

RÉPERTOIRE DES PROJETS

Expérimentation de nouvelles technologies

Travaux d'infrastructures

Canada-Québec

Ce document a été réalisé par la Direction des infrastructures
du ministère des Affaires municipales
avec la collaboration de la Direction des communications

Photographies

Nous désirons remercier les municipalités de Cap-Rouge, de Gatineau, de Lebel-sur-Quévillon et de Saint-Mathieu-de-Beloeil pour nous avoir fourni gracieusement les photographies de la page couverture.

N.D.L.R.

Afin d'alléger le texte de cette publication, toutes les expressions désignant des personnes visent à la fois les femmes et les hommes.

Deuxième édition

Dépôt légal - 4^e trimestre 1998

Bibliothèque nationale du Canada

Bibliothèque nationale du Québec

ISBN 2-550-33802-2

Gouvernement du Québec 1998

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
INFRASTRUCTURES D'AQUEDUC	7
Réfection et réhabilitation	9
Auscultation et diagnostic	31
INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE	49
INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT	71
Réfection et réhabilitation	73
Auscultation et diagnostic	103
INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES	109
INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES	129
Système de traitement des boues	131
Système de traitement du lixiviat	135
INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES	141
Réfection et réhabilitation	143
Auscultation et diagnostic	229
OUVRAGES D'ART	255
Réfection et réhabilitation	257
Auscultation et diagnostic	283
SYSTÈMES DE GESTION DES INFRASTRUCTURES	285

Le programme « Travaux d'infrastructures Canada-Québec » est un programme fédéral-provincial visant à permettre aux municipalités, à la faveur d'une aide financière provenant des gouvernements du Québec et du Canada, de réaliser des travaux de réfection, d'agrandissement ou de construction d'infrastructures et d'expérimentation de nouvelles technologies pour leur réfection, leur diagnostic ou leur gestion.

Un montant totalisant 35 millions de dollars a été réservé pour la réalisation de projets d'expérimentation de nouvelles technologies. Les objectifs visés étaient, d'une part, de permettre aux municipalités d'expérimenter en partenariat avec les chercheurs, les consultants et les fournisseurs, de nouvelles technologies, de nouvelles méthodes ou de nouveaux matériaux tout en limitant le risque financier. D'autre part, les projets d'expérimentation ont offert aux centres de recherche et aux entreprises du Québec une occasion unique de mettre à l'essai de nouveaux produits ou de nouvelles techniques.

Cet aspect du programme « Travaux d'infrastructures Canada-Québec » a suscité un grand intérêt de la part des municipalités et de leurs partenaires; une centaine d'entre elles ont soumis près de 350 projets. Chaque projet a fait l'objet d'une analyse par une équipe de spécialistes du ministère des Affaires municipales, qui s'était assuré la collaboration d'experts. L'évaluation des projets s'est faite selon les critères suivants :

- le potentiel à résoudre un problème;
- l'applicabilité aux municipalités québécoises;
- la performance du procédé ou du produit;
- les retombées techniques, économiques, commerciales;
- le suivi expérimental (objectifs, méthodologie, analyses des résultats, équipe de réalisation);
- l'impact sur le développement de la main-d'oeuvre.

Le programme a permis de reconnaître admissibles à une aide financière près de 150 projets répartis dans 62 municipalités. Tous les projets retenus sont présentés dans ce répertoire. Ils sont répartis en 8 grandes catégories, soit les infrastructures d'aqueduc, les infrastructures pour le traitement de l'eau potable, les infrastructures d'égout, les infrastructures pour le traitement des eaux usées, les infrastructures pour la gestion des matières résiduelles, les infrastructures routières, les ouvrages d'art et les

systèmes de gestion des infrastructures. Une fiche a été élaborée pour chaque projet. Cette fiche contient aussi l'information à jour sur le suivi technique des résultats de l'expérimentation.

L'expérimentation de ces technologies devrait permettre d'améliorer, entre autres, les méthodes de travail, de diminuer les coûts des travaux et de transférer des technologies tout en favorisant l'émergence d'une nouvelle expertise. Cette expertise sera de première importance dans les prochaines années en raison des sommes qui seront investies au regard de la réfection des infrastructures.

L'approche de partenariat (municipalités, chercheurs, consultants, fournisseurs) retenue pour la mise en œuvre et la réalisation des projets d'expérimentation technologique constitue également un élément innovateur. Cette approche doit être encouragée afin de permettre le développement de l'expertise québécoise.

Nous tenons à remercier les experts des ministères de l'Environnement et de la Faune, des Transports et de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie ainsi que de l'Agence de développement économique du Canada pour les régions du Québec pour leur collaboration à la mise en œuvre de ce volet du programme « Travaux d'infrastructures Canada-Québec » qui a été essentielle.

Note aux lecteurs

Le but du présent ouvrage est d'informer les différents intervenants du monde municipal des projets qui font l'objet d'expérimentation dans le contexte du programme « Travaux d'infrastructures Canada-Québec ». L'information contenue dans le Répertoire des projets est issue des documents de présentation ou des rapports d'expérimentation des projets déposés au ministère des Affaires municipales. Ce document ne constitue pas un engagement du Ministère quant à la valeur ou à l'efficacité des technologies expérimentées.

