

**GUIDE DE GESTION DE L'ENTRETIEN
POUR LA CONSERVATION DES CHAUSSÉES MUNICIPALES**

Guide destiné au milieu municipal québécois

MARS 2012



Canada 



Québec 

Coordination :

Joseph Jovenel Henry, CERIU

Recherche et rédaction :

Alain Cazavant, CERIU

Bertin Godé, CERIU

Salamatou Modieli Amadou, CERIU

Révision et suivi (membres du comité de travail) :

France Bernard, Ville de Montréal

Gilles Bertrand, Groupe Qualitas

Olivier Bouchard, ACRGTQ

Alain Blanchette, Les Laboratoires Shermont

Michel Brodeur, Ville de Saint-Hyacinthe

Alan Carter, École de Technologie supérieure

Benoît Champagne, Ville de Montréal

Luc Chartrand, Lvm-Technisol

André Contant, Qualitas /SNC-Lavalin

Pierre Gauthier, Ville de Québec

Catherine Lavoie, Bitume Québec

Maurice Lemire, Ville de Gatineau

Pierre-Louis Maillard, ACC

Yves Savard, Ministère des Transports du Québec

Révision linguistique :

Sonia Pitre

Le CERIU est le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines

Site web: www.ceriu.qc.ca

1255, rue University, bureau 800, Montréal (Québec), H3B 3W3, Canada

Tél. : 514 848-9885 Fax : 514 848-7031

© Gouvernement du Québec,

Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, 2012

REMERCIEMENTS

Nous remercions les gouvernements du Québec et du Canada pour leur appui financier à ce projet dans le cadre du Fonds sur l'infrastructure municipale rurale (FIMR) volet 2, qui est géré par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT). Ce rapport a été réalisé dans le but de fournir aux gestionnaires des outils pour établir un système de gestion de l'entretien des chaussées municipales et de les sensibiliser à l'importance de son application. La réalisation du rapport a été pilotée par le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU) pour la ville de Gatineau.

Ce rapport est le résultat d'une collaboration entre plusieurs personnes qui ont généreusement accepté d'y consacrer leur temps et de partager leurs connaissances. De plus, la production de ce document n'aurait pu être possible sans l'effort soutenu des membres du comité de travail. Nous les remercions tout particulièrement pour leur disponibilité et leur enthousiasme tout au long du projet. Nous remercions aussi tous ceux et celles qui ont pris le temps de lire le document et de faire des commentaires sur les versions préliminaires du texte. Leur apport a grandement contribué à améliorer ce document et nous leur en sommes très reconnaissants.

PRÉAMBULE

Au regard du peu de littérature francophone disponible et adaptée à l'entretien des chaussées municipales, la rédaction d'un guide s'est avérée nécessaire pour donner une approche méthodologique aux gestionnaires municipaux et à tous les intervenants du milieu afin d'encadrer le processus de gestion de l'entretien des chaussées municipales.

Le présent Guide met en relief une approche méthodologique pour assurer la gestion et l'établissement d'un programme d'entretien des chaussées municipales. Le programme d'entretien est constitué d'interventions de types préventif, correctif et palliatif. La gestion s'effectue au niveau réseau alors que les interventions s'effectuent au niveau d'une programmation et de travaux comme tels. La démarche s'apparente à un processus d'élaboration d'un plan d'intervention sur les chaussées municipales, portant plus spécifiquement sur l'entretien que, traditionnellement, sur la réhabilitation et la reconstruction. Le guide se veut donc un cadre de référence pour la gestion de l'entretien des chaussées municipales.

L'élaboration du document a été commanditée par la ville de Gatineau avec le soutien du ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), dans le cadre du Fonds sur l'infrastructure municipale rurale (FIMR) volet 2, financé par les gouvernements du Québec et du Canada.

Le guide traite principalement de la partie superficielle des chaussées municipales revêtues. Il est plus axé sur les interventions d'entretien applicables à la conservation des chaussées et exclut la description des travaux proprement dits de réhabilitation et de reconstruction des chaussées municipales, dont la documentation est déjà colligée dans le classeur « chaussées du CERIU ».

Ce guide s'adresse aux gestionnaires municipaux autant du génie que des travaux publics. Il peut aussi être utilisé par les bureaux d'ingénieurs-conseils et les firmes de développement de technologies soutenant la gestion des infrastructures. Les ingénieurs ou autres responsables des services municipaux doivent par conséquent planifier, diriger et coordonner les travaux et les interventions qu'implique l'application de la démarche structurée présentée dans le guide.

Par ailleurs, la mise en pratique de ce guide implique le soutien de l'ensemble des intervenants dans la gestion des infrastructures municipales, le MAMROT, le ministère des Transports, les municipalités, l'Union des municipalités du Québec (UMQ), la Fédération québécoise des municipalités (FQM), l'Association des ingénieurs municipaux du Québec (AIMQ), la Société canadienne de génie civile (SCGC), etc.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	V
PRÉAMBULE.....	VII
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 CONTEXTE D'ÉLABORATION DU GUIDE	2
1.2 PROBLÉMATIQUE.....	3
1.3 OBJECTIFS DU GUIDE	3
1.4 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE	4
2. ACQUISITION DES DONNÉES ET INVENTAIRE DU RÉSEAU ROUTIER	7
2.1 RECHERCHE, ORGANISATION ET MISE À JOUR DES DONNÉES EXISTANTES	7
2.2 DÉCOUPAGE ET IDENTIFICATION DU RÉSEAU ROUTIER	8
2.3 VALIDATION DE L'INVENTAIRE.....	8
3. AUSCULTATION, BILAN ET DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT DU RÉSEAU	9
3.1 AUSCULTATION	10
3.1.1 Dégradations spécifiques aux chaussées municipales	10
3.1.2 Causes et solutions aux dégradations des chaussées municipales	12
3.1.3 Critères, techniques et équipements d'auscultation des chaussées municipales	12
3.2 DÉTERMINATION DES COTES POUR LES INDICATEURS D'ÉTAT	16
3.2.1 Facteur de hiérarchisation	16
3.2.2 Détermination de la cote de l'indicateur d'état de surface I_S	17
3.2.3 Détermination de la cote de l'indicateur de capacité structurale I_{CS}	18
3.2.4 Détermination de la cote de l'indicateur de susceptibilité au gel I_{SG}	20
3.2.5 Détermination de la cote de l'indicateur de confort au roulement I_{CR}	21
3.2.6 Détermination de la cote générale (agrégée) I_G	21
3.2.7 Gestion informatisée.....	22
3.3 DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT DU RÉSEAU ROUTIER	22
4. PLANIFICATION DE L'ENTRETIEN DES CHAUSSÉES MUNICIPALES.....	27
4.1 IMPORTANCE DE L'ENTRETIEN.....	27
4.1.1 Objectifs et impacts du programme d'entretien	27
4.1.2 Moment d'intervention	28
4.2 DÉFINITION DU PROGRAMME D'ENTRETIEN ET PRÉVISION DES TRAVAUX	29
4.2.1 Définition des caractéristiques des sections critiques	29
4.2.2 Identification des solutions d'intervention	29
4.2.3 Éléments d'analyse économique	31
4.2.4 Évaluation et estimation des interventions identifiées	32
4.3 ÉTABLISSEMENT DU PROGRAMME D'ENTRETIEN.....	32
4.3.1 Priorisation des interventions.....	33
4.3.2 Échéanciers des interventions et plan d'action	35
4.3.3 Validation du programme d'intervention	36
4.4 ANALYSE DES COÛTS D'UNE SÉQUENCE D'ENTRETIEN SUR LE CYCLE DE VIE	36
4.4.1 Les scénarios d'intervention	37

5. TRAVAUX, SUIVI ET ÉVALUATION	41
5.1 TRAVAUX D'ENTRETIEN DE CHAUSSÉES MUNICIPALES	41
5.1.1 L'entretien préventif	41
5.1.2 L'entretien correctif	43
5.1.3 L'entretien palliatif.....	44
5.2 QUELQUES DISPOSITIONS ET RÈGLES EN ENTRETIEN DE CHAUSSÉES MUNICIPALES.....	45
5.2.1 Performances des matériaux et spécifications	45
5.2.2 Répercussions environnementales de l'entretien des chaussées municipales	45
5.3 SURVEILLANCE DES CHAUSSÉES MUNICIPALES	46
5.3.1 Mise à jour de la base de données.....	46
5.3.2 Mise en place d'une équipe de surveillance	47
6. CONCLUSION	49
7. GLOSSAIRE.....	51
8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Défauts et dégradations des chaussées municipales souples	11
Tableau 2 – Techniques et équipements d’auscultation des chaussées municipales	15
Tableau 3 – Liste et exemples des facteurs de hiérarchisation	17
Tableau 4 – Détermination des cotes de l’indicateur d’état de la surface I_s	18
Tableau 5 – Détermination des cotes de l’indicateur de la capacité structurale selon la durée de vie résiduelle I_{CS}	19
Tableau 6 – Détermination des cotes de l’indicateur de la susceptibilité au gel I_{SG}	20
Tableau 7 – Détermination des cotes de l’indicateur du confort au roulement I_{CR}	21
Tableau 8 – Grille générale pour l’évaluation de l’état ou de la performance de la chaussée	24
Tableau 9 – Relation entre indicateurs d’état et objectifs d’entretien	25
Tableau 10 – Matrice d’aide à la décision pour l’identification d’une intervention d’entretien....	31
Tableau 11 – Type d’entretien selon la dégradation de surface.....	33
Tableau 12 – Comparaison de deux (2) analyses de coûts sur le cycle de vie d’une chaussée souple sur un horizon de 40 ans.....	39
Tableau 13 – Détails des coûts des interventions.....	40
Tableau 14 – Normes de référence des matériaux d’entretien de chaussées municipales	45

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Démarche méthodologique d’entretien des chaussées municipales.....	5
Figure 2 – Illustration de l’impact de l’entretien préventif sur la durée de vie de la chaussée	28
Figure 3 – Rôle de l’entretien préventif dans la gestion d’actifs et la gestion des chaussées	43

ANNEXES

ANNEXE 1 – Tableau synoptique des dégradations des chaussées municipales	57
ANNEXE 2 – Causes et solutions des dégradations des chaussées municipales	59
ANNEXE 3 – Exemples de systèmes de pondération et de détermination des cotes d’état.....	61

1. INTRODUCTION

Le Québec est desservi par un réseau routier d'environ 185 000 km, dont 92 000 km de routes, rues et chemins locaux, et de ponts sont gérés par les municipalités¹. Le réseau routier québécois a été construit en grande partie dans les années 1950-1970, et plus récemment dans les années 1990-2010. Durant la période de 1970 à 1990, il y a eu une période avec moins de construction ou de prolongement, et avec très peu d'entretien des réseaux existants. Le vieillissement combiné avec des facteurs comme la rigueur du climat, le trafic intense, la charge lourde et le manque d'entretien rendent le réseau routier québécois plus difficile à entretenir et à exploiter. De ce fait, la vulgarisation d'une approche méthodologique de gestion de l'entretien des chaussées municipales revêt un caractère primordial pour les municipalités dans une démarche visant la gestion intégrée de leurs actifs municipaux.

À ce propos, il est important pour les gestionnaires municipaux d'avoir une connaissance des aspects qualitatifs et quantitatifs de l'entretien de leurs chaussées, à savoir :

- le processus d'auscultation et de diagnostic de l'état de la chaussée ;
- l'importance de l'entretien programmé et réalisé à temps ;
- les conséquences d'une absence ou d'un entretien différé ;
- la diminution de la valeur de la chaussée (comme actif) avec le temps ;
- la dégradation accélérée des chaussées lorsqu'il n'y a pas d'entretien ;
- la mobilisation et la disponibilité des ressources ;
- l'existence et l'efficacité reconnues des techniques d'entretien, etc.

En effet, l'entretien d'une chaussée regroupe l'ensemble des interventions nécessaires à son maintien dans un état initial le plus longtemps possible ou dans un état qui assure la sécurité et le confort des usagers. L'entretien se structure essentiellement en trois types d'intervention :

- l'entretien préventif, qui consiste à mettre en œuvre des actions en fonction du vieillissement de la chaussée ;
- l'entretien correctif, qui regroupe l'ensemble des interventions ponctuelles ;

¹ Réseau routier – Site du MTQ —

http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/partenaires/municipalites/reseau_routier

- l'entretien palliatif, qui est relatif à des interventions visant à maintenir le revêtement de la chaussée dans un état acceptable, jusqu'à ce qu'on procède à une réhabilitation plus importante ou plus permanente.

Ainsi, l'établissement d'un plan d'intervention, d'un programme biennal ou triennal d'interventions et d'un programme annuel de travaux nécessite une bonne connaissance du réseau routier et des autres infrastructures (tous les actifs municipaux). C'est pour cela que, dans le but de préserver au mieux le réseau routier et dans un souci de pérennité, le gestionnaire doit combiner efficacement les entretiens préventif, correctif et palliatif pour espérer de meilleurs résultats sur son réseau de chaussées.

1.1 CONTEXTE D'ÉLABORATION DU GUIDE

En août 2004, le CERIU a publié les conclusions d'un sondage mené auprès de municipalités québécoises. Ce sondage a permis de « dresser un portrait de la voirie urbaine, notamment les modes de gestion économique et technique dont elle fait l'objet et l'interaction entre la gestion de la voirie et des infrastructures souterraines »².

Il ressort de ce sondage que dans la plupart des municipalités, les principaux responsables de l'entretien sont en majorité le personnel des travaux publics ou du génie, dépendamment de la structure de la municipalité. Ceux-ci gèrent le budget d'entretien et de réfection, assurent la gestion et décident des lieux et des choix des interventions. Il est donc primordial de bien les informer sur la disponibilité de techniques et outils méthodologiques d'entretien des chaussées municipales.

Par ailleurs, il existe une abondance de littérature sur les techniques de construction, de reconstruction ou de réhabilitation, contrairement aux questions d'entretien des chaussées municipales qui manquent de documentation. Le présent guide est réalisé pour doter les gestionnaires municipaux d'outils leur permettant de comprendre l'importance et la méthodologie de gestion de l'entretien des chaussées municipales.

² *Sondage sur la voirie urbaine du Québec*, CERIU, 2004 (sondage mené auprès d'un échantillon représentatif de 192 municipalités du Québec)

1.2 PROBLÉMATIQUE

Le sondage susmentionné fait ressortir, entre autres, les situations suivantes au niveau des municipalités en 2004 :

- inexistence de plan directeur de gestion du réseau de voirie dans plus de 80 % des municipalités ;
- inexistence de plans de leur réseau routier dans 22 % des municipalités ;
- absence de plan triennal d'entretien des chaussées dans plus de 65 % des municipalités ;
- 80 % des chaussées ont plus de 20 ans et 60 % ont un dernier recouvrement de plus de 15 ans en moyenne. Considérant que la durée de vie utile d'une artère ou d'une route collectrice est estimée à 15 à 20 ans et celle d'une route résidentielle à 20 ans et plus, ces données traduisent l'âge avancé des chaussées en milieu urbain, ce qui est un des facteurs de leur dégradation ;
- déformations courantes observées dues aux soulèvements différentiels (36 %) et aux défauts de revêtement ou nids-de-poules (49 %) ;
- insuffisance de ressources nécessaires au suivi de la qualité des interventions.

