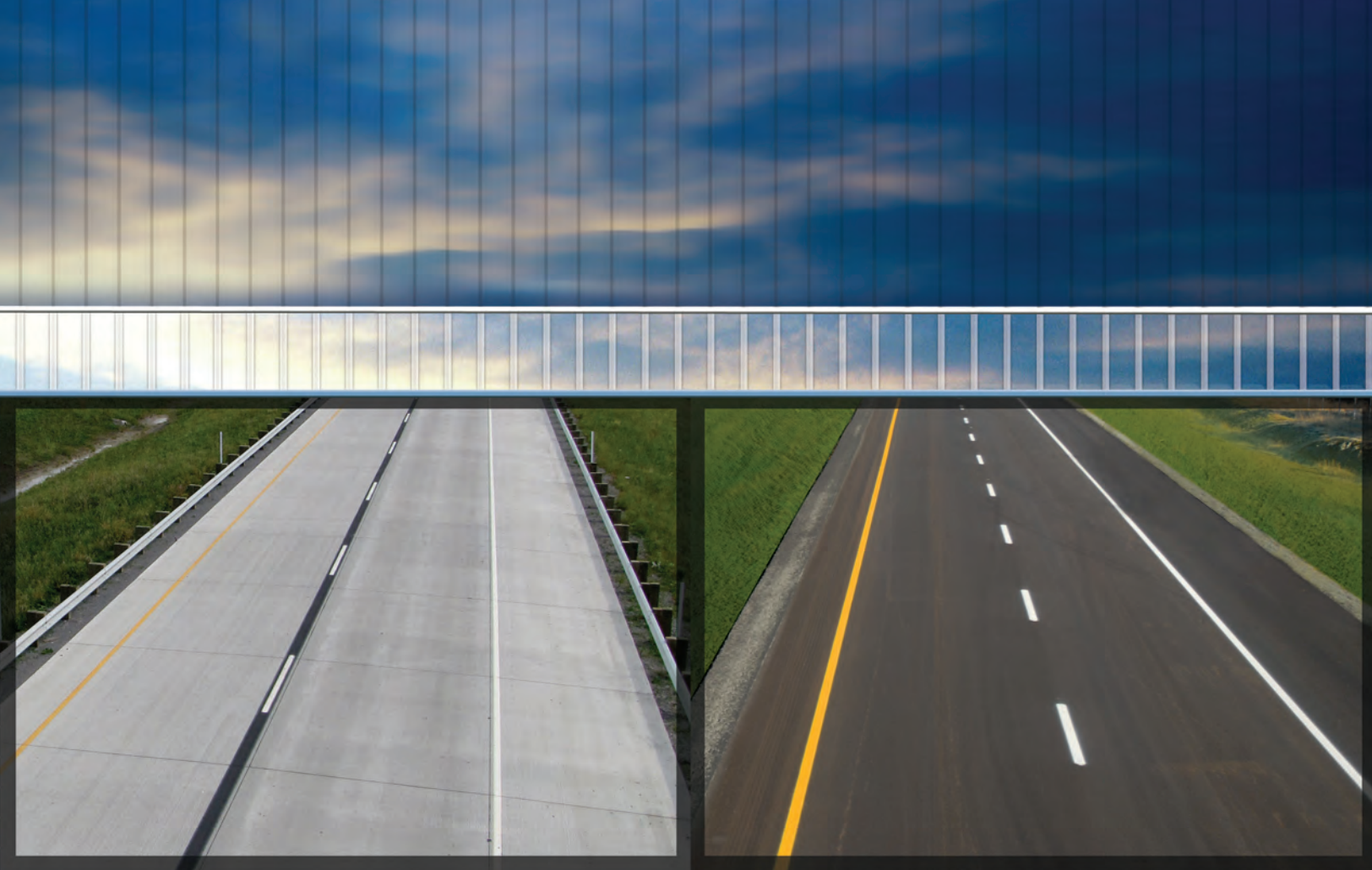


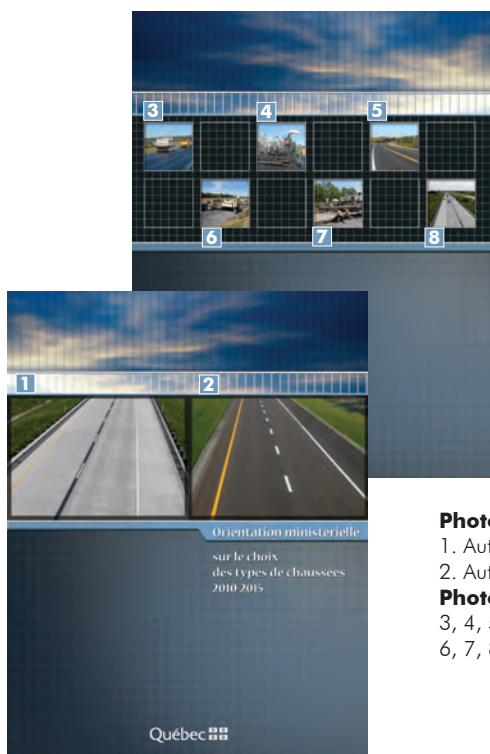


Orientation ministérielle
sur le choix
des types de chaussées
2010-2015



Orientation ministérielle

sur le choix
des types de chaussées
2010-2015



Photographies de la page couverture

1. Autoroute 30 - Source : Denis Béchar, Ministère des Transports du Québec.

2. Autoroute 73 - Source : Denis Béchar, Ministère des Transports du Québec.

Photographies de la page couverture arrière

3, 4, 5. Autoroute 73 - Source : Nicole Beaudet, Ministère des Transports du Québec.

6, 7, 8. Autoroute 30 - Source : Denis Béchar, Ministère des Transports du Québec.

Le ministère des Transports encourage le téléchargement de cette publication depuis son site Web à l'adresse suivante : www.mtq.gouv.qc.ca.

Pour obtenir plus de renseignements, vous pouvez :

- composer le 511
- consulter le site Web au www.mtq.gouv.qc.ca
- écrire à l'adresse suivante : Direction des communications
Ministère des Transports du Québec
700, boul. René-Lévesque Est, 27^e étage
Québec (Québec) G1R 5H1

Soucieux de protéger l'environnement, le ministère des Transports du Québec favorise l'utilisation de papier fabriqué à partir de fibres recyclées pour la production de ses imprimés.

Imprimé sur du papier Rolland Enviro100 contenant 100 % de fibres recyclées postconsommation, certifié Éco-Logo, procédé sans chlore, FSC recyclé et fabriqué à partir d'énergie biogaz.



© Gouvernement du Québec, ministère des Transports du Québec, 2012

ISBN 978-2-550-65950-1 (Imprimé)

ISBN 978-2-550-65949-5 (PDF)

Dépôt légal – 2012

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

Avant-propos

L'*Orientation ministérielle sur le choix des types de chaussées* constitue un document essentiel à la gestion du réseau routier sous la responsabilité du ministère des Transports du Québec. D'une portée de cinq ans, l'orientation ministérielle détermine les types de chaussées qui constituent le meilleur investissement à long terme à partir d'analyses économiques, sociales et environnementales. Ces dernières tiennent également compte d'éléments à caractère opérationnel. En adoptant cette orientation, le Ministère vise à harmoniser les pratiques et à soutenir les gestionnaires du réseau lors de la construction et de la réhabilitation des chaussées ainsi que de la planification et de la programmation des travaux routiers.

Le *Plan de redressement du réseau routier supérieur* du Ministère prévoit d'importants investissements consacrés au maintien et à l'amélioration des infrastructures routières sous sa responsabilité. Le Ministère s'est engagé à optimiser ses interventions afin d'atteindre les objectifs de redressement à long terme de l'état du réseau routier. Dans cette perspective, l'*Orientation ministérielle sur le choix des types de chaussées* devient un outil essentiel à la prise de décision pour les gestionnaires du réseau routier. La détermination, au préalable, des types de chaussées offrant le meilleur rendement contribue à la gestion globale du réseau et facilite la planification des projets routiers.