INFRASTRUCTURE D'AQUEDUC

Utilisation de la méthode de blocage Aqua-Stop pour la pose de vannes d'aqueduc

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Gatineau
Responsable technique : Marcel Roy, Ville de Gatineau
Autres intervenants : Société d'aqueduc Aqua-Stop inc., CERIU et le MEF

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

La Ville de Gatineau est préoccupée par la qualité et le maintien des services de distribution de l'eau potable à la population. Toute interruption du service d'aqueduc provoque inévitablement des désagréments aux différents utilisateurs, qu'ils soient domestiques, institutionnels, commerciaux ou industriels. Ces désagréments se traduisent, dans bien des cas, par des coûts réels que les usagers doivent absorber (arrêt de production, modification des heures d'ouverture, implantation de mesures temporaires d'alimentation en eau potable, fermeture d'école, etc.).

DESCRIPTION

Le projet présenté par la Ville de Gatineau consiste en l'installation de vannes sur le réseau d'aqueduc par la Société d'aqueduc Aqua-Stop inc. Le programme d'expérimentation comprend trois objectifs principaux :

- vérifier la praticabilité de la méthode développée par la Société d'aqueduc Aqua-Stop inc.;
- vérifier la versatilité de son utilisation;
- évaluer le rapport entre la valeur des investissements requis et les bénéfices.

Le projet permettra de maintenir le service d'aqueduc fonctionnel durant des travaux de réfection au réseau. Il sera réalisé sur des conduites en fonte grise et ductile d'un diamètre inférieur à 300 mm, et supportant une pression inférieure à 1000 kPa.

La technologie de la Société Aqua-Stop inc. visée dans le présent projet consiste à installer une prise et une vanne à guillotine sur une conduite en charge à l'aide d'une sellette. Un dispositif de blocage est introduit par la prise pour obstruer la conduite. Le raccordement ou le détournement peut alors s'effectuer. Lorsque les travaux sur la conduite sont réalisés, un bouchon d'étanchéité permanent est fixé à la bride de la sellette.

ASPECT INNOVATEUR

Dans la mesure où les résultats seront concluants, la validation et l'homologation de ce nouvel outil offriront aux municipalités du Québec une alternative économique et sécuritaire à l'interruption de service pour la réalisation de travaux d'entretien.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les principales observations sont les suivantes :

L'opération de blocage temporaire a été complétée avec succès et a nécessité moins d'une heure par intervention avant de permettre la tenue des travaux de réhabilitation. Rapide et peu encombrante, l'utilisation de cette technologie a permis à l'entrepreneur général de poursuivre ses travaux sans dérangement. L'encombrement du chantier a été minime. Aucun usager du réseau d'aqueduc n'a été affecté par les travaux et aucune plainte n'a été reçue concernant la qualité de l'eau après le retrait du blocage temporaire. Cependant, la non-disponibilité de certaines pièces en provenance des États-Unis a provoqué un retard dans les travaux de réhabilitation.

La technologie semble prometteuse puisqu'elle est efficace et rapide. Toutefois, l'accueil du milieu est encore mitigé en raison du coût élevé qui lui est associé. En effet, comme son principal avantage est de diminuer les impacts sociaux d'une réparation en milieu urbain, il est difficile de chiffrer les économies attribuables à ce type d'intervention. Cette technique pourrait néanmoins permettre de réduire les coûts globaux reliés à l'entretien d'un réseau d'aqueduc. De plus, comme le prix de cette technologie est associé aux activités de mobilisation et de démobilisation, il y aurait avantage à considérer cette approche dans le cadre d'un programme de réfection planifié, et ce, bien en amont dans le processus de décision.

Par ailleurs, lors de réhabilitations futures de la conduite embrassée par la sellette, il faudra tenir compte de cette dernière, puisqu'elle pourrait constituer un obstacle à l'utilisation de certaines technologies, tel l'éclatement. La technologie Aqua-Stop revêt également un grand intérêt pour des situations d'urgence. Cependant, le temps de réponse de la réhabilitation est lié à la disponibilité locale des appareils et des pièces.

Corrosion interne des réseaux de distribution d'eau : diagnostic et intervention

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Laval
Responsable technique : Luc Lahaie, Ville de Laval
Autres intervenants : La firme Vallée, Lefebvre et associés, l'École Polytechnique, le MEF, l'Université libre de Bruxelles, la Montana State University et la Washington University

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

La corrosion interne des conduites d'aqueduc est un problème important auquel sont confrontées les municipalités. Malheureusement, ce phénomène a été peu étudié jusqu'à maintenant et les façons de réduire ou d'éliminer ses impacts sont mal connues. La corrosion se manifeste par la formation de tubercules sur la paroi interne de la conduite. Elle entraîne ainsi une détérioration des propriétés physiques et hydrauliques des conduites ainsi que de la qualité de l'eau véhiculée. L'instabilité chimique de l'eau, la température, la composition des conduites, les conditions électrochimiques sont des causes possibles de la corrosion interne. La mise au point et l'expérimentation des nouvelles techniques proposées ont pour objectifs :

- l'évaluation des paramètres et des matériaux influençant la corrosion interne;
- la mise au point d'une stratégie de contrôle de la corrosion du réseau.