Toutes ces constatations permettent de conclure que l'entretien des chaussées réalisé par les municipalités devrait être plus performant. D'autant plus qu'un entretien efficace peut retarder la détérioration et permettre de maintenir ou améliorer le niveau de service de la chaussée.

1.3 OBJECTIFS DU GUIDE

Le présent guide a pour objectifs de :

- Divulguer, faire la promotion et sensibiliser quant à l'importance des techniques d'entretiens préventif, correctif et palliatif pour retarder la détérioration des chaussées municipales et ainsi permettre aux municipalités d'optimiser les investissements, tout en assurant la sécurité et le confort des usagers ;
- Doter les intervenants du milieu d'un outil d'encadrement pour un entretien efficace afin d'améliorer la performance à long terme et le niveau de service des chaussées municipales ;
- Fournir aux intervenants du milieu une méthodologie éprouvée d'entretien des chaussées municipales sur leur durée de vie utile, comprenant la surveillance et l'évaluation, l'identification des traitements potentiels, la priorisation des traitements, la prédiction de la performance et l'archivage des informations historiques d'intervention.

Ce guide s'apparente à une démarche d'élaboration d'un plan d'intervention sur les chaussées municipales, comprenant la collecte de données d'inventaire, l'inspection ou l'auscultation, le bilan et le diagnostic selon les indicateurs d'état, la planification des interventions et la priorisation pour aboutir à un programme d'intervention.

Il met l'accent sur l'entretien préventif, tout en donnant une approche de solution aux interventions d'entretiens correctif et palliatif.

1.4 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

La démarche méthodologique d'entretien pour la conservation des chaussées municipales s'articule autour de quatre phases essentielles :

- acquisition des données et inventaire du réseau ;
- auscultation, bilan et diagnostic de l'état du réseau ;
- planification, priorisation et programmation de l'entretien ;
- réalisation des travaux et de suivi d'entretien.

La démarche présentée dans ce guide est illustrée par le diagramme de la figure 1.

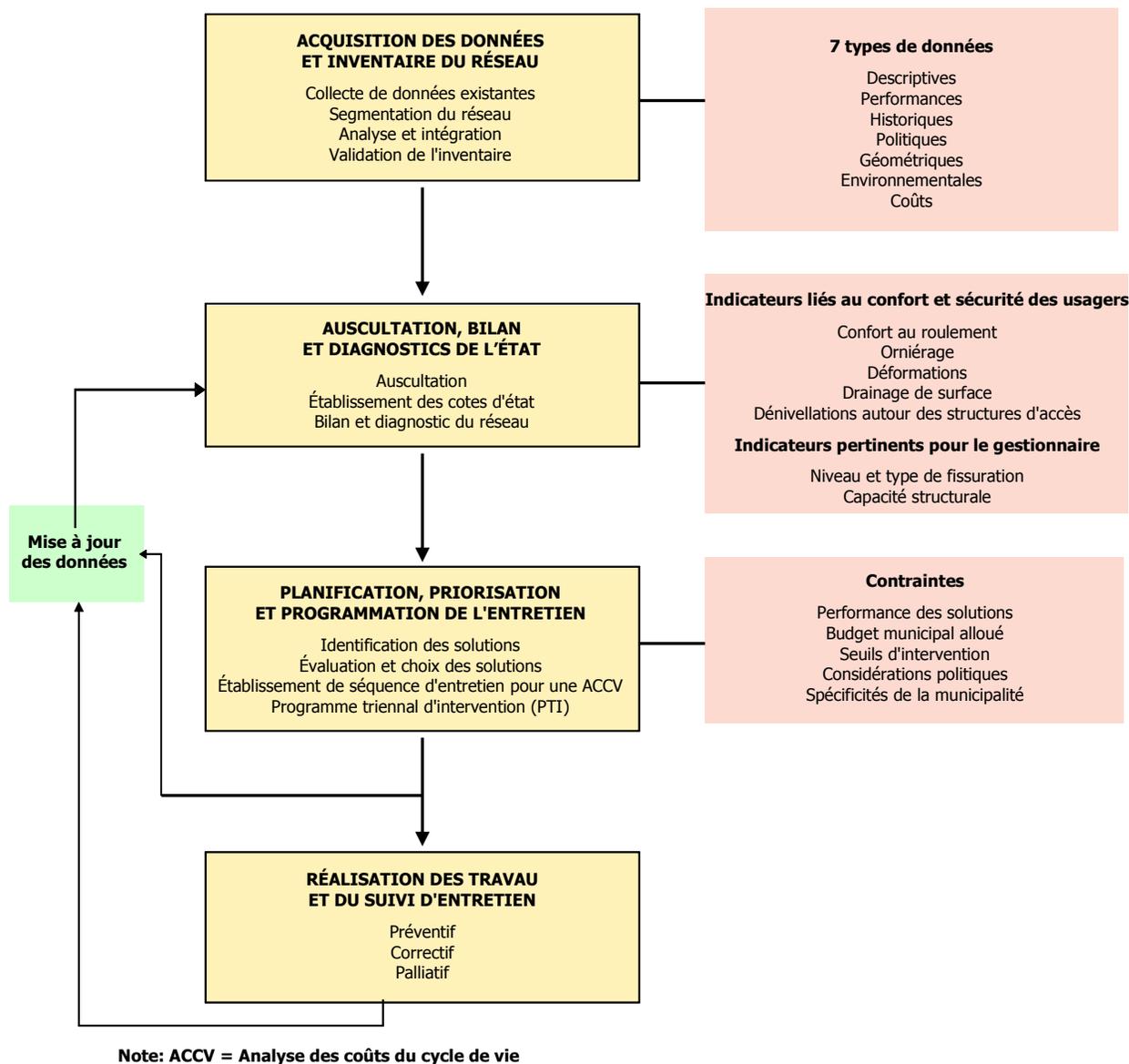


Figure 1 – Démarche méthodologique d'entretien des chaussées municipales

2. ACQUISITION DES DONNÉES ET INVENTAIRE DU RÉSEAU ROUTIER

L'inventaire des éléments existants du réseau routier, généralement consignés dans une base de données dédiée ou intégrée, répond à un besoin d'informations et de connaissances du réseau de chaussées municipales. L'inventaire permet d'associer à chacun des éléments du réseau routier toutes les informations requises pour planifier, de façon optimisée, les interventions d'entretien requises et pour conserver ou rétablir sa fonctionnalité et sa durabilité. En cas d'inexistence d'une base de données ou dans le cas d'une base de données incomplète, la collecte et l'acquisition de toutes les données existantes par le gestionnaire constituent le point de départ de l'inventaire.

La démarche systématique proposée consiste à procéder à l'acquisition des données et à dresser un inventaire et à réaliser une auscultation du réseau de chaussées pour en établir un bilan et un diagnostic adéquat. Ces deux étapes essentielles intègrent la connaissance des indicateurs d'état et les objectifs d'entretien de chaque segment de rue, et prennent également en compte l'historique des interventions antérieures sur le réseau.

2.1 RECHERCHE, ORGANISATION ET MISE À JOUR DES DONNÉES EXISTANTES

La recherche, la collecte ou l'acquisition de données nécessaires à l'inventaire du réseau consiste à recueillir et à rassembler toutes les données relatives au réseau de chaussées de la municipalité.

Les principales catégories³ de données à rechercher et à assembler sont :

- **Données descriptives** : localisation et description des sections routières ;
- **Données géométriques** : type de route (classe fonctionnelle soit artère, collectrice, rue locale), vocation (résidentielle, commerciale, industrielle), longueur de la section, largeur du pavage, nombre de voies, emprise, structure, nombre de segments ou sections, pentes, courbes, etc. ;
- **Données historiques** : année de construction, dernière année de réfection, type d'entretien, coûts liés à la construction et aux interventions antérieures ;
- **Données fonctionnelles** : trafic (DJMA), trafic lourd, présence d'un circuit d'autobus, nombre d'accidents ;

³ Modern Pavement Management, Haas, R., W.R. Hudson, and J.P. Zaniewski, Krieger Press, Malabar, Florida, 1994. 583 p.

- **Données socio-économiques** : budget municipal, options disponibles (intérêt politique, avis des populations riveraines, etc.), importance de l'impact sur le milieu urbain ;
- **Données environnementales** : climat, bruit, drainage, etc. ;
- **Données d'état** : fissuration, déformation, orniérage, confort de roulement (uni), capacité structurale.

2.2 DÉCOUPAGE ET IDENTIFICATION DU RÉSEAU ROUTIER

Compte tenu du fait que les chaussées municipales représentent en général un réseau maillé, selon la taille géographique de chaque municipalité et de leur caractère hétérogène, il est fortement recommandé de faire une segmentation de chaque rue en sections homogènes. Cette subdivision en segments sur chaque rue s'effectue dès qu'il y a variation d'un élément d'identification de la chaussée (la description, la géométrie, l'historique, la structure, etc.). Ainsi, chaque rue peut comporter plusieurs segments à caractéristiques différentes. En général, la segmentation se fait par segments définis par les intersections ou en sections d'environ 200 à 400 mètres au maximum.

En plus d'identifier et de décrire les sections, l'inventaire consiste à faire un classement des données selon la fonctionnalité de la section étudiée. Les principales classes à considérer sont les suivantes:

- type de route (classification fonctionnelle) ;
- géométrie ;
- structure de chaussée ;
- coûts de construction à l'origine, coûts de reconstruction ;
- méthode de drainage, présence de fossés, ponceaux ;
- trafic, circulation, charge.

Toutes ces données d'inventaire constituent le fondement de tout système cohérent et performant de gestion des chaussées municipales.

2.3 VALIDATION DE L'INVENTAIRE

Cette démarche s'applique en cas d'existence d'une base de données à laquelle sont intégrés les éléments recueillis lors de la collecte de données sur le réseau. Ceci permet de vérifier la concordance entre les données déjà stockées et celles nouvellement acquises. Il s'agit, entre autres, du linéaire total des rues, de leur répartition par secteurs ou zonage et des observations des riverains des points de vue sécurité et niveau de service.

3. AUSCULTATION, BILAN ET DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT DU RÉSEAU

Il y a lieu de souligner que le but de la collecte des données de base sur l'ensemble des chaussées est de repérer, de façon générale, les tronçons problématiques ou pouvant bénéficier d'interventions appropriées. Ces données, combinées à celles de l'examen visuel préliminaire de reconnaissance, permettent de dresser un premier bilan de l'état des chaussées. Le gestionnaire dispose ainsi de données pour établir un diagnostic de départ.

L'état du réseau s'établit à partir de deux groupes d'indicateurs :

- Indicateurs pertinents à l'état structural :
 - type de fissuration (défauts) et niveau de sévérité;
 - déformations de la surface et autour des structures d'accès;
 - capacité structurale;
 - susceptibilité au gel.
- Indicateurs pertinents à l'état fonctionnel, à la sécurité et au confort des usagers :
 - confort au roulement (uni, mesure de l'IRI);
 - drainage de surface.

Pour chaque famille ou regroupement de routes (selon la classification fonctionnelle, l'âge, la géométrie, etc.) de la municipalité, le bilan et le diagnostic de l'état du réseau ont pour objectifs de :

- Observer, mesurer et évaluer le niveau des défauts et des déficiences à partir des résultats d'auscultation, avec des appareils à grand rendement ;
- Établir l'état (excellent, bon, moyen, mauvais et très mauvais) de chaque section selon un indicateur prépondérant ou par la combinaison des indicateurs ci-dessus définis ;
- Identifier le type d'entretien convenable à partir des indicateurs d'état ;
- Créer et/ou mettre à jour la base de données « chaussées ».

Les sections relativement en bon état peuvent nécessiter des opérations d'entretien correctif. Il importe de les intégrer dans le processus de planification afin d'optimiser l'impact des interventions à mettre en œuvre dans le cadre du programme d'entretien des chaussées.

3.1 AUSCULTATION

À partir des données d'inventaire, le gestionnaire doit identifier des segments homogènes qui correspondront à des niveaux identiques des indicateurs d'état. Afin d'être significative pour l'application des règles d'entretien et la priorisation, la pratique recommande d'éviter de prendre des sections trop courtes.

Les résultats d'auscultation permettront ainsi de :

- Déterminer l'état structural de la chaussée ;
- Déterminer les causes probables des dégradations ;
- Identifier les contraintes propres à chaque segment.

On a ainsi recours à certains procédés et matériels d'auscultation, à des relevés de dégradation, à l'analyse d'indicateurs, à des bilans, au stockage et à la cartographie de l'état de chaque section du réseau permettant d'établir un diagnostic. Ceci permet au gestionnaire d'être en mesure d'identifier les dégradations sur son réseau, les causes probables et les solutions appropriées.

Dans le cas où la sévérité des dégradations et la récurrence des interventions sont significatives et que l'entretien n'est plus applicable, une étude additionnelle plus exhaustive est requise pour déterminer le type d'intervention à effectuer. Il s'agira d'effectuer une réhabilitation ou une reconstruction.

3.1.1 Dégradations spécifiques aux chaussées municipales

Au Québec, la majorité des chaussées municipales, en milieu urbain, est de type souple⁴. Quant aux chaussées en béton de ciment en milieu urbain, elles sont recouvertes en général d'un revêtement en enrobé bitumineux et sont ainsi classées comme des chaussées de type mixte.

La caractérisation et la description des défauts et des dégradations font appel à la notion de sévérité⁵ ou gravité à trois niveaux : faible, moyen et majeur.

⁴ CERIU, 2004. *Sondage sur la voirie urbaine du Québec*,

⁵ MTQ/AQTR/CERIU/AIMQ/Villes de Montréal, Saint-Hyacinthe et Verdun/GIE Technologies/CRCAC/LVM-Technisol. 2002. Manuel d'identification des dégradations des chaussées flexibles. 2002. Manuel d'identification des dégradations des chaussées flexibles.

- Le **niveau faible** correspond au stade initial de la dégradation, apparaissant parfois de façon intermittente sur un segment de chaussée. Ce niveau est souvent difficile à percevoir pour un usager se déplaçant en véhicule à une vitesse réglementaire. À la vitesse maximale permise, le confort au roulement n'est pas altéré ou l'est très peu.
- Le **niveau moyen** désigne une dégradation continue et facilement perceptible pour un usager se déplaçant à une vitesse réglementaire. À la vitesse maximale permise, le confort au roulement est sensiblement diminué par la plupart des défauts et des dégradations sur la chaussée.
- Le **niveau majeur** indique que la dégradation est accentuée et évidente, même pour un usager se déplaçant à la vitesse réglementaire. À la vitesse maximale permise, le confort au roulement est généralement diminué et, dans certains cas, la sécurité peut être compromise. Une intervention de réfection ou de correction devrait être envisagée dès que possible.