La présente orientation remplace celle qui avait été adoptée en 2001. Elle a été actualisée en fonction des nouvelles connaissances environnementales et de celles relatives aux coûts des composants des chaussées et de leur exploitation. La prise en considération de la dimension environnementale a fait l'objet d'un effort particulier afin de répondre aux exigences que s'est fixées le Ministère en matière de développement durable. L'orientation s'inscrit favorablement dans le contexte actuel de la multiplication des investissements prévue dans le *Plan de redressement de l'état du réseau routier supérieur* dans le respect de la Loi sur le développement durable.

La sous-ministre,
Dominique Savoie

Table des matières

1. Introduction	7
2. Objectifs	8
3. Méthodologie	9
3.1 Démarche consultative.....	9
3.2 Outils d'aide à la décision.....	9
3.3 Application des résultats sur le réseau routier.....	13
4. Répartition des types de chaussées sur le réseau routier du Ministère	14
5. Modalités d'application	15
5.1 Définition des catégories d'interventions.....	15
5.2 Pour les routes existantes.....	16
5.3 Pour les nouvelles routes.....	16
6. Conclusion	17

Annexes

1. Coûts et séquences des interventions des analyses de coûts globaux sur la durée de vie des chaussées.....	21
2. Critères retenus aux fins de l'analyse multicritère.....	23
3. Répartition des chaussées sur le réseau routier du ministère des Transports du Québec.....	24
4. Description du réseau de chaussées en béton.....	26
5. Modalités d'application pour la construction de nouvelles routes.....	27

Introduction

Le réseau routier sous la responsabilité du ministère des Transports du Québec est composé d'environ 30 400 kilomètres de routes¹, principalement de chaussées rigides (en béton) ou souples (en enrobé ou en gravier). Chaque type de chaussée réagit différemment aux diverses conditions de trafic. Le comportement mécanique des types de chaussées se distingue par une réponse différente aux effets des charges lourdes. Ainsi, la répartition des charges sous une chaussée diffèrera selon le type de surface de roulement. Au Québec, l'épaisseur de la structure granulaire de la chaussée, formée de la fondation et de la sous-fondation, est surtout fonction de la résistance au gel souhaitée. La nature du trafic, par ailleurs, influence directement le choix des revêtements et leur épaisseur. Les deux types de chaussées permettent néanmoins d'atteindre les objectifs de performance et de sécurité du Ministère. Dans ce contexte, le Ministère reconnaît que chaque type de chaussée représente une option viable et qu'il importe de privilégier le produit qui offre le meilleur rendement à long terme en fonction de critères économiques, sociaux, environnementaux et opérationnels.

Au moment de l'adoption de l'orientation ministérielle de 2001, le Ministère s'était engagé à en effectuer une révision après cinq ans. Le processus de révision a toutefois nécessité un délai supplémentaire en raison de l'évolution du coût des composantes essentielles des chaussées et des connaissances en matière d'environnement. Les principales causes des modifications apportées à la présente orientation sont :

- l'évolution des paramètres de coûts ayant des effets sur le rendement de l'investissement :
 - o le coût des matériaux;
 - o le coût de la mise en œuvre;
- les conditions de trafic influençant la performance à long terme des types de chaussées :
 - o le débit de la circulation;
 - o l'augmentation de la demande en transport lourd;
- l'amélioration des connaissances et de l'expertise en matière de chaussées en raison du suivi de la performance dans le temps;
- la prise en considération de l'effet des types de chaussées sur l'environnement au moyen d'une analyse du cycle de vie.

Certains de ces paramètres ont une influence marquée sur le rendement à long terme des investissements. Il est reconnu que les deux types de chaussées peuvent constituer un investissement rentable selon les conditions de trafic. Par conséquent, la proportion du réseau où les chaussées en béton et en enrobé représentent de meilleurs investissements à long terme est différente de celle qui a été obtenue lors des travaux d'analyse réalisés en 2001 pour l'élaboration de la première orientation.

1. Il s'agit de la longueur réelle totale des routes telle qu'elle est indiquée dans le *Rapport annuel de gestion 2009-2010* du ministère des Transports du Québec (p. 150). Cette longueur tient compte du nombre de chaussées, mais pas du nombre de voies. Elle comprend les bretelles de routes et d'autoroutes ainsi que les voies de desserte.

En adoptant la présente orientation, le Ministère poursuit quatre objectifs :

- déterminer les types de chaussées qui sont les mieux adaptés aux conditions d'utilisation du réseau routier sous sa responsabilité;
- favoriser et optimiser la planification à long terme des interventions en utilisant une approche axée sur le réseau;
- faciliter le développement de l'expertise chez les concepteurs de chaussées et les exploitants du réseau;
- intégrer concrètement les principes de développement durable dans le processus décisionnel.



3.1 Démarche consultative

Afin d'assurer la transparence du processus de révision de l'orientation, le ministère des Transports a consulté les représentants des industries du béton (Association canadienne du ciment) et du bitume (Bitume Québec) ainsi que ceux de l'Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec (ACRGTQ). Il a agi comme maître d'œuvre du processus de révision, mais a consulté des représentants de différentes industries afin de connaître leurs préoccupations et d'entendre leurs commentaires sur les différents paramètres d'analyse retenus. Cette collaboration a permis de considérer les revendications des industries et de renouveler l'entente établie en 2001 quant à la méthodologie d'analyse utilisée et à la nécessité de maintenir et de développer une expertise pointue au sein des différents milieux concernés.

Le volet environnemental et la prise en considération des effets des choix en matière de développement durable ont été abordés au moyen d'une analyse du cycle de vie (ACV) dont les résultats ont été intégrés dans une analyse multicritère. Le Ministère a mandaté le Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) de l'École Polytechnique de l'Université de Montréal pour réaliser l'ACV. Il s'agit d'un organisme indépendant et reconnu pour son expertise dans le domaine.

3.2 Outils d'aide à la décision

Pour élaborer l'orientation, le Ministère devait utiliser une méthodologie permettant une analyse objective, rigoureuse et appuyée sur des données démontrables et des éléments éprouvés. De plus, ce processus d'analyse devait être applicable à l'ensemble du réseau routier sous sa responsabilité.

La méthodologie retenue s'appuie donc sur trois outils d'aide à la décision (figure 1) :

- une analyse économique connue sous le nom d'analyse des coûts globaux sur la durée de vie des chaussées ou LCCA²;
- une ACV qui considère les impacts environnementaux des différents types de chaussées;
- une analyse multicritère qui tient compte des aspects difficiles à quantifier monétairement et qui permet d'intégrer les résultats de l'ACV.