DESCRIPTION

La Ville de Laval possède un important réseau de distribution et d'alimentation en eau potable, environ 1400 km de conduites, qui est constitué en grande partie de conduites susceptibles de se corroder. Annuellement, la Ville investit beaucoup pour réaliser la réhabilitation, l'entretien et le remplacement des conduites de son réseau d'aqueduc. Elle désire donc acquérir des connaissances sur la corrosion interne des conduites d'aqueduc et faire l'essai de produits chimiques inhibiteurs de la corrosion. L'utilisation de produits inhibiteurs peut permettre un nettoyage des conduites corrodées par la solubilisation des nodules de rouille présents, ou offrir une protection contre la corrosion par la réaction ou le dépôt des produits chimiques sur les parois internes des conduites, prolongeant ainsi la durée de vie utile de ces dernières. Le projet présenté par la Ville de Laval est divisé en quatre étapes :

- conception, installation et mise en route d'appareils servant à mesurer la

corrosivité de l'eau dans différentes conditions et mise au point des méthodes d'analyse;

- détermination sur des unités pilotes des conditions d'expérimentation pour les essais sur réseaux réels;
- expérimentation sur réseaux réels;
- diffusion des résultats.

ASPECT INNOVATEUR

Ce projet a des retombées scientifiques et pratiques importantes. Pour la première fois, le phénomène de la corrosion interne dans les réseaux d'aqueduc est étudié de façon globale. La méthodologie développée vise la mise au point d'outils simples et concrets pour cerner et corriger les problèmes existants et prévenir ainsi la détérioration future des tuyaux.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le projet a démontré que l'ajout d'inhibiteurs de corrosion peut permettre dans certains cas de contrôler la corrosion par l'action des produits chimiques sur les parois internes des conduites. De plus, l'étude a mis en évidence la complexité d'une implantation efficace et optimale d'un programme de contrôle de la corrosion interne. Mentionnons simplement que les cinq étapes essentielles d'un programme se résument comme suit :

1) Définition du problème de corrosion à résoudre

On devra ici caractériser les conditions d'exploitation des secteurs problématiques, comme les conditions d'écoulement et la composition des conduites, en fonction de la qualité initiale de l'eau et des temps de séjour dans le réseau.

2) Sélection d'une stratégie de contrôle de la corrosion

Cette sélection se fera à partir d'essais en becher qui permettront, grâce à la mesure du taux de corrosion par résistance à la polarisation, de déterminer les essais pilotes à réaliser. Les principaux essais pilotes sont réalisés sur des réacteurs annulaires (utilisés dans la présente étude) ou sur des boucles de conduites.

3) Sélection du mode d'implantation

Il est préférable de vérifier l'efficacité de la stratégie de contrôle désignée par des essais à l'intérieur d'un petit secteur d'étude et dans des conditions très bien contrôlées.

4) Implantation de la stratégie de contrôle

5) Vérification de l'efficacité de la stratégie de contrôle

La vérification passe par la mesure de paramètres choisis, la sélection des points de prélèvement et la fréquence d'échantillonnage. Il est important d'observer les concentrations de produits chimiques ajoutés afin d'établir un bilan de consommation et de vérifier l'adsorption ou la précipitation de produit chimique sur les parois internes de la conduite.

Lorsqu'une stratégie appliquée peut résoudre les problèmes de turbidité ou de couleur liée à la présence de fer articulaire, il est nécessaire de mesurer les concentrations de fer total en suspension et de fer dissous en solution. Cela permettra de vérifier si la stratégie inhibe la corrosion ou si la corrosion se poursuit et que le fer en suspension est présent sous forme dissoute moins perceptible. L'eau distribuée a alors une bonne qualité, mais les conduites continuent à se détériorer.

Par ailleurs, la sélection de points situés sur des conduites de diamètre différent et présentant différents temps de séjour permette de vérifier l'efficacité de l'inhibiteur sous divers régimes d'écoulement.

Les travaux de la Ville de Laval et de ses partenaires se poursuivent et font l'objet d'un nouveau projet décrit à la page suivante.

Optimisation des dosages d'inhibiteurs de corrosion dans le réseau

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Laval
 Responsable technique : Luc Lahaie, Ville de Laval
 Autres intervenants : Vallée Lefebvre et associés, École polytechnique de Montréal

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

Au fil des années, les municipalités du Québec ont investi des milliards de dollars pour la construction de réseaux de distribution d'eau potable. Afin d'offrir un service de qualité, elles investissent annuellement plusieurs millions pour effectuer l'entretien, la réhabilitation ou le remplacement des conduites détériorées. Ces infrastructures, pourtant étroitement liées à la qualité de vie et à la santé, sont enfouies dans le sol et leur détérioration, même très grave, n'est pas apparente. Les symptômes les plus souvent apparentés à une détérioration du réseau sont : le mauvais goût de l'eau, la couleur de l'eau, la présence de particules, une forte concentration de métaux, une contamination bactérienne, des fuites d'eau importantes.