Comme l'indique l'annexe 1, l'état de dégradation des chaussées souples peut être évalué selon les trois niveaux de sévérité énumérés ci-dessus. Les dégradations sont classifiées en six grands groupes dans le tableau 1.

Tableau 1 – Défauts et dégradations des chaussées municipales souples

Paramètres		
Défauts et dégradations en milieux urbain et rural		
Fissure linéaire	1	Fissure transversale
	2	Fissure longitudinale dans les pistes de roues
	3	Fissure longitudinale hors pistes de roues
	4	Fissure en rive
Fissure surfacique	5	Carrelage
Déformation de la surface	6	Ornière à petit rayon
	7	Ornière à grand rayon
	8	Affaissement
	9	Tôle ondulée
Défauts de l'enrobé et perte du revêtement	10	Désenrobage et arrachement
	11	Ressuage
	12	Pelade
	13	Nids-de-poule

Paramètres		
Défauts et dégradations en milieux urbain et rural		
Dégradations dues aux effets du gel	14	Fissure lézarde
	15	Soulèvements de petites longueurs d'onde (soulèvement aux fissures)
	16	Soulèvement de grandes longueurs d'ondes
Dégradations et défauts en milieu urbain	17	Fissuration autour des accessoires de rue
	18	Dégradation relative à un rapiécage, à une coupe ou à une tranchée
	19	Dénivellation en périphérie des accessoires de rue

Le lecteur est invité à consulter le « Guide de mesure et d'identification des dégradations des chaussées souples, 2007 », tel que publié par le Ministère du Transport du Québec.

3.1.2 Causes et solutions aux dégradations des chaussées municipales

La connaissance des causes probables de l'apparition d'un défaut ou d'une dégradation permet un meilleur diagnostic et le choix d'une solution plus adaptée à la situation.

Ce guide présente, à l'annexe 2, un tableau résumé des principales causes de dégradation des chaussées municipales ainsi que des solutions proposées. Le tableau résumé présenté est une adaptation des informations issues des documents du ministère des Transports du Québec (MTQ) et du Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU France).

3.1.3 Critères, techniques et équipements d'auscultation des chaussées municipales

L'auscultation répond à un besoin de connaissance de l'évolution de l'état de la chaussée afin de favoriser une meilleure gestion et de programmer les travaux d'entretien. Elle doit absolument comporter et démarrer par l'évaluation de l'état de la surface de la chaussée. Cette évaluation permet ensuite de décider de la nécessité d'une auscultation complémentaire pour la détermination des autres paramètres de performance de chaque section définie.

Sans que la liste ne soit exhaustive, les critères suivants incitent généralement le gestionnaire à déclencher une auscultation d'une partie du réseau :

- plaintes récurrentes des usagers ;
- observations visuelles de dégradation lors de la surveillance du réseau ;
- interventions en tranchée pour les réseaux techniques urbains ;
- mise en œuvre des directives municipales d'entretien (inspection systématique du réseau), etc.

Concernant les techniques et méthodes d'auscultation des chaussées municipales, le gestionnaire est invité à consulter le classeur « chaussées »⁶ du CERIU qui donne tous les détails sur ces différentes techniques.

Voici quelques éléments permettant d'évaluer l'état de la chaussée :

- la condition de la surface par les relevés visuels (manuels ou assistés par ordinateur) ou automatisés avec caméras, laser et logiciels de traitement des données provenant des relevés ;
- la composition de la chaussée par le carottage, le forage avec échantillonnage, etc. ;
- la capacité structurale par la mesure de déflexion avec le déflectomètre à masse tombante (FWD) ;
- la mesure de l'uni par l'utilisation d'un profilomètre inertiel et d'un roulemètre ;
- la mesure de l'orniérage par l'utilisation d'un orniéromètre laser et la mesure manuelle à la poutre transversale.

Les municipalités peuvent avoir recours à un « véhicule multifonction⁷ ». Le véhicule multifonction permet de localiser les relevés de façon géoréférencée et de mesurer le confort au roulement (l'uni), la profondeur et la forme des ornières et la fissuration. Ce véhicule s'intègre facilement à la circulation et permet de mesurer les paramètres essentiels de l'état des chaussées.

⁶ Classeur « chaussées » du CERIU, techniques d'auscultation, octobre 2004.

⁷www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/reseau_routier/zone_fournisseurs/chaussees/chaussees_quebec/6_diagnostic_orniere.pdf

La tendance actuelle consiste à ausculter systématiquement le réseau routier dans l'objectif de fournir au gestionnaire un aperçu réel de l'état de son réseau.

Le tableau 2 présente un résumé des pratiques courantes actuelles en matière d'auscultation des chaussées municipales.

Tableau 2 – Techniques et équipements d’auscultation des chaussées municipales

Technique	Objectif et paramètre mesuré	Équipement	Type de chaussée et niveau d’intervention
ÉTAT DE LA SURFACE			
Relevé manuel	Procéder à un relevé visuel des dégradations	Fiches de relevés et petit matériel de mesure et de prise de notes	<ul style="list-style-type: none"> • Tout type de chaussée • Niveau projet
Relevé automatisé*	Établir un relevé global des défauts de surface afin de connaître l’état d’une chaussée	Véhicule équipé de systèmes experts quasi autonomes pour la prise de mesures et l’enregistrement des données recueillies	<ul style="list-style-type: none"> • Tout type de chaussée • Niveaux réseau et projet
Relevé assisté par ordinateur*	Établir un relevé global des défauts de surface afin de connaître l’état d’une chaussée	Véhicule équipé d’un système vidéo nécessaire à la prise et à l’enregistrement des données	<ul style="list-style-type: none"> • Tout type de chaussée • Niveaux réseau et projet
CAPACITÉ STRUCTURALE			
Défectomètre à masse tombante (FWD)*	Caractériser la capacité et le comportement structuraux de la chaussée	Appareil constitué d’une remorque autonome équipée d’un système de chargement à impulsion et de capteurs	<ul style="list-style-type: none"> • Tout type de chaussée • Niveau projet
Défectomètre dynamique à vibration	Caractériser la capacité et le comportement structuraux de la chaussée	Appareil constitué d’une remorque autonome équipée d’un système de chargement à impulsion et de capteurs	<ul style="list-style-type: none"> • Tout type de chaussée • Niveau projet
Défectomètre dynamique à cône (DCP)*	Évaluer la rigidité de la structure de chaussée	Appareil portable ou mécanique monté sur une remorque et constitué d’un marteau et d’une tige à cône	<ul style="list-style-type: none"> • Tout type de chaussée • Niveau projet
Défectomètre statique : poutre Benkelman	Estimer la capacité structurale d’une chaussée revêtue et non revêtue	Appareil constitué d’un système de poutre à balancier qui repose sur une base de référence et d’un véhicule lourd chargé	<ul style="list-style-type: none"> • Chaussées revêtues et non revêtues • Niveau projet
CONFORT DE ROULEMENT (UNI)			
Profilomètre*	Estimer le confort au roulement d’une chaussée et relever son pseudo-profil longitudinal	Appareil équipé d’un accéléromètre servant de référence inertielle, d’un transducteur, d’un ordinateur et d’un odomètre	<ul style="list-style-type: none"> • Tout type de chaussée • Niveaux réseau et projet
Roulemètre	Établir un indicateur quantifiable et un objectif de confort au roulement ressenti par les usagers	Véhicule équipé d’une barre attachée à l’essieu, d’un émetteur fixé sur le châssis, d’un récepteur d’enregistrement de données et d’un odomètre	<ul style="list-style-type: none"> • Chaussées souples, rigides et mixtes • Niveau réseau
ORNIÉRAGE			
Orniéromètre laser*	Réaliser un relevé du profil transversal des chaussées pour la détection, la mesure de la profondeur et la caractérisation des ornières	Véhicule équipé d’un système laser	<ul style="list-style-type: none"> • Chaussées souples, rigides et mixtes • Niveaux réseau et projet

*Ces techniques et équipements d’auscultation sont les plus fréquemment utilisés.

3.2 DÉTERMINATION DES COTES POUR LES INDICATEURS D'ÉTAT

L'évaluation de la performance des chaussées, selon les règles de l'art, est un processus relativement complexe qui tient compte d'un grand nombre de données. L'incertitude d'évaluation doit être maîtrisée et réduite. Dans ce but, le gestionnaire est invité à assurer une combinaison objective de l'ensemble des paramètres considérés dans l'évaluation des cotes d'état de la chaussée.

L'évaluation sert non seulement à déterminer les besoins d'entretien et de réhabilitation, mais également à en assurer le suivi. Il est recommandé de faire cette évaluation en temps opportun⁸, en général à tous les 2 ou 4 ans (versus 1 an ou à tous les 2 ans), à l'aide d'une méthode automatisée ou systématisée. Le gestionnaire peut aussi établir manuellement l'évaluation annuelle de la cote d'état de chaque section de son réseau, ou alors il peut avoir recours à des logiciels d'assistance disponibles à cet effet.

La cote d'état représente le niveau de l'indicateur de performance ou d'état sur une échelle de valeurs et traduit la condition (d'excellente à très mauvaise) de la section évaluée. Dans le présent guide, le diagnostic s'établira selon une échelle d'évaluation définie entre 0 et 5.

Les principaux indicateurs prescrits sont les suivants :

- indicateur d'état de surface ;
- indicateur de capacité structurale ;
- indicateur de susceptibilité au gel ;
- indicateur de confort au roulement.

D'autres indicateurs (drainage, adhérence, etc.) peuvent être pris en compte dans des cas particuliers où une problématique est signalée.

3.2.1 Facteur de hiérarchisation

L'établissement d'un facteur de hiérarchisation répond à un besoin d'indiquer le degré d'importance relative d'une section par rapport à une autre, ainsi que son niveau de vulnérabilité. Ces facteurs illustrent un niveau d'importance qui s'établit en fonction de l'impact d'une interruption non planifiée de services sur

⁸ Processus de planification des priorités et de budgétisation relatif à l'entretien ou à la réhabilitation des chaussées, chp 3.2.2 – InfraGuide, Novembre 2003.

l'environnement urbain immédiat. Un gestionnaire d'une municipalité peut toujours recourir à d'autres règles afin de satisfaire la sécurité ou la qualité de service qu'il souhaite offrir aux citoyens.

Tableau 3 – Liste et exemples des facteurs de hiérarchisation

Niveau de vulnérabilité	Facteur de hiérarchisation (importance relative)	Niveau
Grand impact	Classe ayant le plus grand impact Par exemple : Artère et collectrice principale, Secteurs institutionnel et commercial	A
Moyen impact	Classe ayant un impact moyen ou modéré Par exemple : Collectrice secondaire Secteurs résidentiel et industriel	B
Faible impact	Classe ayant un impact faible ou moindre Par exemple : Rue locale résidentielle et route rurale	C

3.2.2 Détermination de la cote de l'indicateur d'état de surface I_s

L'état de la surface constitue un indicateur de premier plan pour évaluer la condition (l'état) de la chaussée. Cet indicateur représente l'appréciation des dégradations et des défauts de la surface d'une section de chaussée, selon le Guide de mesure et d'identification des dégradations des chaussées souples, tel que publié par le Ministère du Transport du Québec, et qui est une pratique reconnue pour les municipalités du Québec.

Le relevé des conditions de la surface d'une chaussée peut se faire manuellement (observation et inspection visuelle) ou de manière automatisée (auscultation et relevés automatisés). De façon générale, cette opération permet de définir le type, l'emplacement, l'étendue et la sévérité des différents défauts qui sont présents à la surface de la chaussée.

L'indicateur de l'état de surface est basé sur des paramètres obtenus de l'analyse des observations de l'inspection en suivant le protocole du MTQ, soit les défauts de surface. Le protocole est bien documenté à l'intérieur du Guide de mesure et d'identification des dégradations de chaussées souples du MTQ. La méthode de

calcul préconisée pour obtenir une valeur située entre 0 et 100 est définie par la norme ASTM D-6433 (Standard Practice for Pavement Condition Surveys). La condition de la surface est déduite à partir de la valeur de l'indicateur d'état de surface (ou PCI) obtenue.

Les intervalles de valeurs établis pour fixer le niveau de gravité sont basés sur les seuils de tolérance observés au Québec. Le tableau 4 présente le détail de l'assignation des niveaux de gravité.

Tableau 4 – Détermination des cotes de l'indicateur d'état de la surface I_s

État	Cote	Indice d'état de surface Routes urbaines (toutes classes confondues)
Excellent	1	80 - 100
Bon	2	60 - 79
Moyen	3	40 - 59
Mauvais	4	20 - 39
Très mauvais	5	0 - 19

Les seuils indiqués au tableau précédent sont à titre indicatif et peuvent être modifiés selon les besoins de la municipalité.

3.2.3 Détermination de la cote de l'indicateur de capacité structurale I_{CS}

Cet indicateur représente une appréciation de la capacité structurale d'un segment de chaussée, selon les méthodes reconnues d'évaluation au Québec et telles que pratiquées par les bureaux d'ingénieurs-conseils et les fournisseurs de services spécialisés.

Dans les « Classeurs chaussées » du CERIU, on présente trois techniques non destructives servant à caractériser la capacité et le comportement structuraux d'une chaussée. De celles-ci, le déflectomètre dynamique à masse tombante (FWD) est de loin la plus utilisée. Les caractéristiques de l'appareil sont décrites dans la norme ASTM D4694 (Standard test method for Deflections with Falling-weight-type impulse load device).

Le FWD permet de mesurer la déflexion maximale et de caractériser le bassin de déflexion de la chaussée lorsqu'elle est soumise à différents niveaux de chargement. La charge est appliquée sur la chaussée par l'intermédiaire d'une cellule de charge et d'une plaque circulaire segmentée de 300 mm de diamètre. Le bassin de déflexion, occasionné par le chargement, est déterminé par une série de 7 à 9 géophones disposés radialement à la plaque de chargement. Afin de caractériser minimalement la capacité structurale de la chaussée, des mesures de déflexion doivent être effectuées sur toute la surface, avec un espacement maximal de 75 m entre les essais. Pour les tronçons plus courts, l'espacement est réduit pour qu'un minimum de 3 essais soit effectué.

Il existe différentes approches pour établir la capacité structurale d'une chaussée à partir des essais FWD. Dans le cadre de l'élaboration d'un plan d'intervention, la méthode d'analyse retenue doit, au minimum, permettre d'apprécier la durée de vie résiduelle structurale de la chaussée. Il est à noter qu'aucune décision d'intervention n'est déclenchée uniquement par cet indicateur optionnel. Le tableau 5 présente un guide pour l'assignation des niveaux de gravité pour la capacité structurale.

Les intervalles établis pour l'appréciation de la capacité structurale de la chaussée sont basés sur les seuils observés au Québec. Ces valeurs sont fournies à titre indicatif et chaque municipalité peut modifier légèrement les plages de tolérance, selon ses besoins.

