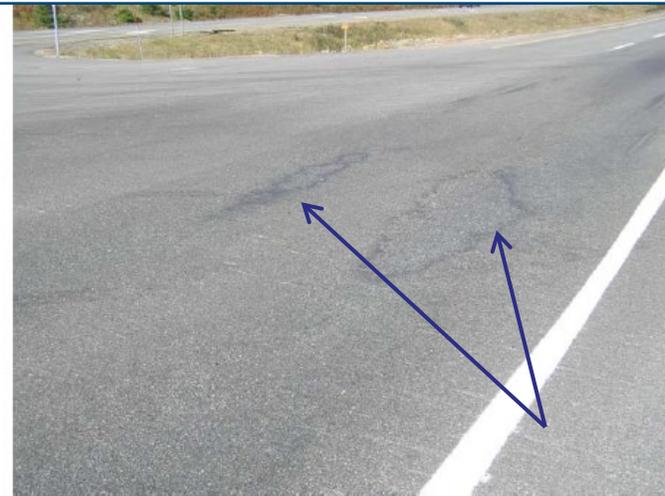


COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE - ORNIÉRAGE

KM 124 À 134



Sect.072 ch.1+300.JPG
2016-09-29



Sect.072 ch.1+900.JPG
2016-09-29



sect.072 ch.2+270.JPG
2017-06-22



sect.072 ch.2+860.JPG
2017-06-22

CONTENU DE LA PRÉSENTATION

- Mise en contexte
- Description du projet
- Conception et réalisation novatrices
- Comportement de la chaussée
 - État de la situation
 - Évaluation de la performance
- **Conclusion**



CONCLUSION

- Comportement attendu ou mieux sur la presque totalité des 357 km
- Plusieurs techniques novatrices efficaces ont contribué à la qualité de cette route : *ESG-5, sous-profils, télémétrie, thermographie, VTM*
- Évolution par rapport aux modèles (analyses 2016) :
 - Uni (IP IRI) normal sur 98,6% du tracé
 - Fissuration (IP Fissuration) normale sur 99,6%
 - Orniérage (IP orniérage) normal sur 59,0% (taux de dégradation < 1,0 mm/an)

POUR PLUS D'INFORMATIONS :



Bulletin d'information technique

vol. 23, n° 2, mai 2018

Route 175 - Bilan de l'état et du comportement de la chaussée

CONTEXTE

La route 175 traversant la réserve faunique des Laurentides constitue le principal lien entre la région de la Capitale-Nationale et celle du Saguenay-Lac-Saint-Jean. La réalisation d'une route à quatre voies et à chaussées séparées (figure 1) a été effectuée de 2003 à 2013. Ces travaux d'envergure avaient comme principaux objectifs de favoriser la sécurité et la fluidité du trafic⁽¹⁾.

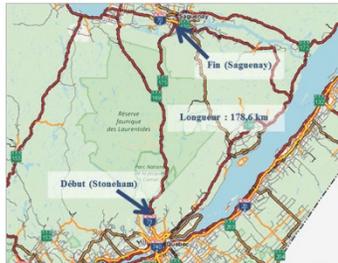


Figure 1 – Localisation de la route 175

La présente publication dresse un bilan, près de cinq ans après la fin des travaux, de l'évolution du comportement de la chaussée pour l'ensemble de la route 175.

DESCRIPTION DU PROJET

Les travaux de construction ont débuté officiellement en 2006, bien que certaines sections aient déjà fait l'objet d'une amélioration dès 2002.

Ce vaste projet comportait de nombreuses contraintes environnementales et topographiques, le tout dans un contexte de climat difficile et d'éloignement des grands centres. Réparti en 31 projets, l'ensemble de la route (357 km de chaussées) a fait l'objet d'une construction ou d'une réfection. Les méthodes usuelles de conception et de construction ont été revues et adaptées afin d'intégrer plusieurs améliorations contribuant à la qualité et à la durée de vie de la chaussée.

Une compilation des interventions réalisées (figure 2) indique que près des trois quarts des 357 km sont des chaussées nouvelles ou entièrement reconstruites. La plus grande partie des travaux, soit près de 70 %, a été complétée entre 2008 et 2010. Notons que 31 nouvelles structures ont été construites et 16 ont été réparées dans le cadre du projet.

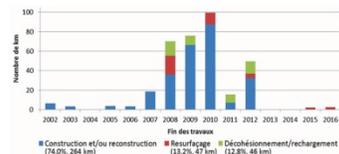


Figure 2 – Interventions sur la route 175 de 2002 à 2016

CONCEPTION ET RÉALISATION

Le dimensionnement de la chaussée prévoit une durée de vie de 30 ans. La route 175 est une des premières chaussées souples à durée de vie prolongée au Québec, ce qui a impliqué l'utilisation de différentes techniques de conception, de construction et de contrôle en chantier⁽²⁾. De plus, des méthodes novatrices ont été utilisées pour le terrassement et la structure de chaussée.