Au Québec, les réseaux d'aqueduc sont constitués, dans une très importante proportion, de conduites de fonte ou d'acier, qui sont susceptibles de se corroder. Même si la corrosion interne est actuellement un des principaux problèmes auxquels sont confrontées les municipalités, peu d'études ont été réalisées sur ce sujet. La corrosion se manifeste par la formation de tubercules sur la paroi interne de la conduite. Elle entraîne une détérioration des propriétés physiques et hydrauliques des conduites ainsi que de la qualité de l'eau qu'elles véhiculent. La corrosion interne diminue également la durée de vie utile des conduites. L'instabilité chimique de l'eau, la température, la composition des conduites et les conditions électrochimiques sont des causes possibles de la corrosion interne.

DESCRIPTION

Dans le cadre du volet III du programme « Travaux d'infrastructures Canada-Québec », la Ville de Laval, en collaboration avec l'École polytechnique de Montréal, a réalisé un projet de recherche afin de déterminer les causes de la corrosion, d'évaluer en laboratoire l'efficacité de plusieurs stratégies de contrôle de la corrosion et de tester la stratégie la plus prometteuse à l'échelle réelle. Les conclusions de ce projet ont démontré que l'ajout d'inhibiteurs de corrosion permet de contrôler la corrosion par la vitrification des produits chimiques sur les parois internes des conduites. De plus, cette étude a mis en évidence la complexité d'une implantation efficace et optimale d'un programme de contrôle

de la corrosion interne. Le présent projet porte donc sur l'optimisation d'une méthode de dosage d'inhibiteurs afin de limiter la corrosion et de minimiser ses impacts sur la qualité de l'eau.

Les objectifs de l'étude sur l'implantation d'une stratégie de contrôle de la corrosion sont de restaurer les conduites d'aqueduc en éliminant les dépôts de corrosion accumulés, d'optimiser les stratégies de contrôle (type et concentration d'inhibiteur, localisation des points d'injection, etc.), et de minimiser les impacts sur la qualité de l'eau lors de l'utilisation d'inhibiteurs.

La stratégie d'implantation sera divisée en trois parties : la période de mise en œuvre, la période de formation d'une couche protectrice et la période de maintien.

Lors de la période de mise en œuvre, une stratégie sera élaborée pour éliminer les dépôts de corrosion accumulés. Cette stratégie comprendra des activités de nettoyage mécanique ou chimique, de lessivage du réseau et de dosage d'inhibiteur. Au cours de cette période, les tubercules de rouille déjà présents dans les conduites seront éliminés. La mise en suspension de particules et dépôts peut entraîner des dépassements de normes physico-chimiques et microbiologiques, provoquer des blocages des entrées de services. L'optimisation d'une stratégie d'implantation doit aussi viser une réduction de tous les impacts négatifs, en particulier ceux visant la qualité de l'eau.

À la suite de l'élimination des dépôts de corrosion, la conduite aura retrouvé ses propriétés physiques initiales (diamètre et coefficient de rugosité). Lors de la période suivante, une pellicule protectrice se formera sur la surface interne de la conduite d'aqueduc grâce à l'ajout d'inhibiteurs. Cette courte période sera suivie par la période de maintien qui assurera une protection du réseau de distribution à long terme.

ASPECT INNOVATEUR

Ce projet a des retombées scientifiques et pratiques importantes. Pour la première fois, le phénomène de la corrosion interne dans les réseaux d'aqueduc est étudié de façon globale. La méthodologie développée vise la mise au point d'outils simples et concrets pour cerner et corriger les problèmes existants et ainsi prévenir à la source la détérioration future des tuyaux.

SUIVI OU RÉSULTATS

Programme de suivi à venir. Rédaction d'un rapport sur les stratégies recommandées à la suite de l'expérimentation. À la fin du projet, un programme optimisé de contrôle de la corrosion interne des conduites d'aqueduc sera disponible. Ce programme offrira aux municipalités du Québec une stratégie adaptée à leurs besoins et à leurs moyens.

Réhabilitation d'une conduite d'aqueduc à l'aide de la technique sans tranchée « Sureline Pipe »

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal
Autres intervenants : Rétubec inc. et le Groupe Séguin

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

La méthode traditionnelle de remplacement consiste à excaver la structure endommagée et à en construire une nouvelle. Outre les coûts élevés qu'elle représente, cette solution soulève de nombreux problèmes en milieu urbanisé. Toute interruption ou déviation de la circulation, entraîne des désagréments aux utilisateurs ainsi qu'aux riverains. Ce type d'intervention est difficilement justifiable lorsque la surface de roulement est en bonne condition.

Le réseau d'aqueduc de la ville de Montréal compte 2 290 km de conduites secondaires et l'utilisation de techniques sans tranchée peut s'avérer avantageuse. Actuellement, à Montréal :

- 18 % des conduites secondaires d'eau, soit 412 km, ont plus de 80 ans et ont donc atteint l'âge où leur réhabilitation doit être planifiée;
- 32 % des conduites, soit 733 km, ont entre 40 et 80 ans;
- 50 % des conduites, soit 1 145 km, ont moins de 40 ans.