Tableau 5 – Détermination des cotes de l'indicateur de la capacité structurale selon la durée de vie résiduelle I_{CS}

État	Capacité structurale	Cote	Durée de vie résiduelle
Excellent	Capacité structurale très forte E_0 de plus de 1000 MPa	1	> 35 ans
Bon	Capacité structurale forte E_0 entre 500 à 1000 MPa	2	25 – 35 ans
Moyen	Capacité structurale moyenne E_0 entre 300 à 500 MPa	3	10 – 25 ans
Mauvais	Capacité structurale faible E_0 entre 100 à 300 MPa	4	5 – 10 ans
Très mauvais	Capacité structurale très faible E_0 de moins de 100 MPa	5	< 5 ans

3.2.4 Détermination de la cote de l'indicateur de susceptibilité au gel I_{SG}

Cet indicateur représente une appréciation du comportement de la chaussée induit par le gel. Au Québec, l'effet du gel se fait sentir sur des chaussées dont la structure est gélive. La désuétude d'une chaussée peut également être mesurée par sa susceptibilité au gel.

Bien que la susceptibilité au gel d'une chaussée puisse dépendre de nombreux facteurs, le paramètre qui a été retenu pour les fins de cette méthode est le différentiel des mesures de l'IRI relevées en période de gel (l'hiver) et en période de dégel (l'été). Des soulèvements de la surface de la chaussée en période de gel peuvent survenir à la suite de la formation de lentilles de glace dans la structure de la chaussée et dans le sol.

La susceptibilité au gel d'une chaussée peut être établie à l'aide d'un profilomètre, en faisant la comparaison des profils mesurés en période hivernale et les profils mesurés en période estivale. Les intervalles de valeurs établis pour fixer le niveau de gravité sont basés sur les seuils de tolérance observés au Québec, similaires à ceux utilisés par le MTQ. Le tableau 6 présente le détail de l'assignation des niveaux de gravité.

Tableau 6 – Détermination des cotes de l'indicateur de la susceptibilité au gel I_{SG}

État	Gélivité	Cote	Δ IRI (m/km) Routes urbaines (toutes classes confondues)
Excellent	Non gélif	1	$\leq 0,75$
Bon	Faible	2	0,76 – 1,50
Moyen	Moyenne	3	1,51 - 2,25
Mauvais	Élevée	4	2,26 – 3,00
Très mauvais	Très élevée	5	$> 3,0$

Les seuils indiqués au tableau précédent sont à titre indicatif et peuvent être modifiés selon les besoins de la municipalité.

3.2.5 Détermination de la cote de l'indicateur de confort au roulement I_{CR}

Cet indicateur représente l'appréciation du confort au roulement d'un segment de chaussée. L'indice de rugosité international (IRI) est une mesure reconnue dans le domaine pour évaluer la qualité d'une chaussée. L'indicateur de confort au roulement est basé sur la mesure de l'IRI obtenue lors d'un relevé spécialisé. Un relevé d'uni est habituellement réalisé à l'aide d'un profilomètre. En milieu urbain, l'indice IRI peut varier entre 0 et 20 environ. Les intervalles de valeurs établis pour fixer le niveau de gravité sont basés sur les seuils de tolérance admissibles en vigueur au Québec. Le tableau 7 présente le détail de l'assignation des niveaux de gravité.

Tableau 7 – Détermination des cotes de l'indicateur du confort au roulement I_{CR}

État	Cote	Mesure de l'IRI (m/km) Routes urbaines (toutes classes confondues)
Excellent	1	$\leq 2,0$
Bon	2	2,1 – 4,0
Moyen	3	4,1 – 6,0
Mauvais	4	6,1 – 8,0
Très mauvais	5	$> 8,0$

Les seuils indiqués au tableau précédent sont à titre indicatif et peuvent être modifiés selon les besoins de la municipalité.

3.2.6 Détermination de la cote générale (agrégée) I_G

Après avoir évalué chaque indicateur d'état (I_S , I_{CS} , I_{SG} , I_{CR}) pour chaque section à l'étude, le gestionnaire se base sur un système de pondération pour faire apparaître l'importance relative ou l'ordonnancement qu'il accorde à chaque indicateur d'état sur la caractérisation de son réseau routier. La pondération peut, par conséquent, varier selon les administrations routières ou les systèmes spécialisés produisant ces cotes générales.

La **cote générale (agrégée)** de chaque **section i** (I_{Gi}) résulte de la combinaison pondérée des indicateurs de surface (I_S) et de confort au roulement (I_{CR}). Cette cote représente l'état général de chaque section considérée et sera utilisée pour la hiérarchisation des interventions.

La cote de capacité structurale (I_{CS}) et la cote de susceptibilité au gel (I_{SG}) n'interviennent pas dans le calcul de la cote générale (agrégée). Mais rappelons qu'elles peuvent être retenues et utilisées pour déterminer si une réhabilitation majeure ou une reconstruction est nécessaire, selon les seuils retenus.

Les cotes générales (agrégées) de plusieurs sections peuvent être combinées aux longueurs des sections pour calculer une cote générale (agrégée) (I_G) du regroupement de ces sections.

L'annexe 3 donne un exemple de systèmes de pondération selon la fonctionnalité – hiérarchisation du réseau (tableau A3.4 – pondération des groupes de dégradations et tableau A3.5 – pondération des indicateurs) et des exemples de calcul de cote pondérée et de cote générale (agrégée).

3.2.7 Gestion informatisée

Le type, la sévérité et l'étendue des dégradations des chaussées sont parmi les données les plus importantes pour déterminer les travaux d'entretien et de réparation. Ces données sont en fait les éléments de base de tout système de gestion informatisé des chaussées municipales. La gestion des entretiens préventif, correctif et palliatif des chaussées peut donc se faire de façon automatisée au moyen de ces outils informatiques.

3.3 DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT DU RÉSEAU ROUTIER

L'établissement du diagnostic consiste à déterminer, de façon formelle, l'état de la chaussée et à fixer des objectifs précis et mesurables à l'entretien, à partir des résultats de l'auscultation et de l'évaluation des cotes d'état de chaque section.

Les composantes interdépendantes du diagnostic sont les suivantes :

- les données de terrain ;
- l'état structural pouvant expliquer certaines dégradations ; il permet de prévoir la performance future et sert à dimensionner la solution retenue ;
- l'état fonctionnel permettant de justifier une intervention (pertinence ou opportunité d'intervention) ; cette donnée servira au regroupement des sections, tel qu'expliqué dans la section 4.3.1 – priorisation des interventions ;
- la protection contre le gel influence le choix de la technique lorsqu'il est observé que la chaussée est susceptible au gel ;

- l'état du drainage de surface ;
- les liens de causalité permettent des recoupements et des comparaisons entre les voies d'une section sous l'effet du trafic lourd et entre les différentes sections d'une artère ; c'est également une façon d'établir une corrélation entre les problématiques et leurs causes qui diffèrent d'une section à l'autre. Le gestionnaire doit donc acquérir des connaissances pour être capable de formuler ces liens de causalité.

Les indicateurs liés au confort, à la sécurité des usagers et à la performance de la chaussée sont les suivants :

- fissuration ;
- uni ;
- orniérage ;
- déformations ;
- drainage de surface ;
- dénivellations autour des structures d'accès.

Le diagnostic fait sur la nature, la localisation et la sévérité des dégradations observées est traduit en une cote d'état caractérisant le niveau de dégradation identifié des sections analysées.

Dépendamment de la pratique courante dans chaque municipalité, le diagnostic peut également prendre en compte la capacité structurale et la susceptibilité au gel de la chaussée.

Le gestionnaire devra par conséquent considérer, dans un premier temps, au moins un des objectifs⁹ d'entretien suivants :

- conservation et adaptation de la structure de chaussée ;
- intégrité de la couche de surface ;
- sécurité et confort.

L'état et le niveau de performance de la chaussée sont ainsi caractérisés à partir des cotes des indicateurs d'état pour définir la condition correspondante à l'aide du tableau 8.

⁹ *Entretien préventif du réseau routier national, Guide technique*, ministère des Transports, SETRA-LCPC France.

Tableau 8 – Grille générale pour l'évaluation de l'état ou de la performance de la chaussée

Cote d'état			État ou performance
Surface (I_s)	Confort au roulement (I_{CR})	Générale (Agrégée) (I_G)	
1			Excellent (élevé)
2			Bon (adéquat)
3			Moyen (passable)
4			Mauvais (faible)
5			Très mauvais (très faible)

Par ailleurs, la relation entre les indicateurs d'état et chaque objectif d'entretien des chaussées est définie dans le tableau 9 qui donne, pour chaque objectif d'entretien, les paramètres à considérer pour identifier la meilleure intervention possible.

À titre d'exemple, pour un objectif d'entretien de conservation de l'intégrité de la couche de surface (revêtement), le gestionnaire doit porter une attention particulière au niveau des fissurations longitudinale et transversale (niveau faible à moyen), aux raccordements défectueux des bandes d'enrobé, au désenrobage et aux pelades pour proposer une solution d'intervention.

À la suite de la campagne d'auscultation, le gestionnaire devra faire une classification des chaussées par rapport à l'âge. Ceci lui donnera de l'information dans le temps sur la distribution et l'évolution des dégradations par rapport à l'âge de la chaussée. La classification peut se faire par groupes de chaussées âgées de 10, 15, 20, 30 ans et plus ou selon tout groupe d'âge approprié. Le gestionnaire pourra ainsi caractériser et élaborer un modèle typique de l'évolution de l'état des chaussées, en lien avec les conditions et particularités de la municipalité. Ceci lui permettrait de définir les courbes de performance du réseau routier et d'en faire une prédiction de la dégradation de l'état.

Tableau 9 – Relation entre indicateurs d'état et objectifs d'entretien

(Adapté de : *Entretien préventif du réseau routier national, Guide technique*, ministère des Transports, SETRA-LCPC, France.)

OBJECTIF		Conservation et adaptation de la structure		Sécurité et confort	Intégrité de la couche de surface	
		Chaussée souple à assise non traitée	Chaussée souple à fondation traitée aux liants mixtes et hydrocarbonés			
INDICATEUR D'ÉTAT						
DÉFLEXION						
UNI						
ADHÉRENCE						
DÉGRADATIONS	DÉFORMATIONS	Défauts de rive, affaissements, bourrelets				
		Orniérage à grand rayon				
		Orniérage à petit rayon				
	FISSURES	Écaillage				
		Fissures longitudinales dans les traces des roues				
		Fissures longitudinales d'épaulement				
		Raccordement défectueux de deux bandes d'enrobés				
		Fissures transversales de retrait(1)				(2)
	ARRACHEMENTS	Nid-de-poule en formation				
		Désenrobage, pelade				
		Glaçage				
	REMONTÉES	Ressuage				
		Remontées d'eau				

(1) Forte dégradation : plus de 20 % du nombre total des fissures sont soit ramifiées, soit épaufrées avec risques importants de départ de matériaux.

(2) Niveau de fissuration faible à moyen.

Les cases de couleur indiquent que pour un objectif d'entretien choisi, il faut considérer le ou les indicateurs correspondants. Exemple : l'indicateur « déflexion » permet, entre autres, d'évaluer la conservation et l'adaptation de la structure de chaussée.

Note : Les caractéristiques représentant les indicateurs d'état sont présentées à l'annexe 3, dans le tableau A3.3 avec les cotes d'état associées.

4. PLANIFICATION DE L'ENTRETIEN DES CHAUSSÉES MUNICIPALES

Le diagnostic ayant permis d'évaluer l'état des sections et d'identifier les interventions nécessaires, la prochaine étape consiste à prioriser les interventions et à définir le programme de travaux d'entretien.

Ainsi, la phase de planification a pour but de définir les priorités des travaux d'entretien, d'autant plus que les montants alloués ne sont pas toujours suffisants pour couvrir les besoins.

Le diagnostic, la planification et la stratégie constituent les étapes principales de développement d'un système municipal de gestion de l'entretien des chaussées.

4.1 IMPORTANCE DE L'ENTRETIEN

4.1.1 Objectifs et impacts du programme d'entretien

Les chaussées municipales se dégradent avec le temps. L'entretien permet de les garder dans un état acceptable. De ce fait, l'entretien préventif, correctif ou palliatif s'avère un processus d'intervention essentiel.

L'implantation d'un programme d'entretien préventif a un impact certain sur l'ensemble des chaussées de la municipalité, car il permet, entre autres, de :

- Prolonger la vie utile de la chaussée ;
- Conserver l'intégrité de la structure de chaussée ;
- Suivre l'évolution des dégradations des chaussées ;
- Assurer une meilleure gestion des financements disponibles, rentabiliser, optimiser les investissements et dégager des fonds pour des interventions subséquentes ;
- Assurer le confort au roulement et la sécurité des usagers.

La figure 2 illustre l'impact de l'entretien préventif sur la durée de vie de la chaussée (les données d'âge sont fournies à titre indicatif seulement).

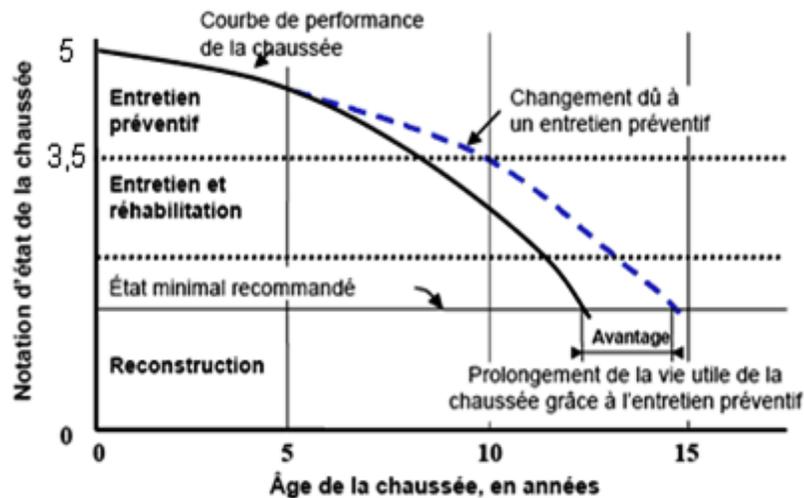


Figure 2 – Illustration de l'impact de l'entretien préventif sur la durée de vie de la chaussée

Adapté de : *InfraGuide*, 2002.

La figure 2 permet aussi d'illustrer l'impact de l'entretien préventif sur la durée de vie des chaussées : un entretien préventif effectué au moment opportun prolonge la vie utile de la chaussée, ce qui constitue un réel avantage à moyen et à long termes.

4.1.2 Moment d'intervention

Le choix du moment opportun des interventions dépend de plusieurs paramètres liés à l'évolution des dégradations de la chaussée dans le temps, à la disponibilité des moyens financiers, techniques et humains, et également au niveau de service que la municipalité est capable d'offrir aux usagers.

Il appartient au gestionnaire de mieux suivre l'évolution de l'état de son réseau afin de définir les seuils d'intervention adaptés à chaque type d'entretien.