Sous-profil

L'aménagement de sous-profil, ou infrastructure améliorée, consiste à remplacer une partie des sols en place par des matériaux de calibre MG 112 (autorisés jusqu'à 20 % de fines) ou de roc brisé. Cette approche s'est avérée efficace pour assurer un comportement stable de la chaussée en présence de sols gélifs.

L'usage de sous-profil, sur une épaisseur moyenne de l'ordre de 850 mm, a été nécessaire sur 8,3 % de la route, soit sur près de 30 km. L'utilisation d'isolant thermique a également été requise localement en présence de sols très gélifs ou de conditions défavorables. Ces sections représentent environ 2,7 km.

Des variantes de structure de chaussée ont été établies en fonction du type de sol support (figure 3). Elles ont été déterminées avec le logiciel Chaussée 2 en considérant des données typiques pour les différents sols supports en place.

ISSN 1916-3975



1



Info-DGLC, vol. 23, n° 2, mai 2018

Route 175 - Bilan de l'état et du comportement de la chaussée

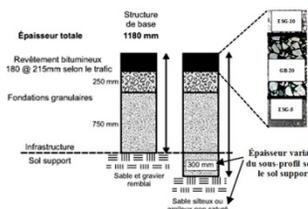


Figure 3 – Structure de chaussée type avec sous-profil en fonction du sol support

Couche antifatique

Sur les secteurs où la pose d'un nouveau revêtement était nécessaire, l'utilisation d'une couche d'enrobé bitumineux antifatique (ESG-5) a été préconisée à la base du revêtement (figure 3) sur 70,7 % de la chaussée, soit sur 253 km. L'usage de ce type d'enrobé, plus flexible et résistant en tension, permet d'éviter l'amorce et la remontée de fissures dans le revêtement et ainsi d'atteindre la durée de vie escomptée. Cela permet également de réduire l'épaisseur totale d'enrobé tout en conservant une performance équivalente.

Télémetrie

Des systèmes de positionnement et d'asservissement ont été intégrés aux équipements servant au nivellement lors des travaux de terrassement. L'utilisation de tels systèmes s'est traduite par une amélioration des rendements lors de la mise en place de même qu'une amélioration significative de la qualité des travaux, notamment dans les sections en dévers et lors de l'aménagement de transitions.

Thermographie et VTM

Le projet de la route 175 compte parmi les premières applications de la méthode de contrôle de l'hétérogénéité de la température de l'enrobé par thermographie infrarouge (figure 4A). Cette approche a permis de détecter diverses problématiques liées à la mise en œuvre des enrobés et d'apporter des solutions adaptées au contexte⁽³⁾.



Figure 4 – A) Détection de ségrégation thermique par infrarouge B) Asphaltage avec utilisation d'un VTM

2

Dès 2005, le ministère des Transports a préconisé l'usage de véhicules de transfert de matériaux (VTM) (figure 4B)⁽⁴⁾ afin d'uniformiser la température de l'enrobé et d'en favoriser la pose en continu. L'usage sur une base régulière de cet équipement s'est traduit par un meilleur uni (confort au roulement) et une texture plus uniforme de l'enrobé.

ÉTAT ET COMPORTEMENT DE LA CHAUSSÉE

Le bilan de l'état de la chaussée sur l'ensemble de la route 175 a été établi à partir des données recueillies en 2016 avec le véhicule de mesure de l'état des chaussées (VMEC)⁽⁵⁾. Les quatre indicateurs d'état relevés, soit l'indice de confort au roulement (IRI), l'indice d'ornièrage, le taux de fissuration globale ainsi que la susceptibilité au gel de la chaussée, sont combinés pour établir l'indicateur dénommé indice d'état gouvernemental. L'état de la chaussée selon cet indicateur et les interventions réalisées est présenté à la figure 5.



Figure 5 – Indice d'état gouvernemental (route 175, 2016)

De façon générale, un peu plus de 96 % de la route 175 est dans un état variant de satisfaisant à très bon. Selon le type d'intervention, 100 % des chaussées décohesionnées et rechargées sont au moins en bon état, alors que les chaussées resurfacées ou nouvelles sont dans un état satisfaisant ou mieux dans respectivement 89,0 % et 96,7 % des cas.

Par ailleurs, un indice de performance (IP) variant de 0 à 100, 100 étant excellent, est attribué à chacun des quatre indicateurs pour définir plus précisément l'état de la chaussée. Les données ainsi compilées permettent de constater, 6 à 8 ans après la fin de la construction d'une majeure partie de la route 175, que l'indice IRI et le taux de fissuration globale se trouvent dans un bon ou très bon état sur environ 99 % de la route. Ces constats sont étroitement liés au bon comportement de la chaussée au regard des effets du gel. En effet, l'indice de gélivité, défini comme étant la différence entre l'IRI hivernal et l'IRI estival, est jugé en bon état sur 100 % de la route 175. Enfin, l'indicateur de l'ornièrage indique un bon état sur un peu plus de 96 % de la route.