Les trois quarts des conduites secondaires d'eau à Montréal sont en fonte grise et près du quart sont en fonte ductile, un matériau plus économique et moins sujet à la corrosion qui n'a commencé à être employé que vers 1960. Une infime proportion des conduites est en acier ou en béton.

Le choix des tronçons pour l'expérimentation de nouvelles techniques de réhabilitation a donc été fait en fonction de l'utilisation de la surface ainsi que des besoins à court et moyen terme de la Ville de Montréal. Il est important de mentionner que les autres villes du Québec, dont l'urbanisation date de la même période que celle de Montréal, ont elles aussi des conduites d'eau âgées et construites avec les mêmes matériaux. Elles pourront donc profiter des connaissances qui seront acquises pendant et après la réalisation des travaux.

DESCRIPTION

Les travaux constituant le présent projet consistent en la restauration d'une conduite d'eau d'un diamètre de 200 mm, en fonte grise, et de 300 m de

longueur, posée en 1872. Ce tronçon de conduite est situé sous la rue Wolfe, entre les rues Robin et Ontario. La réfection se fera à l'aide d'une technique innovatrice de réhabilitation sans tranchée. La technique retenue par la Ville de Montréal, pour ce tronçon, est « Sureline Pipe » de Rétubec inc.

ASPECT INNOVATEUR

Cette gaine sans espace annulaire sur les parois du tuyau existant permet au tuyau de fonte d'agir comme deuxième facteur de sécurité, en reprenant les efforts, si une surcharge très importante survenait. Les calculs ISO ont démontré qu'après 50 ans de service et avec un facteur de sécurité de 2 un tuyau de HDPE pouvait retenir 17,3 Pa de pression interne, soit en pratique 34,5 Pa avant qu'il ait déformation du tuyau. Les entrées de services seront électrofusionnées avec une sellette spéciale pour les diamètres sous 100 mm et pour les diamètres supérieurs.

SUIVI OU RÉSULTATS

La technique et les matériaux exclusifs de réhabilitation ont été évalués; incluant les relevés et les analyses de laboratoire requis. Cette activité comporte la présentation de trois rapports d'étape et d'un rapport final ayant des objectifs spécifiques, pour chacun des sites et des techniques à expérimenter. Dans ses travaux, le consultant devra tenir compte des activités de préréhabilitation, d'échantillonnage à l'installation et de postréhabilitation après un an, trois ans et cinq ans.

La méthodologie de suivi proposée vise à montrer tous les facteurs susceptibles d'influer les résultats, les conclusions et les recommandations afférentes. Les facteurs suivants sont pris en compte dans le suivi et l'évaluation du produit, soit les variables externes (conditions géotechniques, hydrogéologiques, etc.), les caractéristiques de la conduite d'accueil, les caractéristiques du produit (technique et matériaux), les conditions d'installation, les facteurs économiques et les facteurs sociaux. Chacun de ces facteurs comprend plusieurs éléments déjà définis et qui sont détaillés dans l'offre de service du Groupe Séguin retenu pour faire le suivi des six projets de réhabilitation d'égout et des trois projets de réhabilitation d'aqueduc.

Réhabilitation d'une conduite d'aqueduc à l'aide de la technique sans tranchée « Formaqua SP »

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Inspectronic inc. et le Groupe Séguin

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

La méthode traditionnelle de remplacement consiste à excaver la structure endommagée et à en construire une nouvelle. Outre les coûts élevés qu'elle représente, cette solution soulève de nombreux problèmes en milieu urbanisé. Toute interruption ou déviation de la circulation, entraîne des désagréments aux utilisateurs ainsi qu'aux riverains. Ce type d'intervention est difficilement justifiable lorsque la surface de roulement est en bonne condition.

Le réseau d'aqueduc de la ville de Montréal compte 2 290 km de conduites secondaires et l'utilisation de techniques sans tranchée peut s'avérer avantageuse. Actuellement, à Montréal :

- 18 % des conduites secondaires d'eau, soit 412 km, ont plus de 80 ans et ont donc atteint l'âge où leur réhabilitation doit être planifiée;
- 32 % des conduites, soit 733 km, ont entre 40 et 80 ans;
- 50 % des conduites, soit 1 145 km, ont moins de 40 ans.

Les trois quarts des conduites secondaires d'eau à Montréal sont en fonte grise et près du quart sont en fonte ductile, un matériau plus économique et moins sujet à la corrosion qui n'a commencé à être employé que vers 1960. Une infime proportion des conduites est en acier ou en béton.

Le choix des tronçons pour l'expérimentation de nouvelles techniques de réhabilitation a donc été fait en fonction de l'utilisation de la surface ainsi que des besoins à court et moyen terme de la Ville de Montréal. Il est important de mentionner que les autres villes du Québec, dont l'urbanisation date de la même période que celle de Montréal, ont elles aussi des conduites d'eau âgées et construites avec les mêmes matériaux. Elles pourront donc profiter des connaissances qui seront acquises pendant et après la réalisation des travaux.