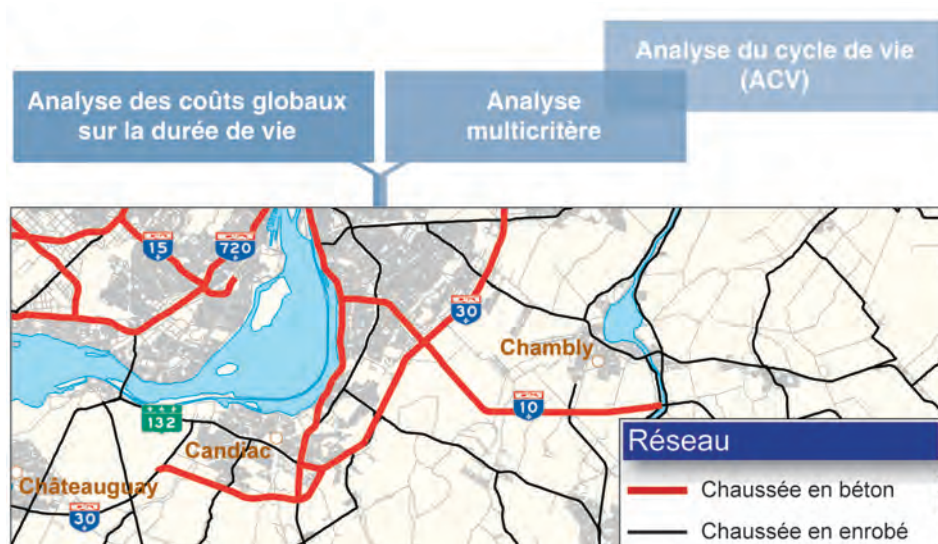


Figure 1 – Outils d'aide à la décision

2. Le sigle LCCA signifie Life Cycle Cost Analysis.

3.2.1 Analyse des coûts globaux sur la durée de vie des chaussées

L'analyse des coûts globaux sur la durée de vie des chaussées (LCCA) permet de comparer le rendement de l'investissement sur une période prédéterminée, et ce, pour différentes techniques d'intervention relatives aux chaussées. Ce type d'analyse, généralement utilisé en mode projet, a été adapté à l'application d'une approche axée sur le réseau. Le Ministère a ainsi défini 16 cas types en fonction de différents critères ayant une incidence sur le dimensionnement structural de la chaussée et sur son entretien ultérieur, soit :

- le débit de la circulation (débit journalier moyen annuel des véhicules (DJMA));
- le nombre de voies;
- les véhicules lourds :
 - o leur proportion (en pourcentage);
 - o leur facteur d'agressivité moyen;
 - o leur type de trajet (local ou transit).

Ainsi, pour chaque cas type de chaussée souple ou rigide, un scénario d'investissement a été élaboré afin de déterminer les coûts de construction et de réhabilitation d'un tronçon de 5 kilomètres sur une période de 50 ans avec un taux d'actualisation de 5%. L'annexe 1 présente les principaux coûts et les séquences d'intervention utilisées pour réaliser les analyses de coûts globaux sur la durée de vie des chaussées.

Les critères de conception et les séquences d'intervention respectent les pratiques reconnues par le ministère des Transports et ont été vérifiés par une firme externe (Applied Research and Associates). Quant aux coûts des matériaux (béton et enrobé), ils ont été établis à partir des coûts que le Ministère a obtenus en réponse à des appels d'offres pour des tonnages représentatifs en tenant compte de l'évolution du marché entre 2004 et 2008.

Le choix le plus économique à long terme correspond au type de chaussée qui respecte les exigences structurales et fonctionnelles de conception et qui a la valeur actualisée la plus basse.



3.2.2 Analyse du cycle de vie

Le Ministère a confié au CIRAIG la réalisation d'une ACV. Ce type d'analyse est de plus en plus utilisé dans le domaine des infrastructures de transport pour évaluer les impacts environnementaux potentiels d'un produit tout au long de sa durée de vie.

Dans le contexte de la présente orientation, l'ACV évalue l'ensemble des ressources utilisées et des émissions produites durant les 50 premières années d'usage d'une chaussée. Le cycle de vie d'une chaussée comprend l'extraction des matières premières, la production et le transport des matériaux, les activités de construction, d'entretien et d'exploitation ainsi que l'élimination des déchets à la fin de sa vie utile (figure 2). La compilation de ces composantes est ensuite traduite en impacts potentiels sur l'environnement.

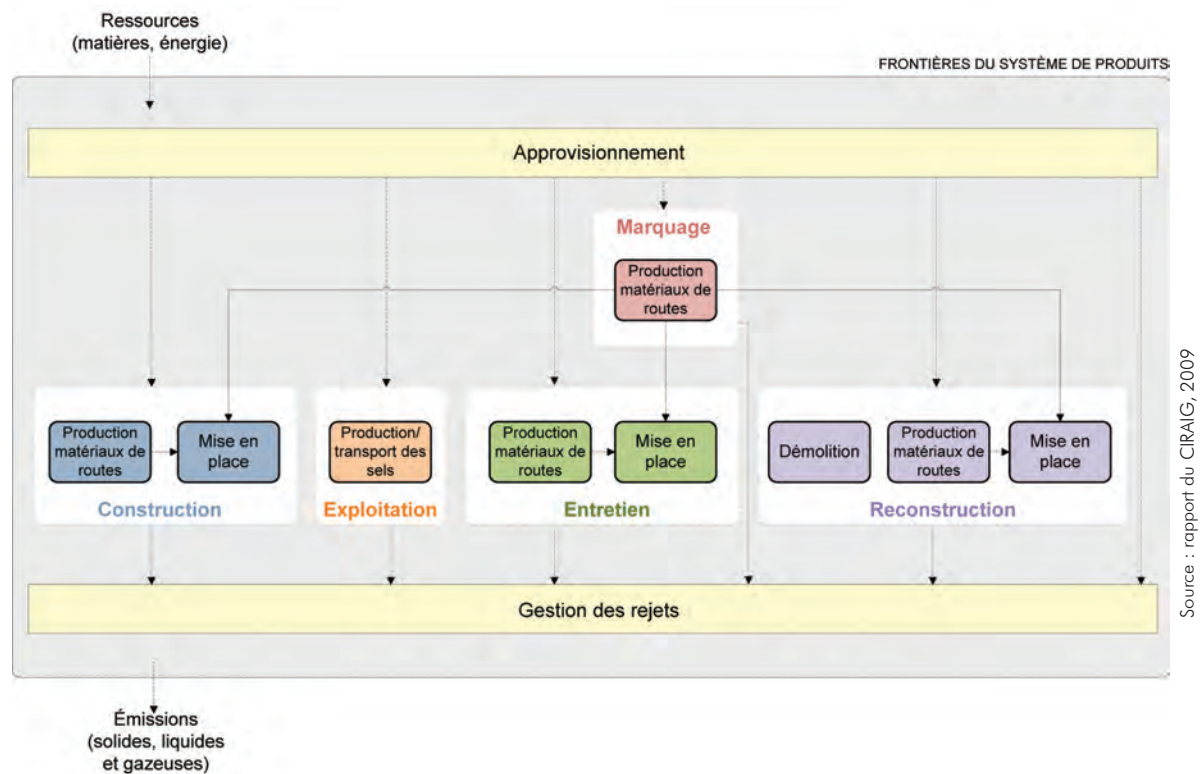


Figure 2 – Cycle de vie d'une chaussée

Les 16 cas types ont fait l'objet d'une ACV. Ces analyses ont permis de comparer la performance environnementale des types de chaussées pour 15 catégories d'impacts regroupées sous quatre indicateurs de dommage :

- la santé humaine;
- la qualité des écosystèmes;
- les changements climatiques;
- la pérennité de la ressource.

Le Ministère a eu recours à l'ACV pour tenir compte, dans le processus décisionnel, des impacts énergétiques et environnementaux. Les résultats de l'ACV ont été intégrés dans l'analyse multicritère.

3.2.3 Analyse multicritère

L'analyse multicritère permet de considérer plusieurs critères ayant une influence que l'on ne peut quantifier monétairement, mais qu'il est tout de même possible d'apprécier et de pondérer en comparant les critères entre eux. À cet effet, un comité d'experts réunissant des membres du Ministère et des consultants externes a été formé afin de déterminer les critères et leur importance relative dans le processus de sélection du type de chaussée. Le mandat de ce comité consistait aussi à déterminer dans quelle mesure les chaussées en béton et en enrobé peuvent remplir ces critères. Parmi la centaine de critères étudiés, le comité en a retenu 17 qui répondent aux trois conditions suivantes :

- Significatif : les membres devaient convenir de la définition et de l'importance relative du critère. Le critère devait être utilisable dans une approche axée sur le réseau. Les cas trop particuliers n'ont donc pas été retenus.
- Discriminant : le critère devait permettre d'établir une différence suffisante pour avantager une option par rapport à l'autre.
- Éprouvé : le critère devait être suffisamment démontré dans la pratique.