Toutefois, selon le « Guide national pour les infrastructures municipales durables, *InfraGuide* 2002 », le premier traitement d'entretien préventif est appliqué généralement avant que l'état de la chaussée ne passe sous la barre de la cote 3,5 sur une échelle de 0 à 5 (voir la figure 2), la cote 5 désignant une chaussée en excellent état ou une chaussée neuve.

4.2 DÉFINITION DU PROGRAMME D'ENTRETIEN ET PRÉVISION DES TRAVAUX

La programmation sur plusieurs années (programme biennal, triennal ou quinquennal) de l'entretien des chaussées consiste à :

- Définir et estimer les travaux à réaliser ;
- Prioriser et programmer les différentes interventions ;
- Tenir compte des contraintes budgétaires ;
- Dresser et faire valider le programme sur deux, trois ou cinq années.

4.2.1 Définition des caractéristiques des sections critiques

Pour chaque section du réseau, la condition d'état se traduit par sa cote d'état agrégée I_g , déterminée à la section 3.2.6.

Le gestionnaire dresse un tableau ou une liste des sections par ordre croissant de cote des tronçons. Plus la cote d'état est faible, plus le tronçon nécessite une intervention majeure. Les caractéristiques intrinsèques des tronçons critiques sont ainsi mises en évidence à savoir la cote d'état, les niveaux de dégradation, leur localisation précise, les caractéristiques géométriques et physiques de chaque tronçon, l'historique des interventions antérieures et la prévision de leur évolution dans le temps.

4.2.2 Identification des solutions d'intervention

Pour chaque déficience identifiée sur la section, il existe diverses solutions possibles d'intervention. Les différentes techniques d'entretien sont élaborées au chapitre 5.

Ainsi, à partir du diagnostic (section 3.3), du tableau des causes et solutions (annexe 2) et de la relation entre indicateurs d'état (section 3.2) et objectifs d'entretien (section 4.1.1), le gestionnaire du réseau identifie et documente les solutions adaptées à chaque section.

Il existe plusieurs méthodes de sélection de scénarios d'intervention dont :

1. L'analyse des avantages et inconvénients compare les éléments de nature différente (coût par rapport à la fiabilité par rapport à la performance future). Cette analyse fait appel à des modèles à établir en fonction de la performance des chaussées.

2. L'analyse multicritères compare les scénarios au moyen d'objectifs ou de critères pondérés en fonction de leur importance (coût d'entretien, performance escomptée, perturbations de la circulation pendant les travaux, durée des travaux, disponibilité des matériaux, impacts environnementaux, capacité des entrepreneurs locaux, préférence des autorités locales, aspects expérimentaux ou innovateurs, fiabilité de la technique, etc.).
3. L'analyse des coûts sur le cycle de vie a pour but de sélectionner le scénario le plus économique, en tenant compte de l'ensemble des coûts estimés encourus pendant la durée de vie de la chaussée ; c'est une analyse basée essentiellement sur l'aspect monétaire des investissements.

Dans ce guide, l'approche préconisée et qui sera présentée est la troisième méthode. Il est cependant possible pour le gestionnaire d'utiliser l'analyse des avantages et inconvénients, en intégrant les résultats de l'analyse multicritères et de l'analyse des coûts sur le cycle de vie pour obtenir une analyse encore plus globale et complète. Notons que les solutions qui visent à améliorer la condition de surface seront analysées en priorité.

Les facteurs suivants sont également à considérer dans la sélection du meilleur traitement¹⁰ :

- le type de chaussée (souple ou rigide) ;
- le type, la sévérité et l'étendue des dégradations ;
- l'utilité (fonctionnalité) de la chaussée et le trafic supporté ;
- le climat et les facteurs environnementaux ;
- le coût du traitement, la durée de vie supplémentaire attendue ;
- l'applicabilité et la disponibilité des ressources, des entrepreneurs et des matériaux de qualité.

Par ailleurs, l'efficacité d'un traitement est directement liée à l'état de la chaussée. À cet effet, dans le processus du choix du traitement approprié, le gestionnaire doit se poser les trois questions essentielles suivantes :

- Le traitement maintient-il la performance de la chaussée?

¹⁰ Best practices handbook on asphalt pavement maintenance, Minnesota Technology transfer Center / LTAP Program, 2000, www.pavementpreservation.org/library/getfile.php?journal_id=351

- Est-il bénéfique en termes de coûts?
- Quel est le meilleur traitement (technique et économique) à appliquer?

La matrice présentée au tableau 10 peut être utile au gestionnaire dans le choix de la solution préventive appropriée.

Tableau 10 – Matrice d’aide à la décision pour l’identification d’une intervention d’entretien
(Adapté du tableau 3-2, *Entretien préventif en temps opportun des routes municipales, InfraGuide, 2002.*)

Traitement d’entretien préventif	État de la chaussée pour une application réussie											
	Rugosité		Orniérage		Fissuration longitudinale et transversale		Arrachement		Ressuage		Fissuration de fatigue	
	Faible	Élevée	Faible	Élevé	Faible	Élevée	Faible	Élevé	Faible	Élevé	Faible	Élevée
Scellement de fissures	N/A	N/A	N/A	N/A	A	I	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Coulis bitumineux	A	N/A	A	N/A	A	N/A	A	A	A	I	N/A	N/A
Micro-surfçage	A	N/A	A	I	A	I	A	A	A	A	I	N/A
Recouvrement mince	A	I	A	I	A	I	A	A	A	A	I	N/A

Légende – A : Applicable ; I : Incertain et N/A : Non applicable

4.2.3 Éléments d’analyse économique

En plus de la matrice d’aide à la décision présentée au tableau 10, l’analyse du coût d’entretien sur le cycle de vie représente également une méthode de comparaison pour la sélection des interventions. Cette analyse économique se base sur les coûts de chaque solution d’entretien identifiée. Un meilleur établissement des coûts du cycle de vie de chaque traitement est un facteur de succès de l’application de la méthode.

Le principe consiste à comparer la valeur présente des coûts des interventions possibles pendant une durée de vie espérée. L’analyse comparative se fait sur une même période d’analyse, en considérant par hypothèse une répétitivité des coûts pour des interventions à durées de vie différentes.

En supposant qu'aucune autre action n'est nécessaire sur la chaussée pendant sa durée de vie espérée, suite à la mise en œuvre du traitement d'entretien préventif, la répartition des coûts peut se faire comme suit :

- Estimer le coût global du traitement préconisé ;
- Répartir, en annuités constantes, ce montant total sur la durée de vie espérée suite à l'application de l'intervention ;
- Calculer la valeur présente de l'ensemble de ces annuités ;
- Comparer les valeurs présentes des solutions d'intervention entre elles.

Entre deux interventions possibles, celle qui minimise le coût est économiquement la plus avantageuse.

4.2.4 Évaluation et estimation des interventions identifiées

Il s'agit d'identifier une gamme de solutions au niveau projet et d'en faire une estimation des travaux correspondants.

La sélection des projets se fera principalement au moyen de la cote agrégée qui est une combinaison de l'indicateur d'état de surface (I_s) et de l'indicateur de confort au roulement (I_r). Concrètement, pour chaque section considérée et parmi les diverses solutions possibles, le gestionnaire est appelé à faire le choix de la solution d'intervention appropriée à la problématique.

L'estimation globale du coût d'intervention servira à établir le budget prévisionnel du programme d'entretien.

Comme résultat de l'évaluation, le gestionnaire fait correspondre, à chaque section identifiée (selon le découpage considéré), l'intervention type, son coût, le délai estimé de la réalisation des travaux et la date probable de début des travaux.

Un rapport d'étude pourra être rédigé au besoin pour documenter le processus, synthétiser l'information essentielle et faciliter l'analyse du dossier dans le futur.

4.3 ÉTABLISSEMENT DU PROGRAMME D'ENTRETIEN

L'établissement d'un programme d'entretien est recommandé pour une saine gestion des chaussées. Le gestionnaire est donc appelé à mettre en œuvre les interventions d'entretiens préventif, correctif et palliatif dès l'apparition des

premières dégradations ou d'indices d'évolutions significatives de détérioration et à les prioriser. Ces interventions d'entretien permettent d'éviter des interventions de réhabilitation, tout en assurant en permanence un niveau de service minimum acceptable à l'utilisateur. Le fait de différer indéfiniment les actions d'entretien peut entraîner des dépenses beaucoup plus importantes sur le cycle de vie des chaussées.

4.3.1 Priorisation des interventions

La priorisation des interventions d'entretien est basée sur les objectifs de niveau de service, de conservation de la structure, de sécurité, de confort et d'intégrité de la couche de surface. L'objectif d'entretien est fixé par le gestionnaire en fonction de la particularité de son réseau. Le tableau 11 guidera le gestionnaire dans sa démarche de priorisation.

La municipalité doit définir quelle partie de son budget sera attribuée à l'entretien préventif, correctif, palliatif, à la réhabilitation ou à la reconstruction.

Les budgets pour ces interventions sont appelés à s'ajuster à l'évolution de l'état du réseau routier de la municipalité.

Tableau 11 – Type d'entretien selon la dégradation de surface

(Adapté du tableau V du *Guide technique, entretien préventif du réseau routier national*, SETRA-LCPC France, 2007.)

Types de dégradation de surface	Seuil	Intervention suggérée	Types d'entretien		
			Préventif	Correctif	Palliatif
Fissures transversales	Sévérité faible	Scellement des fissures dès leur apparition	X		
Fissures longitudinales	Dès apparition	Scellement des fissures ou du joint	X		
Raccordement défectueux de deux bandes d'enrobés	Carrelage, nid-de-poule, arrachements	Renouvellement de la couche de roulement		X	X
Désenrobage et arrachement (% longueur de chaussée dégradée)	$10 \leq \% \leq 30$	Surveillance du tronçon par inspection détaillée		X	
	$\% \geq 30$	Renouvellement de la couche de roulement		X	X
Pelade (% surface de chaussée dégradée)	$0 \leq \% \leq 2$	Réparations localisées à l'enrobé	X		
	$\% \geq 2$	Renouvellement de la couche de roulement		X	X

Types de dégradation de surface	Seuil	Intervention suggérée	Types d'entretien		
			Préventif	Correctif	Palliatif
Remontées d'eau, signe de perméabilité de l'enrobé	$0 \leq \% \leq 10$	Surveillance du tronçon par inspection détaillée		X	
	$\% \geq 10$	Renouvellement de la couche de roulement après étude spécifique de vérification de la perméabilité de l'enrobé		X	

La démarche de priorisation des interventions d'entretien comporte sept étapes principales :

Étape 1 : Définition des seuils d'intervention

Dans le cadre d'une saine gestion, le gestionnaire devra décider des seuils déclencheurs d'intervention de la cote agrégée. Différents seuils pourront correspondre à différents types d'intervention. Les sections de chaussée dont la cote agrégée se situe à l'intérieur d'un même intervalle d'échelle seront regroupées.

Étape 2 : Choix des sections à prioriser

À partir du regroupement des sections établi à l'étape 1, il s'agit d'établir le choix des sections à prioriser, selon le budget disponible pour chaque type d'entretien. Le premier critère de tri pour prioriser les sections est la classification fonctionnelle de la chaussée (fonctionnalité ou encore hiérarchie) (voir annexe 3, tableau A3.2) Les critères suivants permettent de procéder à un tri subséquent :

- l'état des infrastructures souterraines ;
- le trafic ;
- l'entrave à la circulation.

Étape 3 : Regroupement de sections en une même intervention

Après analyse par le gestionnaire et pour des raisons de mobilisation d'équipements et d'impact sur la circulation et sur les riverains, il y a lieu de regrouper, en une même intervention, plusieurs sections de priorités différentes et d'assurer la coordination des différents types de travaux.

Étape 4 : Détermination de la cote pondérée des groupes de sections

Cette cote a été définie à la section 3.2.6. Elle sera établie à partir de la pondération des cotes agrégées des différentes sections du même groupe et de leurs longueurs respectives.

Étape 5 : Élaboration d'une liste réduite de projets

Une liste réduite de projets réalisables est produite par itération, en considérant les critères énumérés à l'étape 2.

Étape 6 : Évaluation des coûts

Chaque regroupement de sections par catégorie d'intervention doit être économiquement évalué par l'estimation des coûts des interventions.

Étape 7 : Élaboration des besoins d'intervention

L'élaboration des besoins d'intervention permet d'établir les programmes triennaux ou quinquennaux d'intervention.

4.3.2 Échéanciers des interventions et plan d'action

Pour assurer un suivi en tout temps du programme d'intervention, un plan d'action est dressé sous forme de tableau récapitulant la liste des sections, leurs priorités, les délais et les coûts des travaux. Ce tableau dresse la liste des segments de chaussée par priorité et par type d'entretien.

Les projets sont ensuite classés par ordre de priorité à l'aide de la cote agrégée. Ainsi, pour départager deux projets qui ont la même priorité, celui ayant la cote agrégée la moins élevée est à considérer en premier (rappelons qu'une cote basse traduit un état de chaussée « mauvais »).

Les projets sont classés selon un ordre de priorité décroissant. L'ensemble des interventions de l'année courante est défini lorsque le coût cumulé atteint le budget alloué. Les interventions restantes dans le tableau récapitulatif sont considérées pour les années subséquentes, et ce, toujours en fonction des différentes prévisions budgétaires.

Le gestionnaire du réseau fait une répartition du budget disponible en y intégrant une dotation pour contingences pour tenir compte des situations imprévisibles. En règle générale, la dotation pour contingences et imprévus est estimée entre 5 % et 10 % du budget prévisionnel.

Le programme est connu dès que le cumul des coûts des travaux atteint la limite du budget alloué par la municipalité. Le coût de chaque intervention inclut les

charges pour la surveillance, le contrôle de la qualité, les consultants et toute dépense admise pour la réalisation des travaux correspondants.

Le plan d'intervention découle de la priorisation des opérations. Le plan d'intervention doit tenir compte des contraintes de disponibilité des ressources humaines et financières, ainsi que du mode de fonctionnement de chaque municipalité. La planification annuelle spécifie le volume des travaux et la nature de chaque type d'entretien. Ainsi, les interventions qui n'ont pu être programmées l'année courante par ordre de priorité devraient être normalement reportées à l'année suivante. Le report des interventions doit être reflété dans la mise à jour du plan d'intervention, du plan d'action, des programmes annuel, triennal et quinquennal, etc.

4.3.3 Validation du programme d'intervention

Le programme d'intervention doit faire l'objet d'un accord par le Conseil municipal et doit être inscrit au budget pour sa réalisation.

L'allocation budgétaire tient compte du type d'entretien (préventif, palliatif ou correctif). La répartition des ressources financières allouées doit être clairement définie par le gestionnaire, en tenant compte de leur disponibilité, de la prévision d'évolution des déficiences de la chaussée, etc.

4.4 ANALYSE DES COÛTS D'UNE SÉQUENCE D'ENTRETIEN SUR LE CYCLE DE VIE

La démarche présentée à la section 4.3.1 est un exemple d'analyse et cherche à faire ressortir l'importance de planifier la bonne intervention au bon moment, dans le cadre d'une saine gestion des actifs de chaussée. Pour présenter la démarche, un horizon de 40 ans est retenu, à titre d'exemple, pour inclure les différentes séquences d'intervention d'une chaussée souple.