DESCRIPTION

Les travaux du présent projet consistent en la restauration d'une conduite d'eau d'un diamètre de 250 mm, en fonte grise, et de 150 m de longueur, posée en

INFRASTRUCTURES D'AQUEDUC - Réfection et réhabilitation

1869. Ce tronçon de conduite est situé sous la rue Saint-Jacques, entre la Place d'Armes et la rue Saint-Laurent. La technique retenue par la Ville de Montréal, pour ce tronçon, est « Formaqua TU » de Formadrain inc.

ASPECT INNOVATEUR

Un des aspects intéressants de cette technologie est l'utilisation d'une résine de base et de fibres unidirectionnelles. Celles-ci possèdent une capacité structurale suffisante permettant la réhabilitation de conduite à l'aide de cette technique sans tranchée. La Ville de Montréal prévoit aussi faire l'essai de raccords taraudés sous pression.

SUIVI OU RÉSULTATS

La technique et les matériaux exclusifs de réhabilitation ont été évalués; incluant les relevés et analyses de laboratoire requis. Cette activité comporte la présentation de trois rapports d'étape et d'un rapport final ayant des objectifs spécifiques, pour chacun des sites et des techniques à expérimenter. Dans ses travaux, le consultant devra tenir compte des activités de préréhabilitation, d'échantillonnage à l'installation et de postréhabilitation après un an, trois ans et cinq ans.

La méthodologie de suivi proposée vise à montrer tous les facteurs susceptibles d'influer les résultats, les conclusions et les recommandations afférentes. Les facteurs suivants sont pris en compte dans le suivi et l'évaluation du produit, soit les variables externes (conditions géotechniques, hydrogéologiques, etc.), les caractéristiques de la conduite d'accueil, les caractéristiques du produit (technique et matériaux), les conditions d'installation, les facteurs économiques et les facteurs sociaux. Chacun de ces facteurs comprend plusieurs éléments déjà définis et qui sont détaillés dans l'offre de service du Groupe Séguin retenu pour faire le suivi des six projets de réhabilitation d'égout et des trois projets de réhabilitation d'aqueduc.

Réhabilitation d'une conduite d'aqueduc à l'aide de la technique sans tranchée « Grundocrack »

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Rétubec inc. et le Groupe Séguin

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

La méthode traditionnelle de remplacement consiste à excaver la structure endommagée et à en construire une nouvelle. Outre les coûts élevés qu'elle représente, cette solution soulève de nombreux problèmes en milieu urbanisé. Toute interruption ou déviation de la circulation, entraîne des désagréments aux utilisateurs ainsi qu'aux riverains. Ce type d'intervention est difficilement justifiable lorsque la surface de roulement est en bonne condition.

Le réseau d'aqueduc de la ville de Montréal compte 2 290 km de conduites secondaires et l'utilisation de techniques sans tranchée peut s'avérer avantageuse. Actuellement, à Montréal :

- 18 % des conduites secondaires d'eau, soit 412 km, ont plus de 80 ans et ont donc atteint l'âge où leur réhabilitation doit être planifiée;
- 32 % des conduites, soit 733 km, ont entre 40 et 80 ans;
- 50 % des conduites, soit 1 145 km, ont moins de 40 ans.

Les trois quarts des conduites secondaires d'eau à Montréal sont en fonte grise et près du quart sont en fonte ductile, un matériau plus économique et moins sujet à la corrosion qui n'a commencé à être employé que vers 1960. Une infime proportion des conduites est en acier ou en béton.

Le choix des tronçons pour l'expérimentation de nouvelles techniques de réhabilitation a donc été fait en fonction de l'utilisation de la surface ainsi que des besoins à court et moyen terme de la Ville de Montréal. Il est important de mentionner que les autres villes du Québec, dont l'urbanisation date de la même période que celle de Montréal, ont elles aussi des conduites d'eau âgées et construites avec les mêmes matériaux. Elles pourront donc profiter des connaissances qui seront acquises pendant et après la réalisation des travaux.

DESCRIPTION

Les travaux constituant le présent projet consistent en la restauration d'une conduite d'eau d'un diamètre de 300 mm, en fonte grise, et de 435 m de

INFRASTRUCTURES D'AQUEDUC - Réfection et réhabilitation

longueur, posée en 1898. Ce tronçon de conduite est situé sous la rue Sherbrooke, entre la place Léry et la rue Dézéry. La réfection se fera à l'aide d'une technique innovatrice de réhabilitation sans tranchée. La technique retenue par la Ville de Montréal, pour ce tronçon, est l'éclate-tuyau de « Grundocrack ».

La technique « Grundocrack » consiste à éclater la conduite d'eau existante de 300 mm avec un système pneumatique. Ce travail permet d'élargir l'espace occupé par la conduite d'eau de manière à pouvoir insérer une nouvelle conduite de diamètre supérieur ou équivalent. Ainsi, tirée par un treuil à câble, la machine « Grundocrack » remorque directement derrière elle la nouvelle conduite en polyéthylène haute densité (HDPE), laquelle a été préalablement assemblée sur le site à l'aide d'un procédé de jointement par fusion. La conduite subit ensuite l'essai habituel de pression hydrostatique.

ASPECT INNOVATEUR

L'expérimentation d'une nouvelle technique pour la réhabilitation des conduites d'aqueduc soumises aux conditions climatiques du Québec.