Les critères ont ensuite été regroupés en cinq catégories³, après quoi on a attribué une pondération à chacune des catégories selon son importance relative dans le processus de sélection. Les cinq catégories et leur pondération sont :

1. Impacts sur l'environnement (32%) dont :
 - o ACV : conséquences sur la santé humaine, la qualité des écosystèmes et le réchauffement global,
 - o ACV : épuisement des ressources;
2. Répercussions sur les usagers (25%);
3. Interventions en matière d'exploitation (18%);
4. Interventions en matière de construction (15%);
5. Planification et gestion (10%).

L'analyse multicritère a permis de comparer les deux types de chaussées sur différents aspects. Les résultats indiquent un indice global de 6,1 sur 10 pour la chaussée en enrobé comparativement à 4,1 sur 10 pour la chaussée en béton. L'analyse multicritère est un complément à l'analyse économique (LCCA) et apporte un nouvel éclairage aux résultats de cette dernière.



3. Voir la liste des critères retenus à l'annexe 2.

3.3 Application des résultats sur le réseau routier

La combinaison des résultats de l'analyse économique avec ceux de l'analyse multicritère a permis de déterminer sur quelle portion du réseau routier chaque type de chaussée offre le meilleur rendement à long terme.

Il a d'abord fallu traduire les résultats d'analyse en nombre de camions afin de les généraliser à l'ensemble du réseau routier en fonction des conditions réelles de trafic. Pour y arriver, les 16 cas types ont été regroupés en 4 catégories en fonction du type de trafic (circulation locale ou en transit) et du nombre de voies (annexe 1). Puis, pour chaque catégorie de trafic, une courbe de régression des valeurs actualisées nettes fournies par les analyses LCCA a été tracée. Ces courbes ont ainsi permis de déterminer les seuils de camions à partir desquels la chaussée de béton devient plus rentable.

Enfin, pour tenir compte du résultat de l'analyse multicritère, plusieurs scénarios basés sur un écart de la valeur actualisée nette entre une chaussée en béton et une chaussée en enrobé ont été évalués. Le Ministère a haussé le seuil de camions, correspondant à un écart de 8 %, à partir duquel la chaussée en béton devient plus rentable (figure 3). Il s'agit de l'écart qui répond le mieux aux principes de la répartition des types de chaussées sur le réseau routier que s'est fixés le Ministère, soit la prise en considération :

- des réseaux actuels de chaussées en béton et en enrobé;
- de la continuité des réseaux ayant le même type de chaussées;
- des effets des réseaux proposés sur l'exploitation du réseau routier.

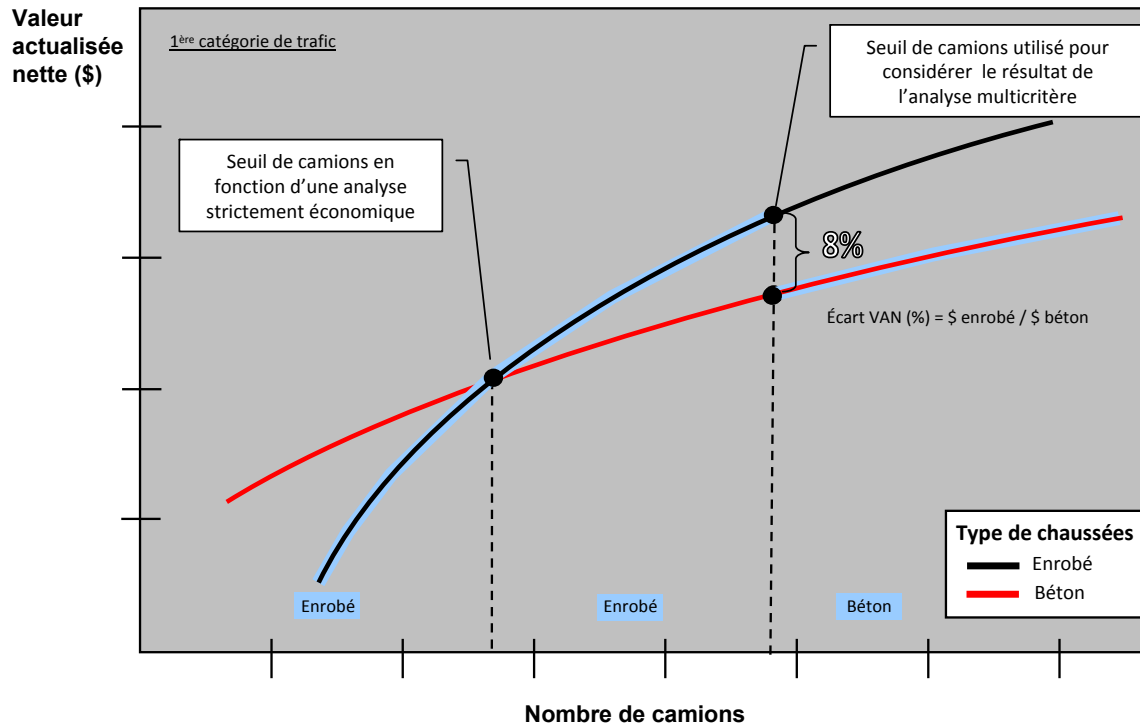


Figure 3 – Détermination du seuil de camions à partir duquel la chaussée en béton devient plus rentable

4

Répartition des types de chaussées sur le réseau routier du Ministère

Dans le cadre des interventions de réhabilitation des routes sous sa responsabilité, le Ministère a déterminé deux réseaux précisant les types de chaussées à utiliser :

- un réseau de chaussées en béton (1 231 kilomètres) où les analyses ont démontré que cette option offre le meilleur rendement de l'investissement;
- un réseau de chaussées en enrobé (26 869 kilomètres) où les analyses ont démontré que cette option offre le meilleur rendement de l'investissement.

Les gestionnaires du Ministère et les concepteurs doivent se référer à l'orientation ministérielle pour choisir le type de chaussée et les interventions ultérieures selon la séquence des interventions, propres à chaque type de chaussée, prévues à l'annexe 1. La séquence des interventions doit être adaptée selon la performance mesurée de la chaussée, les défauts à corriger et les contraintes techniques et logistiques.

Les cartes jointes à l'annexe 3 illustrent le réseau de chaussées en béton. Une localisation descriptive de ce réseau est également présentée à l'annexe 4.



Modalités d'application

5.1 Définition des catégories d'interventions

Pour les besoins de l'application de la présente orientation, les différentes interventions sont regroupées en trois catégories.

- **Les interventions d'entretien**, qui comprennent les interventions préventives, curatives, palliatives ou d'urgence dont l'ampleur est limitée et dont la mise en œuvre peut être décidée rapidement afin d'assurer la sécurité des usagers ou l'intégrité de la route.
- **Les interventions de réfection de surface**, qui regroupent les interventions préventives, curatives et palliatives dont l'ampleur est plus étendue que les interventions d'entretien, lesquelles touchent la partie supérieure du revêtement. Elles incluent les techniques de recyclage à froid ou à chaud, les réparations avec une correction et une couche d'usure, le rapiéçage mécanisé ainsi que le resurfacing avec ou sans planage.

Les interventions de planage de 80 mm et moins et les interventions de recyclage (à chaud ou à froid) qui touchent les premiers 100 mm à partir de la surface sont des interventions de réfection de surface. Quant aux interventions de planage ou de recyclage dont la profondeur est supérieure à ces valeurs, elles sont considérées comme des interventions de réhabilitation.