L'analyse du coût sur le cycle de vie doit inclure :

- les coûts de construction initiale ;
- les coûts en dollars constants d'un programme d'entretien préventif, selon l'état (entretien annuel et entretien programmé) ;
- les coûts des interventions de réhabilitation moyenne et majeure¹¹.

¹¹ Pour les exemples de types d'interventions moyenne et majeure, voir le tableau 10 à la page 31.

Ces coûts en dollars constants sont estimés selon un facteur d'actualisation qui tient compte des taux d'intérêt et d'inflation.

En considérant une période d'analyse de 40 ans, la chaussée sera reconstruite deux fois, et il y aura des interventions de réparation de nids-de-poule. À l'horizon de 40 ans, il faut considérer les coûts correspondant à ces interventions et les ramener en dollars constants également.

On pourrait également évaluer et ajouter les coûts sociaux pour les usagers (coûts d'exploitation, coûts des entraves à la circulation, coûts de l'inconfort, y compris coûts des dommages et des réclamations). Mais ces coûts ne sont pas évalués dans le cadre de ce guide.

Méthodologie

La méthodologie considérée consiste à faire une analyse des coûts en comparant deux scénarios d'intervention : avec et sans entretien de la chaussée. La comparaison de ces deux analyses va permettre d'illustrer les avantages économiques de l'entretien préventif.

Les coûts actualisés seront donc déterminés par la méthode de la Valeur Présente ou Valeur Actualisée Nette (VAN) la plus connue ou utilisée.

Le tableau 12 présente un exemple de deux analyses pour une section de chaussée urbaine de 1 km et d'une largeur de 6 m, sur un horizon de 40 ans.

Le tableau 13 fournit les détails sur les interventions et les coûts.

4.4.1 Les scénarios d'intervention

4.4.1.1 Analyse 1 (Scénario avec entretien)

- Si la construction neuve est réalisée en 2010, le programme de réhabilitation s'établit comme suit :
 - La chaussée nécessitera une réhabilitation majeure 14 ans après la construction (2024) ;
 - Une réhabilitation moyenne sera nécessaire 8 ans après la réhabilitation majeure (2032) ;

- La prochaine réhabilitation majeure s'effectuera 14 ans après la dernière réhabilitation majeure (2038) ;
 - La réhabilitation moyenne suivra 8 ans après (2046).
- Le programme d'entretien courant et préventif s'effectue selon la séquence d'entretien suivante :
 - Le premier entretien courant et préventif s'effectuera 5 ans après la construction (2015) ;
 - Tous les entretiens se réaliseront par la suite tous les 3 ou 5 ans en moyenne, selon l'occurrence des réhabilitations : 2018, 2021, 2024*, 2029, 2032*, 2035, 2038*, 2043, 2046*, 2049.
 - * En 2024, sera effectuée une réhabilitation majeure, donc pas d'entretien.
 - * En 2032, une réhabilitation moyenne est prévue, le cycle reprendra 3 ans après, soit en 2035.
 - * En 2038, pas d'entretien, car une réhabilitation majeure est prévue à cette année.
 - * En 2046, pas d'entretien, une réhabilitation moyenne sera réalisée à cette année.

4.4.1.2 Analyse 2 (Scénario sans entretien)

Comme aucun entretien n'est prévu dans ce cas, des réparations de nids-de-poule seront nécessaires à partir de la huitième année après la construction.

- Étant donné qu'on laisse vivre la chaussée, construite en 2010, sans entretien, elle devra être reconstruite en 2028 et 2046.
- La construction neuve étant réalisée en 2010, la séquence de réparations des nids-de-poule se présente comme suit : 2018, 2020, 2022, 2024, 2026, 2028*, 2036, 2038, 2040, 2042, 2044, 2046*
 - * Aux années de reconstruction, soit 2028 et 2046, il n'y a pas de réparation de nids-de-poule. Le cycle de réparation de nids-de-poule reprend 8 ans plus tard, après la reconstruction qui a lieu en 2028.

Conclusion

La Valeur Actualisée Nette dans l'analyse avec entretien est inférieure à la Valeur Actualisée Nette dans l'analyse sans entretien pour le cas étudié. L'entretien préventif minimise donc les coûts sur le cycle de vie de la chaussée.

Le but de l'analyse économique est de fournir une aide à la décision. Dans le cas étudié, la décision de ne pas entretenir la chaussée génère un coût supplémentaire de l'ordre de 60 % sur un horizon de 40 ans.

Tableau 12 – Comparaison de deux (2) analyses de coûts sur le cycle de vie d'une chaussée souple sur un horizon de 40 ans

Taux d'intérêt	4%
Taux d'infation	1%
Taux d'escompte i %	3%

Année n	Intervention	Facteur d'actualisation $Fa = 1/(1+i)^n$	Scénario avec entretien		Scénario sans entretien	
			Coût intervention	Coût actualisé (\$ 2010)	Coût intervention	Coût actualisé (\$ 2010)
0	Construction de 1 km de chaussée	1,0000	750 000 \$	750 000 \$	750 000 \$	750 000 \$
5	Entretien courant et préventif	0,8626	7 567 \$	6 528 \$		0 \$
8	Entretien courant et préventif	0,7894	7 797 \$	6 155 \$		0 \$
8	Traitement de nids de poules	0,7894		0 \$	111 426 \$	87 961 \$
10	Traitement de nids de poules	0,7441		0 \$	113 666 \$	84 578 \$
11	Entretien courant et préventif	0,7224	8 033 \$	5 803 \$		0 \$
12	Traitement de nids de poules	0,7014		0 \$	115 950 \$	81 325 \$
14	Réhabilitation majeure	0,6611	586 232 \$	387 568 \$		0 \$
14	Traitement de nids de poules	0,6611		0 \$	118 281 \$	78 198 \$
16	Traitement de nids de poules	0,6232		0 \$	120 658 \$	75 190 \$
18	Reconstruction totale	0,5874		0 \$	1 291 839 \$	758 819 \$
19	Entretien courant et préventif	0,5703	8 698 \$	4 961 \$		0 \$
22	Réhabilitation moyenne	0,5219	179 239 \$	93 544 \$		0 \$
25	Entretien courant et préventif	0,4776	9 234 \$	4 410 \$		0 \$
26	Traitement de nids de poule	0,4637		0 \$	133 282 \$	61 802 \$
28	Traitement de nids de poule	0,4371		0 \$	135 961 \$	59 425 \$
28	Réhabilitation majeure	0,4371	673 858 \$	294 528 \$		0 \$
30	Traitement de nids de poule	0,4120		0 \$	138 694 \$	57 140 \$
32	Traitement de nids de poule	0,3883		0 \$	141 481 \$	54 942 \$
33	Entretien courant et préventif	0,3770	9 999 \$	3 770 \$		0 \$
34	Traitement de nids de poule	0,3660		0 \$	144 325 \$	52 829 \$
36	Reconstruction totale	0,3450		0 \$	1 545 230 \$	533 155 \$
36	Réhabilitation moyenne	0,3450	206 031 \$	71 087 \$		0 \$
39	Entretien courant et préventif	0,3158	10 614 \$	3 351 \$		0 \$
40	Valeur résiduelle		(1/4 Coût construction)	-187 500 \$	(4/5 Coût dernière construction)	-426 524 \$
	TOTAL VALEUR PRÉSENTE (VAN)			1 444 204 \$		2 308 841 \$
	COÛT ACTUALISÉ AU MÈTRE LINÉAIRE			1 444 \$		2 309 \$
	COÛT ACTUALISÉ AU MÈTRE CARRÉ			241 \$		385 \$

Tableau 13 – Détails des coûts des interventions

Hypothèse : Coût de différentes interventions 1 km de chaussée urbaine de largeur 6 m				
Description travaux	Unité	Quantité	Coût unitaire \$ 2010	Coût total
Entretien de routine				
Traitement de fissures longitudinales et transversales	ml	1 200	6	7 200 \$
Total – Coût Entretien courant				7 200 \$
Réhabilitation majeure				
Pulvérisation et stabilisation — 150 mm + revêtement BB 40 mm	m ²	6 000	85	510 000 \$
Total réhabilitation majeure				510 000 \$
Réhabilitation moyenne (renforcement)				
Recouvrement BB 40 mm	m ²	6 000	24	144 000 \$
Total réhabilitation majeure				144 000 \$
Traitement de nids-de-poule				
	t	343	300	102 900 \$
Reconstruction complète (exemple Verdun 2001)				
Excavation et disposition du déblai				
Pose de S/F ou membrane anticontaminante				
Fondation granulaire				
Enrobés bitumineux				
Coût – Reconstruction complète	m ²	6 000	180	1 080 000 \$
Construction initiale				
	m ²	6 000	125	750 000 \$

5. TRAVAUX, SUIVI ET ÉVALUATION

5.1 TRAVAUX D'ENTRETIEN DE CHAUSSÉES MUNICIPALES

Dans chaque municipalité, les opérations d'entretien sont généralement regroupées en fonction des exigences de planification, d'organisation et de disponibilité financière. Dans le cadre de ce guide, les opérations d'entretien sont réparties en trois principales catégories portant sur les entretiens préventif, correctif et palliatif.

Actuellement, au Québec, les opérations d'entretien des chaussées sont guidées par la norme du ministère des Transports, applicable et adaptable aux chaussées municipales (*Norme Ouvrages routiers MTQ, Tome VI : Entretien, Juin 2007*).

En attendant l'élaboration de fiches techniques détaillées afin que les municipalités puissent faire un choix approprié dans leur programme, le présent guide fait le point des techniques usuelles d'entretien qui font partie de la pratique courante. La nuance est parfois étroite dans la définition des interventions d'entretien ou de réhabilitation des chaussées municipales.

Le regroupement des techniques d'entretien de chaussées municipales est énuméré comme suit :

- le scellement et le colmatage des fissures ;
- la réparation des zones présentant des lézardes ;
- les interventions sur les zones d'accumulation d'eau affectant les chaussées ;
- le rapiécage manuel ou mécanisé ;
- le planage et la mise en œuvre d'enrobé ;
- les réparations et autres interventions sur les bordures et trottoirs.

5.1.1 L'entretien préventif

L'entretien préventif regroupe l'ensemble des traitements dont l'application prévient la dégradation prématurée de la chaussée ou retarde sa détérioration. Il vise à augmenter la durée de vie utile de la chaussée. Ce type d'entretien fait l'objet d'une planification qui tient compte de l'évolution de la déficience constatée sur la chaussée. Il est appliqué lorsque la chaussée est relativement encore en bon état et ne présente véritablement aucun dommage structural (*U.S. Federal Highway Administration, 2000*).

Les activités de base et les interventions d'entretien préventif comprennent :

- L'imperméabilisation : Éviter la pénétration de l'eau par la mise en place de scellement de fissure ou de coulis de scellement dans la structure de la chaussée par les fissures ou les joints, des revêtements poreux ou des accotements non obturés.

Le **traitement des fissures** se fait avec ou sans fraisage de la fissure. La fissure est simplement nettoyée avec un jet d'air comprimé et obturée avec un thermo-mastic appliqué à chaud.

- La mise en œuvre d'une couche mince
Le microsurfaçage, traitement mince (15 à 30 mm) et ultramince (5 à 15 mm), est un composé à base d'émulsion, de granulats et de certains additifs. C'est également une méthode économique permettant de traiter les problèmes de surface et d'améliorer l'adhérence sur les chaussées. Le microsurfaçage permet la reprise rapide de la circulation. La durée de vie de l'intervention dépend de l'épaisseur du composé, de l'état de la chaussée et de la densité du trafic.
- Le drainage : Enlever l'eau de la structure de la chaussée en améliorant le drainage de surface.

Le **rétablissement du drainage** consiste à nettoyer l'ensemble du système d'évacuation des eaux afin d'améliorer le drainage de la chaussée.

- L'application de traitements d'entretien, pour ralentir la vitesse à laquelle une chaussée se détériore, à l'aide d'un enduit superficiel ou d'un coulis bitumineux (exemple : enrobé coulé à froid) et ce, peu importe les dégradations particulières de la chaussée (l'âge de la chaussée est habituellement l'unique facteur qui entraîne ce genre d'application).

Les **traitements de surface** sont des traitements à base de bitume appliqués à la surface d'une chaussée existante. Ils sont composés d'un liant à base d'émulsion et de granulats appliqués à la surface du revêtement existant. Ce type de traitement d'entretien est économique ; il est facile à installer et il prolonge la durée de vie utile de la chaussée. Il résiste à l'abrasion d'un trafic de faible à moyen volume et assure une protection hydrofuge de la structure

sous-jacente. Il retarde également l'oxydation (ou durcissement) du bitume, causée par l'exposition aux éléments du trafic et du climat. Les épaisseurs mises en œuvre varient de 5 à 10 mm et peuvent être réalisées en application simple ou double.

- L'entretien préventif fait ainsi partie intégrante de la gestion des chaussées. La figure 3 montre le lien existant entre la gestion des actifs, la gestion des chaussées et l'entretien en général.

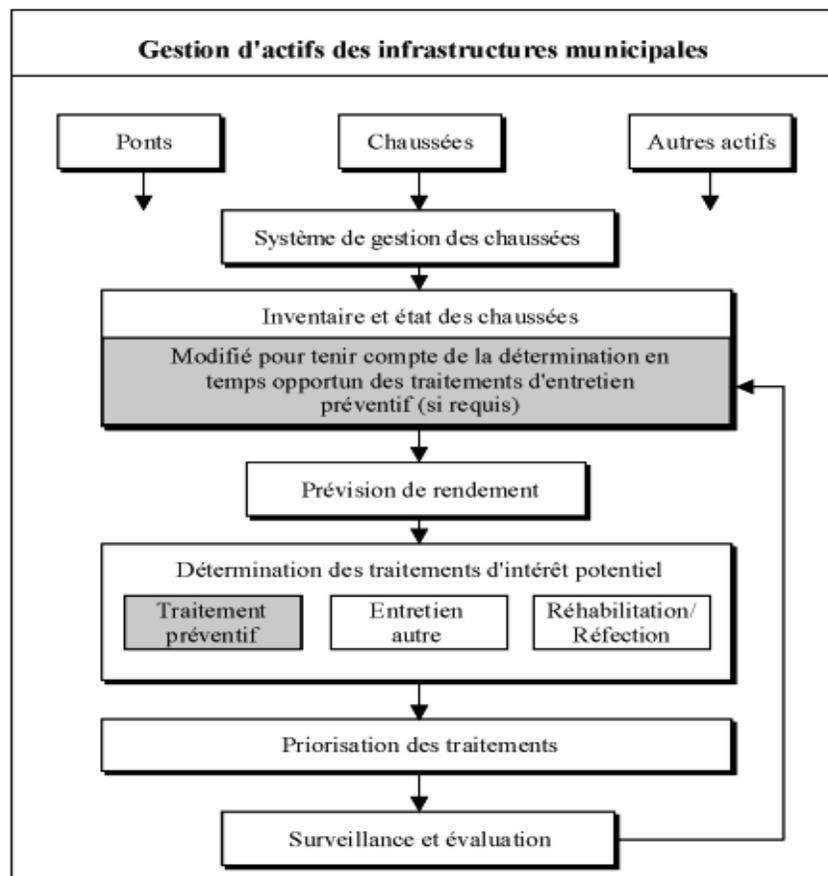


Figure 3 – Rôle de l'entretien préventif dans la gestion d'actifs et la gestion des chaussées
Source : *InfraGuide*, 2002

5.1.2 L'entretien correctif

L'entretien correctif consiste en des interventions localisées suite à la découverte de défauts de la chaussée, non seulement pour assurer la conservation de la chaussée et la sécurité des usagers du réseau mais aussi pour répondre en temps réel aux déficiences constatées. Il regroupe un ensemble de traitements pour

corriger les faiblesses potentiellement dangereuses et réparer les imperfections qui ont une incidence importante sur la durabilité de la chaussée. Ces interventions partielles se réalisent sur le revêtement et la fondation.