SUIVI OU RÉSULTATS

La technique et les matériaux exclusifs de réhabilitation ont été évalués; incluant les relevés et analyses de laboratoire requis. Cette activité comporte la présentation de trois rapports d'étape et d'un rapport final ayant des objectifs spécifiques, pour chacun des sites et des techniques à expérimenter. Dans ses travaux, le consultant devra tenir compte des activités de préréhabilitation, d'échantillonnage à l'installation et de postréhabilitation après un an, trois ans et cinq ans.

La méthodologie de suivi proposée vise à montrer tous les facteurs susceptibles d'influer les résultats, les conclusions et les recommandations afférentes. Les facteurs suivants sont pris en compte dans le suivi et l'évaluation du produit, soit les variables externes (conditions géotechniques, hydrogéologiques, etc.), les caractéristiques de la conduite d'accueil, les caractéristiques du produit (technique et matériaux), les conditions d'installation, les facteurs économiques et les facteurs sociaux. Chacun de ces facteurs comprend plusieurs éléments déjà définis et qui sont détaillés dans l'offre de service du Groupe Séguin retenu pour faire le suivi des six projets de réhabilitation d'égout et des trois projets de réhabilitation d'aqueduc.

Réhabilitation d'une conduite d'aqueduc de grand diamètre

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autres intervenants : Louisbourg, Hyprescon Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris
PROBLÉMATIQUE	L'état actuel des infrastructures d'aqueduc de la métropole oblige à effectuer à court terme des interventions qui s'avèrent très coûteuses. Cet état de fait sollicite l'expertise québécoise afin de mettre au point des techniques de réfection plus économiques. Il y a plusieurs techniques de réhabilitation pour les conduites de petit diamètre. Toutefois, en raison de leur limite structurale, aucune ne peut s'appliquer à des conduites de grand diamètre. Il est donc opportun de favoriser l'expérimentation de techniques innovatrices de réhabilitation sans tranchée, qui permettraient l'augmentation de la durée de vie des conduites de grand diamètre, et ainsi réaliser des économies substantielles par rapport au remplacement conventionnel.
DESCRIPTION	La Ville de Montréal désire expérimenter, en partenariat avec l'entrepreneur en construction Louisbourg, une nouvelle technologie de réhabilitation utilisant des conduites Hyprescon. Cette nouvelle méthode sera mise à l'essai sur un tronçon d'aqueduc de 230 m en acier de type « lock-bar » de 1 220 mm de diamètre. Ce type de conduite est réparti sur environ 20 km du réseau principal de Montréal. Ayant plus de 70 ans, cette conduite présente de nombreuses anomalies, dont des dégradations importantes et de nombreuses perforations. Ce tronçon est d'ailleurs fermé, car les fuites sont trop importantes. Il doit être réhabilité afin d'assurer sa pérennité. Son état de carences structurales et hydrauliques est représentatif de plusieurs conduites importantes de la Ville de Montréal. Cette conduite est située dans un milieu très urbanisé (rue Sherbrooke), ce qui permettra de mieux apprécier une méthode de réhabilitation ne nécessitant pas la fermeture complète de la rue. La technique proposée permettra aussi de limiter de nombreux coûts sociaux causés, entre autres, par l'accès limité aux commerces riverains. Cette nouvelle méthode de réhabilitation consiste en l'insertion à partir de puits d'accès d'une nouvelle conduite en béton-acier dont la conception est réalisée sur mesure en fonction du diamètre et des caractéristiques spécifiques de la conduite d'accueil. Les sections de la nouvelle conduite seront raccordées entre elles par un nouveau système de joints à emboîtement. L'interface entre la nouvelle

conduite et la conduite d'accueil consiste en un coulis de ciment injecté entre elles.

Le résultat attendu est une conduite principale de capacité structurale et hydraulique supérieure à l'originale. Elle aura un diamètre uniforme de 1 050 mm respectant les exigences de la municipalité en rapport avec la capacité hydraulique de la conduite. La nouvelle paroi de la conduite sera lisse et uniforme, ce qui assure une meilleure étanchéité et limite le potentiel d'encrassement de la conduite. La durée de vie de la nouvelle conduite sera comparable à celle des conduites neuves de type Hyprescon. Cette nouvelle méthode de réhabilitation ne s'applique pas de façon ponctuelle mais sur tout le linéaire d'une conduite et dans tous les milieux. Elle permet la réhabilitation des conduites de tous matériaux, d'un diamètre allant de 350 à 2 400 mm. Le présent projet permettra de tester l'application de cette méthode.

Le projet prévoit également un banc d'essai utilisant une autre méthode afin de permettre aux concepteurs de vérifier la faisabilité de sa mise en œuvre. Cette méthode élaborée par la firme Rétubec consiste en l'insertion d'une gaine métallique recouverte d'un revêtement d'époxy. De plus, le projet prévoit une analyse comparative des coûts des différentes méthodes proposées et considérées pour cette expérimentation de réhabilitation d'une conduite de grand diamètre.