- **Les interventions de réhabilitation** sont des interventions permettant la remise en état d'une chaussée, c'est-à-dire qu'elles visent à corriger, de façon durable, les dégradations de la chaussée. Ces interventions sont généralement plus lourdes et plus durables que les interventions d'entretien et de réfection de surface. Elles incluent le renforcement avec de l'enrobé, le recouvrement avec du béton d'une chaussée en béton ou en enrobé, le rechargement granulaire suivi de la pose d'un nouveau revêtement, le remplacement complet ou partiel du revêtement (sur une profondeur excédant les valeurs mentionnées pour les interventions de réfection de surface), le retraitement en place ainsi que la reconstruction partielle et totale de la chaussée.



5.2 Pour les routes existantes

Les mesures varient selon les catégories d'intervention.

- **Interventions de réhabilitation**

Lorsqu'une chaussée a atteint la fin de sa vie utile, les interventions de réhabilitation doivent être réalisées en respectant les types de chaussées indiquées sur les cartes de l'annexe 3.

Les projets de réhabilitation qui sont adjacents au réseau de chaussées en béton et pour lesquels on prévoit que le volume moyen de camions dépassera 5 000 véhicules par jour durant les cinq années suivant les travaux doivent être réalisés selon la procédure définie pour les nouvelles routes.

- **Autres interventions**

Pour les interventions d'entretien ou de réparation de surface, le type de chaussée retenu doit être le même que celui de la chaussée existante.

Les travaux d'élargissement ou d'amélioration géométrique qui touchent directement la plateforme de la chaussée existante doivent être exécutés avec le même type de chaussée que celui de la chaussée principale, à moins que l'état de la chaussée nécessite une intervention de réhabilitation.

5.3 Pour les nouvelles routes

Pour les travaux de construction de nouvelles routes, une étude détaillée basée sur les analyses LCCA et multicritère doit être réalisée afin de déterminer le type de chaussée offrant le meilleur rendement de l'investissement. L'annexe 5 décrit les modalités d'application de l'orientation.



L'Orientation ministérielle sur le choix des types de chaussées vise à harmoniser les pratiques au sein du Ministère et à soutenir les gestionnaires du réseau routier lors de la conception et de la planification des travaux. La mise en œuvre de cette nouvelle orientation implique l'adoption d'une stratégie d'intervention qui favorise le prolongement de la durée de vie des chaussées existantes au moyen de différents modes d'entretien, de réfection de surface et de réhabilitation d'un certain nombre d'entre elles, en fonction de l'enveloppe budgétaire annuelle.

Cette orientation doit s'intégrer à la stratégie de planification des interventions, au cadre financier pluriannuel et à l'apparition de nouvelles priorités liées au développement durable et à la sécurité des usagers. Elle favorise l'accroissement de la durée de vie des chaussées existantes par le recours aux techniques appropriées en vue d'optimiser la programmation des interventions de réfection de surface et de réhabilitation.

Ces choix doivent également créer les conditions nécessaires au maintien et au développement du savoir-faire dans le domaine des chaussées afin d'assurer la durabilité des infrastructures et de trouver des solutions innovatrices et performantes.

À cet effet, le Ministère prévoit favoriser l'acquisition et le maintien d'une expertise pointue pour chacun des types de chaussées par la mise sur pied de tables de travail, de groupes de discussions et de forums d'échanges.

Il prévoit aussi exercer un suivi des principaux paramètres pouvant influencer le rendement des types de chaussées. Il se réserve le droit de revoir les conclusions de l'orientation à la suite d'une évolution importante des coûts des matériaux, des conditions de trafic, de la durée de vie des interventions ou de toute autre situation indépendante de sa volonté.



Annexes

1

Coûts et séquences des interventions des analyses de coûts globaux sur la durée de vie des chaussées

2

Critères retenus aux fins de l'analyse multicritère

3

Répartition des chaussées sur le réseau routier du ministère des Transports du Québec

4

Description du réseau de chaussées en béton

5

Modalités d'application pour la construction de nouvelles routes

1 Annexe

Coûts et séquences des interventions des analyses de coûts globaux sur la durée de vie des chaussées

Principaux coûts unitaires

Type d'intervention	Description	Coût moyen
Construction	Béton	205,11 \$/m ³ ⁽¹⁾
	Enrobé HRO	88,48 \$/t ⁽¹⁾
	MG-20	24,20 \$/m ³
	MG-112	16,50 \$/m ³
Entretien	Meulage	7,90 \$/m ²
	Grenailage	3,10 \$/m ²
	Regarnissage des joints	2,78 \$/m ²
	Réparation en profondeur	325,00 \$/m ³
	Planage jusqu'à 50 mm de profondeur	1,76 \$/m ²
Reconstruction	Enlèvement du revêtement par planage	27,33 \$/m ³
	Fracturation de la dalle	3,40 \$/m ²
	Transport des résidus sur 10 km	2,77 \$/t

1. Le coût moyen est basé sur une actualisation et une pondération des coûts indiqués dans les soumissions reçues entre 2004 et 2008.

Séquences des interventions

La séquence des interventions varie en fonction des 16 cas types.

MATRICE DES CAS TYPES					
	Type de trafic Camions (%)	Local 5	Local 10	Transit 10	Transit 25
	C.A.M. ⁽¹⁾	1,0	1,0	2,0	3,2
Nombre de voies	DJMA (en milliers)	Cas type			
2	20	1	2	3	4
2	40	5	6	7	8
3	50	9	10	11	12
3	90	13	14	15	16

1. Il s'agit du coefficient d'agressivité moyen des camions pour les chaussées souples.

SÉQUENCES DES INTERVENTIONS							
Chaussée en enrobé						Chaussée en béton	
		Année de l'intervention selon les cas types					
No	Intervention	Cas 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 13, 14	Cas 4, 7, 11, 15	Cas 8, 12	Cas 16	Intervention	Année de l'intervention Tous les cas types
1	Reconstruction complète de la chaussée et marquage	0	0	0	0	Reconstruction complète de la chaussée et marquage	0
2	Rafrâichissement du marquage	(1)	(1)	(1)	(1)	Rafrâichissement du marquage	5
3	Planage (40 mm), resurfçage (100 kg/m ²) et marquage	14	12	10	9	Regarnissage (25 % des joints), grenailage (30 %) et marquage	10
4	Rafrâichissement du marquage	(1)	(1)	(1)	(1)	Rafrâichissement du marquage	15
5	Planage (50 mm), resurfçage (120 kg/m ²) et marquage	27	23	19	17	Réparations mineures du béton (0,5 %), meulage (25 %), grenailage (75 %), regarnissage des joints (100 %) et marquage	19
6	Rafrâichissement du marquage	(1)	(1)	(1)	(1)	Rafrâichissement du marquage	24
7	Planage (50 mm), resurfçage (120 kg/m ²) et marquage	39	33	27	25	Réparations majeures du béton (4 %), regarnissage des joints (25 %), meulage (25 %), grenailage (75 %) et marquage	29
8	Rafrâichissement du marquage	(1)	(1)	(1)	(1)	Rafrâichissement du marquage	34
9	Planage (50 mm), resurfçage (120 kg/m ²) et marquage	–	–	34	32	Correction de l'enrobé (60 kg/m ²), resurfçage en enrobé (120 kg/m ²) et marquage	39
10	Rafrâichissement du marquage	–	–	(1)	(1)	Rafrâichissement du marquage	44 ⁽²⁾
11	Enlèvement complet du revêtement et pose d'un nouvel enrobé et marquage	49	42	40	38	Reconstruction de la dalle seulement et marquage	Entre 46 et 49 ⁽³⁾
12	Rafrâichissement du marquage	–	(1)	(1)	(1)	–	–
13	Planage (40 mm), resurfçage (100 kg/m ²) et marquage	–	–	–	47	–	–