L'entretien correctif est aussi connu sous le nom d'entretien réactif et comprend les interventions énumérées au tableau 11 de la section 4.3.1. Ces interventions visent à maintenir la chaussée dans un état sécuritaire. Le traitement d'entretien d'urgence fait également partie de l'entretien correctif. Il s'applique en situation d'urgence, par exemple la réparation immédiate d'un nid-de-poule dangereux. Toute chaussée peut nécessiter des réparations d'urgence, qu'elle soit neuve ou âgée.

Le rapiéçage regroupe l'ensemble des interventions curatives pour traiter les dégradations ponctuelles identifiées lors de l'auscultation du réseau. Une partie de ces activités peut être programmée chaque année.

Les différentes techniques de rapiéçage sont :

- Rapiéçage manuel avec un enrobé bitumineux posé à froid : il s'agit de la pose d'un enrobé froid sur de petites surfaces pour éviter une détérioration de la chaussée. C'est une intervention d'urgence utilisée temporairement avant de pouvoir effectuer une réparation permanente ;
- Rapiéçage manuel avec un enrobé bitumineux posé à chaud sur de petites surfaces ;
- Rapiéçage mécanisé avec un enrobé bitumineux pour réparer mécaniquement des défauts majeurs sur des longueurs données afin de restaurer la qualité de roulement de la chaussée à des endroits bien localisés.

5.1.3 L'entretien palliatif

Le traitement d'entretien palliatif, aussi appelé solution d'attente, est relatif à des interventions d'entretien visant à maintenir le revêtement de la chaussée à un niveau sécuritaire pour les usagers, jusqu'à ce qu'on procède à une réhabilitation permanente. Le traitement d'entretien palliatif peut être nécessaire en raison du moment auquel on prévoit exécuter les travaux de réhabilitation ou de réfection, ou en fonction du financement disponible et de la mise en priorité d'une section pour des raisons de sécurité pour les usagers, en attendant de procéder à l'application de techniques durables.

L'entretien palliatif est généralement effectué sur des chaussées en état de dégradation avancée.

5.2 QUELQUES DISPOSITIONS ET RÈGLES EN ENTRETIEN DE CHAUSSÉES MUNICIPALES

5.2.1 Performances des matériaux et spécifications

L'emploi des matériaux de chaussée doit répondre aux exigences et spécifications normatives en vigueur. Ainsi, dans la préparation du cahier de spécifications techniques des matériaux, le gestionnaire peut faire référence à la « Norme ouvrages routiers du MTQ, Tome VII-Matériaux » qui régleme la qualité des matériaux de chaussée. Plus spécifiquement, l'on pourra consulter le tableau 14 qui renseigne sur les normes applicables.

Tableau 14 – Normes de référence des matériaux d'entretien de chaussées municipales
(Adapté de la norme MTQ, Tome VII-MATÉRIAUX)

Types de matériaux	Norme applicable	Désignation de la norme
Matériaux granulaires	Norme 2102	Matériaux granulaires pour fondation, sous-fondation, couche de roulement granulaire et accotement
Liants d'accrochage	Norme 4104	Bitume fluidifié
Liants d'accrochage	Norme 4105	Émulsion de bitume
Enrobés à chaud	Norme 4202	Enrobés à chaud formulés selon la méthode de formulation du Laboratoire de chaussées
Produits de scellement de fissures	Norme 4401	Produits de colmatage de fissures et joints
Enrobés à froid	Norme 4501	Enrobés pour rapiéçage à froid

5.2.2 Répercussions environnementales de l'entretien des chaussées municipales

La réalisation de l'entretien des chaussées a incontestablement un impact sur l'environnement du milieu local. Le gestionnaire devra s'assurer que les bonnes pratiques environnementales en vigueur sont respectées. Dans les techniques d'intervention disponibles pour l'entretien palliatif, il est intéressant pour un donneur d'ouvrage de considérer les techniques de recyclage. Tous les types d'enrobés peuvent être recyclés, qu'ils proviennent de revêtements d'autoroutes,

de routes municipales, de stationnements commerciaux et résidentiels ou d'aéroports.

Les avantages les plus reconnus du recyclage sont au niveau environnemental puisqu'il élimine la gestion des déchets de matériaux et diminue l'utilisation de ressources naturelles.

Il existe plusieurs procédés permettant de recycler les chaussées souples. Développés depuis de nombreuses années, les procédés techniques actuels de recyclage s'effectuent en place ou en centrale, à froid ou à chaud. Le terme « en place » signifie au chantier même, et celui « en centrale » signifie que les enrobés recyclés (fraisâts) sont transportés à la centrale d'enrobage pour y être recyclés.

Chaque intervention requiert l'utilisation d'une quantité d'énergie qui a des impacts en fait d'émissions de gaz à effet de serre. Quand on n'agit pas de façon proactive (entretien au bon moment), la chaussée se détériore rapidement et nécessitera une réhabilitation majeure ou une reconstruction avec une plus grande consommation d'énergie.

Les résultats de l'étude de Jim Chebovits et Larry Galehouse (TRB 2010) démontrent que l'entretien des chaussées réduit significativement l'utilisation d'énergie et les émissions des gaz à effet de serre par rapport aux interventions de réhabilitation traditionnelle ou de reconstruction.

5.3 SURVEILLANCE DES CHAUSSÉES MUNICIPALES

5.3.1 Mise à jour de la base de données

L'archivage des informations et la disponibilité de l'historique d'entretien constituent des éléments importants dans un système de gestion de chaussées.

Toute base de données existante doit être systématiquement mise à jour après n'importe quelle intervention sur le réseau. Il convient d'intégrer à la base de données un mécanisme d'archivage et de mise à jour de la cote d'état, suite aux interventions effectuées sur chaque section.

La base de données contiendra le récapitulatif de toutes les opérations exécutées dans l'année. Son utilisation doit être conviviale, de sorte à présenter des interfaces simplifiées de dialogue à l'opérateur de saisie des données.

Dans un souci de gestion optimale, il est recommandé aux gestionnaires d'implanter une base intégrée de données sur l'ensemble des infrastructures municipales.

5.3.2 Mise en place d'une équipe de surveillance

La mise en place d'une équipe de surveillance répond à un besoin de suivi continu de l'évolution du réseau de chaussées de la municipalité. La composition, les attributions et les moyens de fonctionnement d'une telle équipe varient d'une municipalité à une autre en fonction des ressources disponibles. Cependant, d'une façon générale, le rôle et les responsabilités de cette équipe sont les suivants :

- Évaluer et suivre l'évolution de l'état du réseau de chaussées ;
- Fournir au gestionnaire les données suffisantes à la programmation et à l'établissement d'un plan d'intervention cohérent ;
- Assurer la mise à jour permanente de la base de données, sous la responsabilité du gestionnaire ;
- Effectuer les relevés d'auscultation nécessaires au diagnostic annuel du réseau, à la demande du gestionnaire ;
- Agir comme interface entre le gestionnaire et les usagers à travers un mécanisme de vérification et de suivi des plaintes sur le niveau de service ainsi que des accidents liés à la condition de la chaussée, etc.

Les informations recueillies et colligées par l'équipe de surveillance du réseau de chaussées permettent de déterminer le « rendement » de la chaussée. L'historique de l'état de chaque section de chaussée peut être représenté sur un graphique qui devient la « courbe de rendement de la chaussée ». Ce rendement de la chaussée peut être comparé aux règlements et exigences techniques et devenir un intrant du plan de gestion pour l'entretien et le maintien des chaussées.

6. CONCLUSION

L'entretien des chaussées permet d'économiser à long terme et d'offrir une meilleure qualité de chaussée tout au long de sa durée de vie et répondant aux attentes des usagers. Ce guide a pour but de fournir aux gestionnaires des outils pour développer et mettre en place un système de gestion de l'entretien des chaussées municipales. La mise en place d'un système d'entretien des chaussées municipales comprend essentiellement trois phases, à savoir la phase de diagnostic, la phase de programmation-planification et enfin la phase de réalisation des travaux et de mise à jour des données.

L'entretien des chaussées municipales comporte l'ensemble des interventions usuelles ou courantes et l'entretien préventif. Pour que les travaux d'entretien des chaussées municipales puissent se faire au bon endroit, au bon moment, avec la meilleure méthode et conformément aux règles de l'art, il est important de suivre certaines étapes clés pour arriver à un bon résultat.

Les travaux d'entretien courant et préventif des chaussées municipales sont planifiés selon le modèle suivant :

- inventaire de l'existant, diagnostic et détermination de l'état des chaussées. Il s'agit en fait de faire l'état des lieux ;
- prédiction de la performance par définition du niveau de service cible ;
- identification des traitements potentiels correspondant à chaque type de dégradation ;
- planification de l'entretien par priorisation des traitements et élaboration d'un plan d'intervention ;
- surveillance, évaluation des interventions d'entretien et mise à jour de la base de données.

7. GLOSSAIRE

Cette section définit la terminologie utilisée et nécessaire à une meilleure compréhension du guide.

ACCV

Analyse de coût sur le cycle de vie.

Adhérence

Qualité d'un revêtement de chaussée, évaluée par la mesure du coefficient de frottement transversal ou longitudinal. L'adhérence, par opposition à la glissance, contribue à une bonne tenue de route du véhicule et à l'efficacité du freinage.

Auscultation

Examen de l'état d'une chaussée pour un diagnostic approfondi avant traitement éventuel.

Capacité portante

Aptitude de la chaussée à répartir et à supporter les charges des véhicules lourds sur l'infrastructure sous-jacente.

Chaussée

Partie d'une route réservée à la circulation des véhicules.

Chaussée municipale

Chaussée sous la responsabilité d'une municipalité ou d'une ville. Cette chaussée est parfois bordée par des trottoirs et des bordures.

Confort au roulement

Qualité de roulement ressentie par les usagers d'une chaussée.

Cote d'état

Mesure du niveau de détérioration de la chaussée évaluée par différents facteurs comme le confort au roulement, la capacité structurale, la dégradation de surface.

Déflexion

Elle caractérise la mesure de la déformation élastique verticale sous une charge.

Dégradation

Domage sur la chaussée, provoqué par l'action des sollicitations du trafic et des conditions climatiques.

Diagnostic

Examen et analyse de l'état ou de la situation d'une chaussée jugée critique, dans le but d'en préciser les facteurs déterminants et d'instaurer les correctifs appropriés.

DJMA

Débit journalier moyen annuel du trafic représentant la moyenne journalière de l'ensemble du trafic comptabilisé sur une route.

ÉCAS

Équivalent de charge axiale simple.

Enrobé

Mélange de granulats et de liant bitumineux.

Module de surface (E_0)

Ou Module d'élasticité : le rapport établi, dans le sens de la longueur, entre la variation de la contrainte et la variation de la déformation lorsqu'un matériau est soumis à des efforts de traction ou de compression.

Performance

Mesure de l'évolution dans le temps du comportement d'une chaussée ou de l'une de ses composantes. Le comportement de la chaussée est exprimé en fonction de sa réponse dans le temps aux critères retenus par rapport à l'utilisateur (sécurité, confort, capacité, économie, etc.).

Seuil

Gravité des dégradations à partir de laquelle des considérations techniques et économiques rendent nécessaire la mise en œuvre d'une intervention.

Sévérité

Stade d'évolution d'une dégradation. Trois niveaux de sévérité sont généralement utilisés : faible, qui désigne le stade initial de la dégradation ; moyen, où la dégradation est facilement perceptible et continue ; majeur, où la dégradation est accentuée et affecte significativement la fonction de la chaussée.

Structure de chaussée

Ensemble des couches de matériaux mis en place sur le sol d'infrastructure et destiné à assurer la répartition et la descente des charges du trafic.

Uni

Qualité de la surface d'un revêtement reflétant la présence de déformations transversales, d'ondulations longitudinales et d'autres types de dégradations qui affectent le confort au roulement des usagers.

8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CERIU. 2004. Sondage sur la voirie urbaine du Québec
- CERIU. 2004. Classeur chaussées : techniques d'auscultation
- CERTU. 2005. Matériels et méthode d'auscultation des chaussées urbaines, France
- CERTU. 2005. Voirie urbaine : le petit entretien curatif, France.
- Conseil général de Loire Atlantique. 2002. Les revêtements de chaussées : guide méthodologique d'entretien, France
- Dr. Stephen Arhin, Dr. Errol C. Noel, Mr. Mesfin Lakew. 2009. Exploratory investigation of approach IRI thresholds for roads in dense urban areas : a case study in the District of Columbia, TRB 2009 Annual meeting
- Educaloi. L'entretien des voies publiques (en ligne)
www.educaloi.qc.ca/loi/citoyens/128/ (consulté le 14 novembre 2009)
- Haas, R. et coll.1994. Modern Pavement Management, Press, Malamar, Florida, 583 p.
- Infraguide. 2002. Entretien préventif en temps opportun des routes municipales : guide d'introduction. Chaussées et trottoirs, numéro 1
- Infraguide. 2003. Processus de planification des priorités et de budgétisation relatif à l'entretien ou à la réhabilitation des chaussées. Chaussées et trottoirs, numéro 6
- Jean-Claude Turtschy. 1999. Entretien des chaussées. Lausanne
- MAMROT, ville de Laval et CERIU. 2006. Rapport final, Devis à obligation de performance dans les contrats municipaux
- MAMROT. Aménagement et gestion du territoire : Le contrôle de la circulation et des autres activités sur les voies de circulation (en ligne)
www.mamrot.gouv.qc.ca/amenagement/outils/amen_outi_regl_cont.asp
(consulté le 18 janvier 2010)
- Ministère des transports-SETRA-LCPC. 1979. Entretien préventif du réseau routier national : guide technique, France
- Minnesota Technology Transfer Center-LTAP Program. 2000. Best practices handbook on asphalt pavement (en ligne)
www.pavementpreservation.org/library/getfile.php?journal_id=351
(consulté le 11 janvier 2010)
- MTQ. 2007. Normes ouvrages routiers : Tome VI : Entretien. Les Publications du Québec

- MTQ. 2007. Normes ouvrages routiers : Tome VII : Matériaux. Les Publications du Québec
- MTQ. Véhicule multifonction : diagnostic réseau – IRI-ornières-fissuration, Publications MTQ (en ligne)
www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/Librairie/Publications/fr/reseau_routier/zone_fournisseurs/chaussees/chaussees_quebec/6_diagnostic_orniere.pdf
(consulté le 12 novembre 2009)
- MTQ/AQTR/CERIU/AIMQ/Villes de Montréal, Saint-Hyacinthe et Verdun/GIE Technologies/CRCAC/LVM-Technisol. 2002. Manuel d'identification des dégradations des chaussées flexibles
- Pavement Interactive. Limiting deflection – Asphalt Institute (en ligne)
http://pavementinteractive.org/index.php?title=Limiting_Deflection_-_Asphalt_Institute (consulté le 13 novembre 2009)
- Robert Millette. 2007-2008. Gestion des infrastructures municipales au Québec. Rapport annuel AIMQ

ANNEXES

ANNEXE 1 – Tableau synoptique des dégradations des chaussées municipales

(Source : Manuel d'identification des dégradations des chaussées flexibles, MTQ, 2002.)