Info-DGLC, vol. 23, n° 2, mai 2018

Les résultats d'uni (valeur moyenne par année) lors de l'acceptation des travaux sont présentés au tableau 1, pour les contrats de la route 175 et de l'ensemble du réseau du Ministère qui incluaient une clause d'uni. Ces données permettent de constater que l'indice de confort au roulement (IRI) lors de l'acceptation des travaux était excellent ou du moins meilleur que celui mesuré sur d'autres travaux réalisés ailleurs sur le réseau. On note également que l'utilisation de VTM s'est accrue considérablement au niveau réseau entre 2009 et 2013.

Année	Longueur (km) (Route 175)	IRI _{mes} (km) (Route 175)	IRI _{mes} (km) (Réseau)	Utilisation de VTM (Réseau)	IRI _{mes} (km) (Réseau)
2007	12,4	0,82	1,03	-	-
2008	47,6	0,84	0,97	-	-
2009	133,9	1,01	1,09	58%	0,98 / 1,25
2010	190,5	1,04	1,11	70%	1,02 / 1,32
2011	92,8	0,89	0,98	74%	0,94 / 1,09
2012	103,3	0,81	0,94	95%	0,93 / 1,19
2013	22,2	0,83	0,95	93%	0,93 / 1,26

SEUILS D'ETAT POUR UNE ROUTE NATIONALE
- TRÈS BON ETAT : IRI ≤ 1,0 (CORRESPONDANT A IP ≥ 90)

Tableau 1 – Données d'IRI initiales, après construction

L'évolution de l'indice moyen de l'uni entre 2000 et 2016 (figure 6) dénote que les travaux réalisés se sont traduits par une nette amélioration de l'indice de confort au roulement de la route 175. Une tendance similaire a été notée pour l'évolution des indices de fissuration et de gélivité, ce qui démontre que les travaux ont permis de maintenir un faible taux de fissuration et d'améliorer le comportement de la chaussée durant la période hivernale. D'autre part, l'évolution de l'indice d'ornièrage indique une progression jusqu'à la fin des travaux (2013) suivie d'une diminution, plus rapide que pour les autres indicateurs.

Sur l'ensemble de la route 175, l'évolution de l'uni et de la fissuration se produit comme prévu (modèles prédictifs) ou plus lentement dans plus de 98 % des cas. Par contre, l'ornièrage évolue plus rapidement que la valeur de référence (1,0 m/an) dans 41 % des cas.

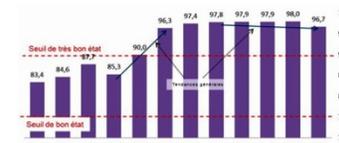


Figure 6 – Évolution en IP de l'uni estival moyen (IRI)

CONCLUSION

Le projet de la route 175 constitue un exemple au Québec en termes d'intégration environnementale et d'ingénierie routière. Ce projet d'envergure a permis l'implantation de méthodes de conception et de réalisation novatrices et efficaces. L'aménagement de sous-profil, l'utilisation d'une couche d'enrobé antifatique, les équipements munis des systèmes de guidage et d'asservissement par télémetrie, le contrôle par thermographie infrarouge ainsi que l'utilisation des VTM ont contribué à la qualité et au bon comportement de cette route.

Sur la base des relevés de l'année 2016, la presque totalité de la route (96 %) présente un indice d'état gouvernemental variant de satisfaisant à très bon. Le comportement de la route est dans l'ensemble tel qu'attendu ou mieux. Enfin, les premiers constats en ce qui a trait à l'ornièrage justifient un suivi accru afin de préciser davantage les causes du comportement observé jusqu'ici.

RÉFÉRENCES

- TRANSPORTS CANADA ET MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. *Informations sur les travaux de l'axe routier 73/175*, Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2008.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. *Chaussée souple à durée de vie prolongée*, Québec, Info-DGLC, Vol. 9, n° 9, septembre 2004.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. *Utilisation de la thermographie pour la pose des enrobés*, Québec, Info-DGLC, Vol. 10, n° 11, novembre 2005.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. *Véhicules de transfert pour la pose d'enrobé*, Québec, Info-DGLC, Vol. 11, n° 2, mars 2006.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. *Véhicule d'auscultation des chaussées*, Québec, Info-DGLC, Vol. 16, n° 2, mai 2011.

RESPONSABLES : Jean Verreault, ing. M. Sc.
Guy Bergeron, ing. M. Sc.
Mario Royer, t.t.p.
Service des chaussées

DIRECTEUR : Yvon Villeneuve, ing.
Direction générale du laboratoire des chaussées

3



MERCI!



Vue générale
km 66,9-70, 14 oct. 2009

QUESTIONS?