1. Les années où l'on réalise les interventions de rafraîchissement du marquage varient selon les cas types.

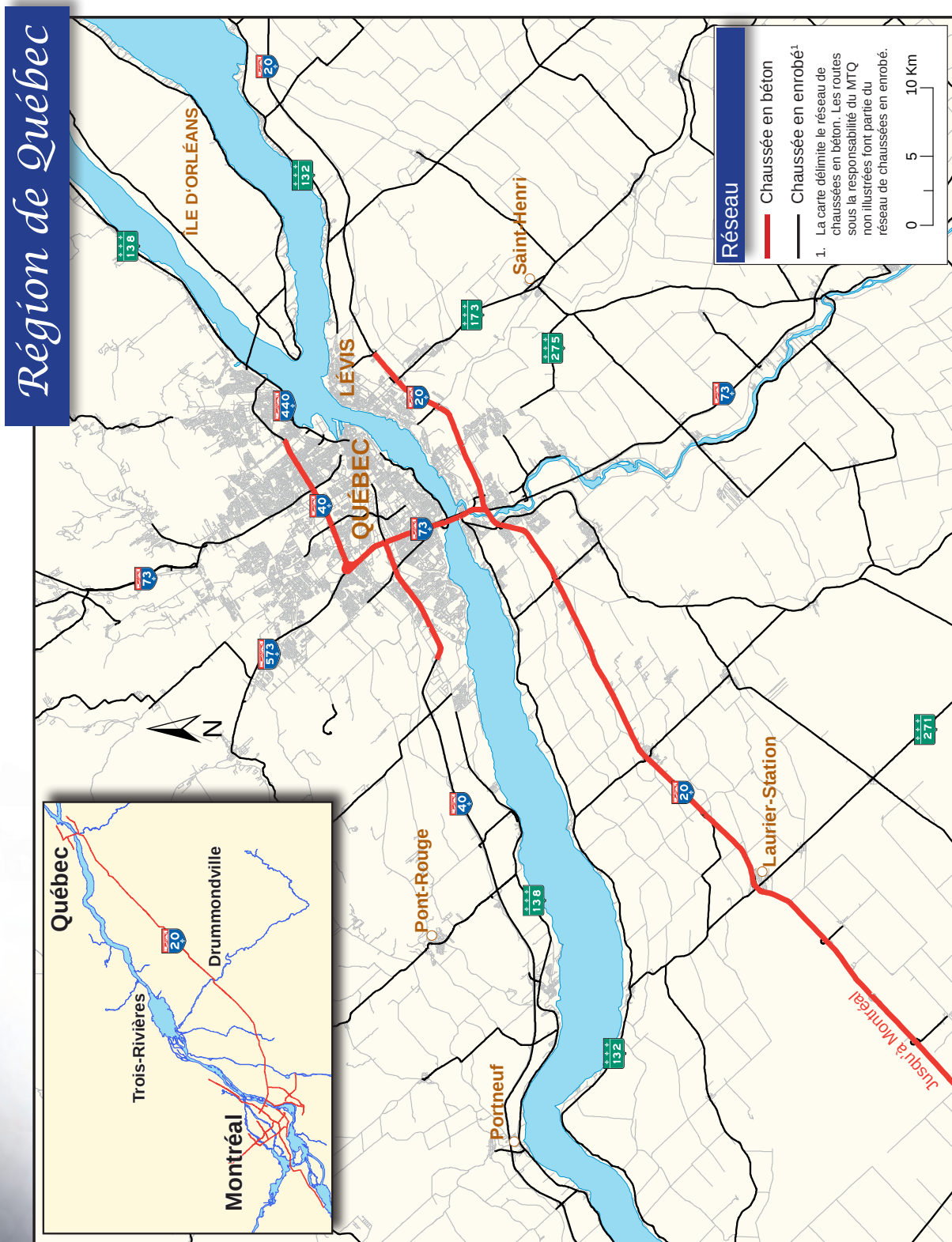
2. À l'exception du cas 16 où le rafraîchissement du marquage est prévu à la 43^e année.

3. Aucune reconstruction de la dalle durant la période d'analyse de 50 ans pour les cas 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 13 et 14.

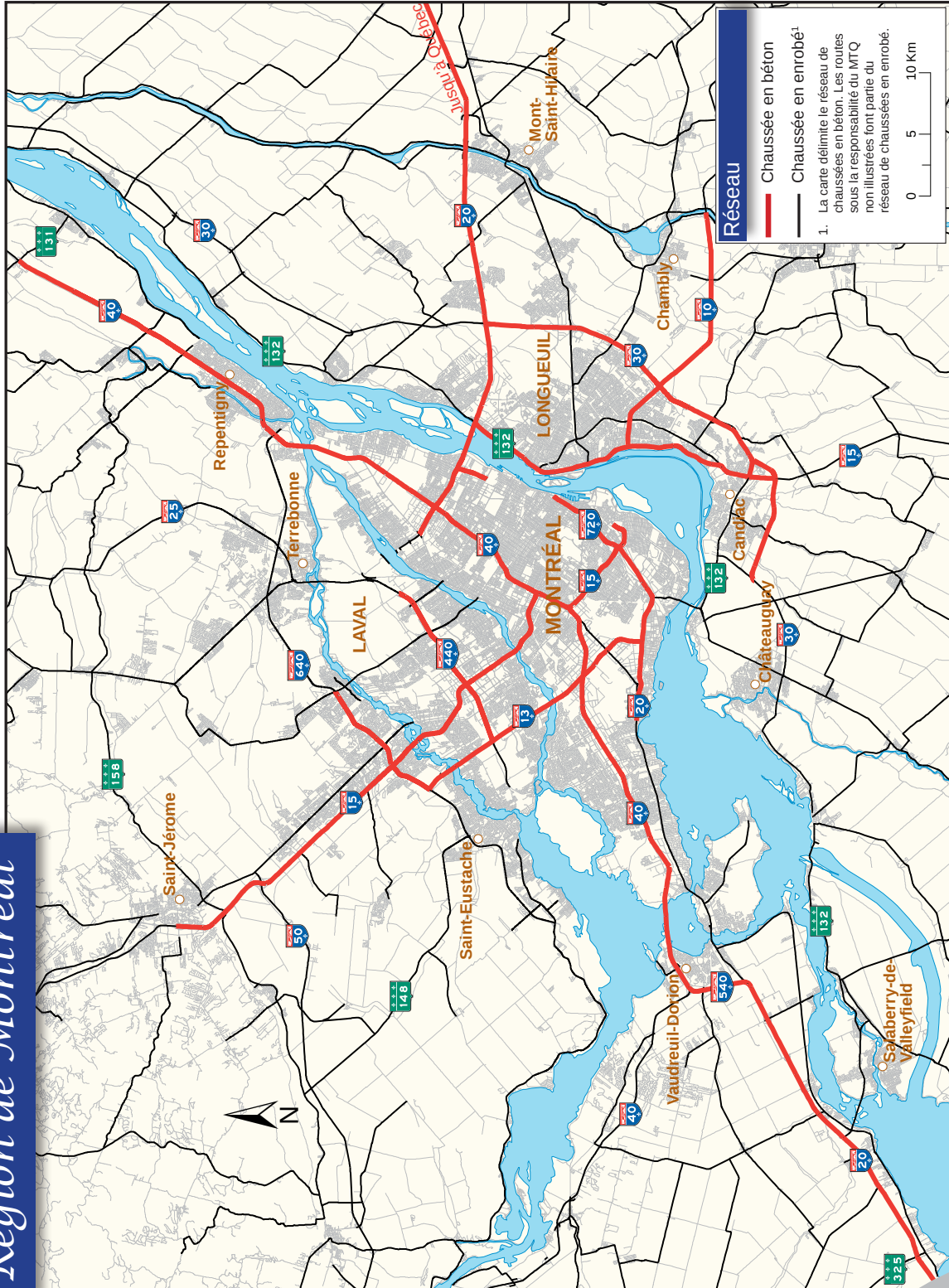
Critères retenus aux fins de l'analyse multicritère