Dégradations	Niveaux de sévérité		
	Faible	Moyen	Majeur
Fissurations			
Fissure transversale	Simple et intermittente, bords francs, ouverture < 5 mm	Continue simple ou multiple, bords érodés, ouverture 5-20 mm	Multiple, bords affaissés et érodés, ouverture > 20 mm
Fissure longitudinale (en piste de roue)	Simple et intermittente, bords francs, ouverture < 5 mm	Continue simple ou multiple, bords érodés, ouverture 5-20 mm	Multiple, bords affaissés et érodés, ouverture > 20 mm
Fissure longitudinale hors piste de roue	Simple et intermittente, bords francs, ouverture < 5 mm	Continue simple ou multiple, bords érodés, ouverture 5-20 mm	Multiple, bords affaissés et érodés, ouverture > 20 mm
Fissure de gel (lézarde)	Simple et intermittente, bords francs, ouverture < 10 mm	Continue simple ou multiple, bords érodés, ouverture 10-25 mm	Multiple, bords affaissés et érodés, ouverture > 25 mm
Carrelage	Simple aux bords francs, maillage en formation	Maillage bien formé de fissures simples aux bords un peu érodés	Maillage serré et bien formé de fissures simples aux bords érodés
Fissure de rive	Simple et intermittente, bords francs, ouverture < 5 mm	Continue simple ou multiple, bords érodés, ouverture 5-20 mm	Multiple, bords affaissés et érodés, ouverture > 20 mm
Déformations de la surface et défauts de l'enrobé			
Ornière à faible rayon	Hauteur $h \leq 10$ mm	$10 < h \leq 20$ mm	$h > 20$ mm
Ornière à grand rayon	Hauteur $h \leq 10$ mm	$10 < h \leq 20$ mm	$h > 20$ mm
Affaissement	Hauteur $h \leq 20$ mm	$20 < h \leq 40$ mm	$h > 40$ mm
Soulèvement différentiel	Hauteur $h \leq 50$ mm	$50 < h \leq 100$ mm	$h > 100$ mm
Désordre du profil	Hauteur $h \leq 20$ mm	$20 < h \leq 40$ mm	$h > 40$ mm
Désenrobage et arrachement	Peu apparent, 25 % de la surface affectée	Apparent, 50 % de la surface affectée	Très apparent, la majorité de la surface affectée
Ressuage	Intermittent et moins de 25 % de la surface dans les pistes de roue est affectée	Continu et moins de 50 % de la surface dans les pistes de roue est affectée	Continu, 100 % de la surface dans les pistes de roue est affectée
Pelade	Surface $\leq 0,5$ m ²	$0,5 < \text{Surface} \leq 1,0$ m ²	Surface $> 1,0$ m ²
Nid-de-poule	Diamètre ≤ 200 mm	$200 < \text{Diamètre} \leq 300$ mm	Diamètre > 300 mm
Autres dégradations spécifiques			
Dénivellation autour des regards et puisards	Hauteur $h \leq 20$ mm	$20 < h \leq 40$ mm	$h > 40$ mm
Fissuration autour des regards et puisards	Simple et intermittente, bords francs, ouverture < 5 mm	Continue simple ou multiple, bords érodés, ouverture 5-20 mm	Multiple, bords affaissés et érodés, ouverture > 20 mm
Coupe et tranchée	Hauteur $h \leq 20$ mm	$20 < h \leq 40$ mm	$h > 40$ mm

ANNEXE 2 – Causes et solutions des dégradations des chaussées municipales

(Adapté de « Voirie urbaine : le petit entretien curatif, Certu-France, 2005 » et

« Manuel d'identification des dégradations des chaussées flexibles MTQ/AQTR/CERIU/AIMQ/Villes de Montréal, Saint-Hyacinthe et Verdun/GIE Technologies/CRCAC/LVM-Technisol, 2002 »)

Types de dégradation	Origines et causes probables	Solutions
Fissurations		
Fissures transversales, longitudinales et latérales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Retrait thermique ▪ Vieillessement et fragilisation du revêtement ▪ Remontée de fissures après des travaux de resurfaçage ▪ Joint de construction mal exécuté ▪ Mauvais drainage ▪ Ségrégation de l'enrobé à la pose (ex. : centre de l'épandeur) 	Scellement de fissures et réparation de joints de construction
Fissure thermique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infrastructure gélive et soulèvements différentiels ▪ Comportement gélif différentiel (ex. : transition aux coupes de roc) ▪ Remblai instable ▪ Drainage inadéquat 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Scellement de fissures
Fissure en carrelage (Faïençage)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fatigue ▪ Vieillessement de la chaussée ▪ Capacité portante insuffisante 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emplois partiels*Reconstruction localisée de corps de chaussée ▪ Fraisage et remplacement du revêtement
Déformations de surface		
Ornières	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enrobé à stabilité réduite par temps chaud (ex. : bitume trop mou ou surdosage) ▪ Enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd ▪ Compactage insuffisant des couches granulaires et/ou de l'enrobé lors de la construction ▪ Usure de l'enrobé en surface (abrasion) ▪ Vieillessement (accumulation des déformations permanentes) ▪ Capacité structurale insuffisante de la chaussée ▪ Mauvais drainage des matériaux granulaires de la chaussée (ex. : période de dégel) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fraisage, ▪ Reprofilage et reconstruction localisée de corps de chaussée
Affaissement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manque de support latéral et instabilité du remblai ▪ Présence de matériaux inadéquats ou mal compactés ▪ Zone de déblai argileux ou secteurs marécageux ▪ Affouillement ou assèchement du sol support ▪ Mauvais état des réseaux enterrés 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réparation d'urgence d'affaissement ▪ Reconstruction localisée de corps de chaussée
Soulèvement différentiel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infrastructure gélive, phénomène hivernal récurrent ▪ Matériaux sensibles à l'humidité, phénomène permanent ▪ Nappe phréatique élevée et présence d'eau aux abords de la chaussée ▪ Hétérogénéité des matériaux ou transition inadéquate dans la chaussée 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconstruction localisée de corps de chaussée ▪ Fraisage et reconstruction de la couche de roulement

Types de dégradation	Origines et causes probables	Solutions
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conduites souterraines à faible profondeur 	
Désordre du profil	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Points bas non drainés ▪ Affaissement le long des bordures 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fraisage et reprofilage ▪ Reconstruction localisée de corps de chaussée
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Défauts de l'enrobé et perte du revêtement 		
Désenrobage et arrachement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usure par trafic intense ▪ Sous-dosage du bitume ou mauvais enrobage ▪ Utilisation d'agrégats hydrophiles ou bitumophobes ▪ Compactage insuffisant ▪ Surchauffe ou vieillissement de l'enrobé ▪ Sollicitations accrues en zone de virage et de freinage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emplois partiels * ▪ Reconstruction localisée de corps de chaussée ▪ Fraisage et remplacement du revêtement
Ressuage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Surdosage du bitume ▪ Effet combiné de la température élevée du revêtement et des sollicitations du trafic ▪ Excès de liant d'accrochage ▪ Formulation d'enrobé inadaptée aux sollicitations 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emplois partiels * ▪ Fraisage ▪ Reconstruction localisée de corps de chaussée ▪ Régénération de rugosité
Pelade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mauvaise adhérence de la couche de surface (ex. : manque de liant d'accrochage, incompatibilité chimique, saleté entre les couches) ▪ Épaisseur insuffisante de la couche de surface ▪ Chaussée fortement sollicitée par le trafic 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emplois partiels * ▪ Fraisage et remplacement de la couche de roulement, ▪ Reconstruction localisée de corps de chaussée
Nid-de-poule	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Faiblesse ponctuelle de la fondation ▪ Épaisseur insuffisante du revêtement ▪ Chaussée fortement sollicitée par le trafic lourd 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réparation d'urgence de nid-de-poule ▪ Reconstruction localisée de corps de chaussée
Autres dégradations		
Dénivellation et/ou fissuration autour des regards et puisards	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consolidation ou tassement de la chaussée ▪ Cycles de gel et de dégel ▪ Désagrégation de la cheminée par la saumure ▪ Impacts dynamiques ▪ Perte de matériaux autour de la structure ▪ Diminution de la section du revêtement (ex. : vis-à-vis des regards ou des puisards) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réparation d'urgence des dénivellations ▪ Reconstruction localisée de corps de chaussée et ajustement du niveau des regards et puisards
Coupes et tranchées	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compactage insuffisant des matériaux de remblayage de la tranchée ▪ Hétérogénéité des matériaux (tranchées/chaussées existantes) ▪ Relâchement des contraintes (perte de support latéral dans la tranchée) ▪ Remblayage incomplet sous les bords du revêtement ▪ Manque d'étanchéité du joint de coupe 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réparation d'urgence d'affaissement ▪ Reconstruction localisée de corps de chaussée

* Emploi partiel : technique consistant à réparer très localement (zone restreinte) la couche de roulement de surface en répandant une ou deux couches de liant hydrocarboné et de gravillons. Elle a pour but de bloquer l'évolution et la propagation des dégradations afin de retarder un entretien généralisé ¹²

¹² Les détails de la technique sont disponibles dans : Voirie urbaine : le petit entretien curatif, Certu-France, 2005

ANNEXE 3 – Exemples de systèmes de pondération et de détermination des cotes d'état

Le tableau A3.1 montre l'échelle analytique de pondération pour la comparaison binaire (deux à deux) des indicateurs de performance utilisée dans la technique AHP.

Tableau A3.1 – Échelle de comparaison binaire AHP

Niveaux d'importance pour comparaison binaire	Pondération relative AHP
Importance égale des deux éléments	1
Un élément est un peu plus important que l'autre	3
Un élément est plus important que l'autre	5
Un élément est beaucoup plus important que l'autre	7
Un élément est absolument plus important que l'autre	9

Le tableau A3.2 illustre les niveaux d'importance de chaque indicateur selon la fonctionnalité de la route, alors que le tableau A3.3 établit une correspondance entre les indicateurs de performance et les cotes d'état.

Tableau A3.2 – Cotes d'opportunité par rapport à la classe fonctionnelle de la section auscultée

Classes fonctionnelles (type de route)	Fissuration	Uni	Défauts de surface	Soulèvement différentiel dû au gel	Capacité structurale	Déformations, orniérage
Cul-de-sac	3	5	4	5	5	5
Résidentielle	2	4	3	4	5	5
Résidentielle avec bus	2	3	3	3	3	4
Collectrice résidentielle	1	2	3	3	3	3
Collectrice industrielle	1	2	3	3	2	3
Artère	1	1	1	2	2	2

Adapté du tableau 3 Fonctionnalités Chaussées, Rapport final, Devis à obligation de performance dans les contrats municipaux- Section5, MAMROT-Ville de Laval-CERIU, 2006.

Définition de la cote d'opportunité :

- Très important → 1
- Important → 2
- Modéré → 3
- Faible → 4
- Non applicable → 5

Tableau A3.3 – Correspondance entre indicateurs de performance et les cotes d'état

Indicateurs de performance	Caractéristiques observées	Cote d'état correspondant
Fissuration	Longueur et ouverture de la fissure	État de surface — I_s
Uni	Qualité et confort au roulement	Confort au roulement — I_r
Défauts de surface	Nid-de-poule, plaque de ressuage, pelade, désenrobage, arrachement, dénivellation	État de surface — I_s
Soulèvement différentiel dû au gel	Différentiel d'IRI	Confort au roulement — I_r
Capacité structurale	Déflexion représentative Durée de vie résiduelle	Capacité structurale — I_c
Déformations, orniéage	Profondeur de l'ornièrre	État de surface — I_s

Tableau A3.4 – Cote d'état de surface : pondération des groupes de dégradations

Groupes de dégradations	Fissuration	Défauts de surface	Orniéage et autres déformations
Fonctionnalité			
Artère principale	43 %	43 %	14 %
Collectrice résidentielle et industrielle	70 %	15 %	15 %
Résidentielle	65 %	30 %	5 %
Résidentielle avec bus	65 %	25 %	10 %
Cul-de-sac	65 %	25 %	10 %

Exemple de détermination de la cote d'état de surface pour une rue résidentielle avec bus

Dégradations	Niveau	Cote	Pondération	Cote pondérée
Fissuration	moyen	2,5	0,65	1,62
Défauts de surface	moyen	2	0,25	0,50
Déformations et orniéage	majeur	1	0,10	0,10
Total			1,00	2,22
Cote d'état de surface				2,22 *

Cette valeur traduit un état de surface de la section, pouvant être considéré comme « passable » avec $I_s=2,22$, selon le tableau 4 de la section 3.2.2.

Tableau A3.5 – Système de pondération pour la détermination de la cote agrégée

Fonctionnalité	P_s : Pondération de la cote d'état de surface (I_s)	P_r : Pondération de la cote du confort au roulement (I_r)
Artère principale	65 %	35 %
Collectrice résidentielle	65 %	35 %
Collectrice industrielle	70 %	30 %
Résidentielle	80 %	20 %
Résidentielle avec bus	70 %	30 %
Cul-de-sac	80 %	20 %

Exemple de calcul d'une cote agrégée :

La cote agrégée d'une section i est calculée comme suit : $100 \times I_{gi} = I_{si} \times P_s + I_{ri} \times P_r$

Pour la section évaluée plus haut (résidentielle avec bus), avec la connaissance de deux indicateurs avec une pondération considérée : ($I_s=2,2$; $P_s=70\%$) et ($I_r=3$; $P_r=30\%$), on aura : $I_{gi} = (2,2 \times 70 + 3 \times 30) / 100 = 2,44$.

De cette valeur, la condition globale de la section peut être considérée comme en-dessous de la moyenne soit « passable ou de condition moyenne », selon le tableau 8 de la section 3.3.