Catégorie	Critère
Impacts sur l'environnement 32 %	• Réduire l'incidence du bruit occasionné par la circulation sur le revêtement. • Faciliter la réutilisation ou l'élimination des résidus de restauration des surfaces (résidus de grenaillage et de planage). • Favoriser la réduction de la pollution générée par la consommation d'essence des véhicules, qui est notamment fonction de la résistance au roulement. • Résultats de l'ACV : ◦ Réduire les conséquences sur la santé humaine, la qualité des écosystèmes et les changements climatiques. ◦ Minimiser l'épuisement des ressources.
Répercussions sur les usagers 25 %	• Réduire les effets des non-conformités et des détériorations imprévues. • Diminuer les variations du confort de roulement d'une saison à l'autre (hiver-été) et d'une année à l'autre. • Favoriser la réduction de la consommation d'essence des véhicules (coûts à payer par les transporteurs) par la diminution de la résistance au roulement. • Réduire les délais pour les usagers (durée des chantiers et perturbations).
Interventions en matière d'exploitation 18 %	• Favoriser la rapidité et la simplicité d'intervention pour les opérations d'entretien (nids-de-poule, utilités publiques, joints, arrachement, etc.). • Disposer d'un temps de réaction maximal en présence d'une évolution des dégradations (fréquence réduite des urgences). • Réduire le temps de service du marquage temporaire sur les chaussées où il y a de la circulation avant la mise en place du marquage permanent.
Interventions en matière de construction 15 %	• Diminuer la complexité d'intervention en milieu urbain (raccordement au réseau existant et présence des utilités publiques). • Réduire les efforts nécessaires à la surveillance des chantiers et la complexité de celle-ci. • Diminuer les délais d'exécution et l'ampleur des mesures de mitigation.
Planification et gestion 10 %	• Augmenter la flexibilité de certains réaménagements géométriques ultérieurs. • Réduire la longueur et la complexité du processus de planification et de préparation des projets. • Amoindrir la nécessité de synchroniser l'ensemble des besoins au moment de la construction ou de la reconstruction (chaussées, utilités publiques, structures, éclairage, etc.) afin de minimiser les effets sur la fluidité du trafic durant la vie utile.

Répartition des chaussées sur le réseau routier du ministère des Transports du Québec



Région de Montréal



Description du réseau de chaussées en béton

Autoroute	Localisation
10	du pont Champlain (Rive-Sud) jusqu'au joint ouest du pont de la rivière Richelieu
13	de l'autoroute 20 jusqu'à l'autoroute 640 à Boisbriand
15	de la nouvelle autoroute 30 jusqu'à l'autoroute 10 à Brossard
	du pont Champlain (Rive-Nord) jusqu'à 190 mètres au nord de la rue Martigny Ouest à Saint-Jérôme
20	de la frontière de l'Ontario jusqu'à la jonction avec l'autoroute 540 à Vaudreuil-Dorion
	du boulevard des Sources à Dorval jusqu'à la jonction avec l'autoroute 720
	de l'autoroute 10 jusqu'à l'autoroute 25 à Longueuil
	de la jonction avec l'autoroute 25 à Longueuil jusqu'à la route Monseigneur-Bourget à Lévis
25	de la jonction avec l'autoroute 20 à Longueuil jusqu'au boulevard Henri-Bourassa Est à Montréal
	de la jonction avec l'autoroute 25 jusqu'à la montée Saint-François à Laval
30	de l'autoroute 15 jusqu'à l'autoroute 20 à Boucherville
	nouveau tronçon entre Saint-Constant et Candiac
40	de la jonction avec l'autoroute 540 jusqu'à l'autoroute 31 à Lavaltrie
	de la route 138 (sortie 298) jusqu'à l'avenue du Bourg-Royal à Québec
73	de l'autoroute 20 jusqu'à l'autoroute 40 à Québec
440	de l'autoroute 13 jusqu'à la jonction avec l'autoroute 25 à Laval
540	de l'autoroute 20 jusqu'à l'autoroute 40 à Vaudreuil-Dorion
640	de l'autoroute 13 jusqu'au boulevard Louis-Joseph-Papineau à Bois-des-Filion
720	de la jonction avec l'autoroute 20 jusqu'à la rue Panet à Montréal
Avenue Souigny	de l'autoroute 25 jusqu'à la rue Dickson à Montréal

Modalités d'application pour la construction de nouvelles routes

La présente annexe décrit les mesures à suivre afin de déterminer le type de chaussée à retenir pour la construction de nouvelles routes. La démarche ressemble à celle qui est utilisée pour le découpage des réseaux, excepté qu'elle s'adapte aux coûts et aux conditions de chantier propres à chaque projet.

Ainsi, chaque projet de construction d'une nouvelle route remplissant les conditions d'application spécifiées ci-après nécessitera une étude détaillée comprenant :

1. **une étude technique** permettant de déterminer les options d'intervention à évaluer;
2. **une analyse des coûts globaux sur la durée de vie des chaussées (LCCA)** afin de déterminer l'option qui représente le meilleur scénario d'investissement;
3. **une analyse multicritère** qui combine les résultats de l'analyse LCCA aux aspects non quantifiables monétairement, mais qui sont jugés pertinents au processus décisionnel, dont les résultats de l'ACV.

L'analyse des coûts globaux sur la durée de vie des chaussées et l'analyse multicritère sont réalisées par la direction territoriale ou l'un de ses mandataires avec le soutien de la Direction du laboratoire des chaussées (DLC). Dans tous les cas, les personnes qui collaborent à ces analyses doivent respecter le présent cadre méthodologique. La DLC doit approuver la démarche et les résultats obtenus afin d'assurer leur cohérence.

Conditions d'application

La présente procédure vise les axes routiers dont la longueur totale des portions de route à construire est de quatre kilomètres¹ ou plus. Ces axes routiers doivent aussi remplir l'une des conditions suivantes :

- Il doit s'agir d'une nouvelle autoroute de trois voies ou plus par direction.
- Il doit s'agir d'une nouvelle autoroute ou route nationale dont le volume moyen de camions anticipé pour les dix années suivant la construction est de 5 000 camions ou plus par jour pour les deux directions.

Le type de chaussée retenu pour les nouvelles routes dont la longueur est inférieure à quatre kilomètres doit être de même nature que celui du tronçon adjacent.

Toute nouvelle portion de route ne remplissant pas les conditions mentionnées plus haut doit être construite en enrobé.

La présente procédure ne vise que les voies principales des autoroutes et des routes nationales. Elle exclut, par conséquent, les routes secondaires, les échangeurs, les voies de desserte et tout autre ouvrage.

1. Il est question ici de la longueur de l'itinéraire, soit la distance du point A au point B, peu importe le nombre de voies ou le genre de chaussée (chaussée unique ou chaussées séparées).

1. ÉTUDE TECHNIQUE

Avant de procéder aux analyses, une étude technique est requise afin de retenir uniquement les options d'intervention de construction réalistes et concurrentielles du point de vue de l'investissement. Une ou plusieurs options par type de chaussée peuvent faire partie du processus d'analyse. Elles doivent être suffisamment détaillées pour établir une estimation fiable des coûts.

La conception des options doit être adaptée aux conditions du projet. Toutes les options choisies doivent offrir une assurance équivalente d'obtenir la performance attendue. Les facteurs de sécurité utilisés dans la conception et l'estimation des coûts doivent être comparables, en demeurant les plus objectifs possible. Les paramètres utilisés pour l'étude doivent reposer sur des situations vécues et avoir une étendue de valeurs réalistes.

Ces options doivent respecter le cadre budgétaire du projet. Les coûts doivent pouvoir être estimés à partir d'une description suffisamment détaillée. Toutes les contraintes, techniques ou autres, qui ont une incidence considérable sur la décision doivent être également connues.

2. ANALYSE DES COÛTS GLOBAUX SUR LA DURÉE DE VIE

L'analyse des coûts globaux vise à déterminer le meilleur scénario d'investissement pour un projet particulier en comparant plusieurs options pour une même période d'analyse. L'ensemble des coûts prévus pendant la durée de vie de chacune des options est actualisé afin de pouvoir établir une comparaison sur une base commune. Ainsi, en faisant abstraction des critères non quantifiables, l'option considérée comme la plus économique à long terme est celle dont la valeur actualisée nette est la plus basse.

Les principales étapes de l'analyse des coûts globaux sont :

- la détermination du cadre de l'analyse;
- la définition du modèle d'analyse et des données de base;
- le calcul de la valeur actualisée nette des options;
- l'analyse des résultats et des incertitudes.

Les prochaines sections présentent une synthèse des étapes à suivre. Pour une appréciation détaillée du processus, les personnes concernées devront se référer au guide *Application de la valeur actualisée nette à l'analyse des coûts globaux de projets de construction et de conservation des chaussées à Transports Québec*, édition 2003.

2.1 Détermination du cadre de l'analyse

La détermination du cadre de l'analyse consiste à définir les éléments suivants :

- les objectifs de l'analyse et les résultats attendus;
- le cadre budgétaire du projet;
- les options à analyser (description);
- les contraintes techniques du projet;
- les ressources nécessaires pour réaliser l'analyse (estimation).

2.2 Définition du modèle d'analyse et des données de base

Le modèle d'analyse regroupe les informations et les paramètres requis pour établir le calcul de la valeur actualisée nette des options retenues.

L'analyse est de type probabiliste. Elle doit tenir compte des incertitudes concernant le taux d'actualisation, la durée de vie et le coût des interventions ainsi que le taux d'accroissement de la circulation.

Les paramètres à respecter pour les projets visés par l'orientation ministérielle sont les suivants :

- une période d'analyse de 50 ans;
- un taux d'actualisation de 5% avec un écart-type de 0,5%;
- pour chaque option, la considération d'un niveau d'incertitude pour ce qui est de la séquence des interventions et de leur durée de vie (durées minimale et maximale, écart-type). La séquence des interventions peut être établie à partir du guide ou adaptée au contexte du projet;
- les différents coûts pour le Ministère et les usagers de la route, notamment :
 - les coûts de construction en fonction du marché au moment où le projet sera réalisé;
 - les coûts d'ingénierie liés à la préparation et à la surveillance des projets;
 - les coûts des futures interventions d'entretien, de réfection de surface et de réhabilitation pour toute la période d'analyse. Les coûts antérieurs, les coûts actuels et les prévisions du marché servent de repères pour établir les valeurs à utiliser;
 - les coûts des mesures de mitigation visant à atténuer l'incidence des travaux sur la circulation;
 - l'incertitude liée à chacun des coûts mentionnés ci-dessus (coûts minimal et maximal, écart-type);
 - les coûts des délais pour les usagers de la route. La traduction en coûts des retards occasionnés par les travaux de construction et de réhabilitation nécessite les informations suivantes :
 - o le nombre de jours où la circulation sera perturbée;
 - o la ou les directions touchées par les travaux;
 - o le pourcentage de circulation entravée dans une direction;
 - o la capacité des voies;
 - o l'horaire de travail (de 0 à 24 h);
 - o la diminution de vitesse au moment de l'entrave;
 - o la présence ou non d'un détour;
 - o le facteur d'inflation de l'année courante (rapport NCHRP #133, 1972).

Les différents coûts doivent refléter la réalité du projet, soit les conditions du chantier de construction et celles prévues pour les interventions ultérieures. Les délais pour les usagers sont évalués à partir des scénarios de gestion de la circulation.

2.3 Calcul de la valeur actualisée nette des options

L'outil de référence pour effectuer les calculs est l'application RealCost mise au point par la Federal Highway Administration².

Pour obtenir la valeur actualisée nette de chaque option, il faut :

- calculer le coût unitaire (\$/m²) des différentes interventions pour chaque option, ainsi que la valeur résiduelle, en combinant les éléments de coûts appropriés. Ces coûts doivent être établis en dollars constants de l'année zéro, même s'ils seront effectivement engagés ultérieurement;
- calculer la valeur résiduelle de la chaussée à la fin de la période d'analyse;
- calculer les coûts engendrés par les retards pour les usagers pendant les interventions d'entretien, de réfection de surface et de réhabilitation;
- quantifier l'incertitude associée à chacun de ces coûts;
- calculer la valeur actualisée du coût de chaque intervention pendant la période d'analyse, avec un taux d'actualisation de 5%;
- déterminer la valeur actualisée nette de chaque option en calculant pour chacune la somme des coûts actualisés par année;
- classer les options par ordre croissant de valeur actualisée nette. L'option la plus économique est celle dont la valeur actualisée nette est la plus basse.

2. On peut obtenir l'application à l'adresse suivante :
www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/lccasoft.cfm.

3. ANALYSE MULTICRITÈRE

L'analyse multicritère est un complément à l'analyse LCCA et tient compte des paramètres non quantifiables qui sont spécifiques du projet et qui peuvent influencer la décision. Son objectif est d'évaluer la performance globale des options d'intervention en fonction de différents critères.

Un document détaillant la procédure à suivre ainsi qu'une liste de critères potentiels sont mis à la disposition des directions territoriales afin de les accompagner dans cette démarche.

Les principales étapes de cette analyse sont les suivantes :

- **La formation d'une équipe d'évaluation**

L'équipe d'évaluation a pour mandat de définir et d'évaluer les critères pertinents au projet à l'étude. Elle est créée à l'intérieur du Ministère et doit être formée de trois membres au minimum. De plus, au moins un de ces membres ne doit pas assumer de responsabilités directes dans la planification, la conception ou la surveillance du projet.

- **Le choix des critères d'évaluation**

Les critères d'évaluation traduisent les objectifs en fonction desquels seront évaluées les options d'intervention retenues lors de l'étude technique. Ils sont propres à chaque projet et doivent permettre d'établir une différence entre les options d'intervention.

- **La pondération des critères et la cotation des options**

Par la suite, ces critères sont pondérés suivant leur importance relative dans le processus de décision. La somme des facteurs de pondération doit égaler 100 %.

Une fois les critères pondérés, l'équipe doit estimer dans quelle mesure les options peuvent satisfaire chacun des critères. L'estimation se fait par l'attribution d'une cote comprise entre 0 et 10, où 10 signifie que l'option comble entièrement les attentes.

Une analyse de sensibilité est également à prévoir de manière à tenir compte du niveau d'incertitude relatif à l'exercice de cotation.

- **Le calcul de l'indice de performance global des options**

L'agrégation des cotes et de leur incertitude est réalisée à l'aide de l'application *Système d'aide à la décision multicritère* conçue par le Ministère³.

Pour chaque option d'intervention, l'application propose un indice global ainsi qu'un degré de dispersion sous forme de graphique. L'option qui présente l'indice global le plus élevé associé à la dispersion la plus faible est celle qui a le plus de chance de satisfaire l'ensemble des critères.

Il importe de rappeler que l'indice de performance global est un outil d'aide à la décision. Le choix des interventions repose aussi sur des considérations budgétaires et opérationnelles qui peuvent influencer la décision finale des gestionnaires du Ministère.

3. L'application est disponible dans le site Web du Ministère à l'adresse suivante : www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/reseau_routier/zone_fournisseurs/chaussees/calculateur-multi-criteres.xls.