ASPECT INNOVATEUR

Aucune méthode de réhabilitation de conduite de grands diamètres n'a été utilisée au Québec. La nouvelle méthode suggérée par Louisbourg et Hyprescon porte à croire qu'elle a un potentiel très prometteur pour la réhabilitation de ce type de conduite. Le concepteur donne d'ailleurs des garanties sur les résultats.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'entrepreneur et le fabricant feront partie de l'équipe de réalisation du projet de concert avec la Ville de Montréal. Cette dernière fera la surveillance des travaux et sera de plus responsable du suivi scientifique. Ce programme d'étude et d'analyse prévoit, entre autres, différents essais dont des tests d'étanchéité et une analyse de coûts. Trois rapports d'étape seront rédigés au cours du suivi. Un rapport final rédigé en collaboration avec le constructeur suivra à la fin du programme de suivi, soit après cinq ans de service. La réalisation du projet sera documentée de façon complète et continue.

Réhabilitation d'une conduite par la technologie Formadrain

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Québec
 Responsable technique : Gilles Gravel, Ville de Québec
 Autres intervenants : Groupe Drainamar, M.D. Engineering, l'Université Laval et les Laboratoires des plastiques de Bellechasse

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Contrairement aux conduites d'égout qui peuvent être réhabilitées *in situ* sans excavation, les conduites d'aqueduc requièrent l'excavation d'une tranchée. Cette situation entraîne des coûts de réparation des conduites très importants ainsi que des inconvénients non négligeables lors des travaux de réfection. Si une technique adéquate de réhabilitation de conduites d'aqueduc existait, des économies considérables pourraient être réalisées, sans compter les coûts indirects et sociaux qui seraient minimisés.

DESCRIPTION

Le projet consiste à expérimenter la réhabilitation sans tranchée d'une conduite d'aqueduc existante en fonte à partir d'une technologie de mise en forme de composite à l'intérieur de la conduite : la technologie « Formadrain ». La conduite réhabilitée, d'un diamètre de 300 mm et d'une longueur de 300 m, est située sur le boulevard Saint-Jacques, dans le secteur Des Rivières. Les étapes de l'expérimentation se détaillent comme suit :

- étape 1 - sélection du composite approprié de mise en forme (polymère et armature);
- étape 2 - réhabilitation d'une section pilote;
- étape 3 - réhabilitation *in situ*;
- étape 4 - caractérisation et suivi du projet sur trois ans;
- étape 5 - analyse des résultats et rapport final incluant le suivi d'une période de trois ans.

La technologie « Formadrain » permet d'effectuer la réfection des conduites d'aqueduc indépendamment de leur diamètre et de la longueur de la réparation. La technologie développée consiste essentiellement à imprégner, à l'aide d'une résine polymérisée, un tressé de verre ou de carbone qui est enroulé sur un tube pneumatique d'une longueur correspondant à la réhabilitation à effectuer. Ce tube pneumatique est glissé à l'intérieur de la conduite par une voie d'accès et est gonflé de vapeur saturée afin de permettre au tissu imprégné d'être compressé directement sur les parois de la conduite à réparer.

Par l'effet de la chaleur, la polymérisation de la résine s'effectue et gélifie l'ensemble sur la paroi intérieure de la conduite. Cette étape terminée, le tube pneumatique est refroidi afin de permettre son dégonflement et d'assurer le démoulage de la membrane composite.

ASPECT INNOVATEUR

Il s'agit d'une méthode de réhabilitation sans tranchée qui permettra d'assurer le maintien à long terme de la capacité structurale des conduites d'aqueduc.

SUIVI OU RÉSULTATS

Un suivi sur une période de trois années sera effectué. Une analyse du revêtement « Formaqua » sera effectuée par échantillonnage de la conduite. Un puits d'accès sera aménagé pour permettre de retirer en tout temps une courte section de la conduite et de faire les analyses en laboratoire. Cette approche permettra d'effectuer des vérifications bactériologiques et de vérifier le comportement global de la conduite réhabilitée. Des sections témoins de conduites en CPV et en fonte recouverte de béton seront également installées pour comparer les résultats.

Année 1 : caractérisation de la conduite existante et inspection télévisée du revêtement « Formaqua »;

Année 2 : prélèvement d'échantillons du revêtement « Formaqua », du CPV et de la fonte et analyses en laboratoire (bactériologique et physico-mécanique);

Année 3 : prélèvement d'échantillons du revêtement « Formaqua », du CPV et de la fonte et analyses en laboratoire (bactériologique et physico-mécanique).

À ce jour, les résultats obtenus révèlent que des difficultés concernant le nettoyage des raccords de bornes-fontaines et des collecteurs secondaires ont été rencontrées. Dans le futur, il sera donc essentiel que le sous-traitant effectuant le nettoyage de la conduite puisse démontrer sa capacité d'exécuter de tels travaux selon les exigences du projet.

De plus, l'intervention de mise en place de la membrane de réhabilitation d'aqueduc a été problématique au point de contraindre les autorités à interrompre les activités de réhabilitation de la conduite afin d'améliorer plutôt la technique.

Par ailleurs, un rapport final contenant l'analyse de l'ensemble du projet sera présenté à la fin de celui-ci.

Réhabilitation d'une conduite d'aqueduc sans tranchée - technologie composite résine-armature

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Québec Responsable technique : Gilles Gravel, Ville de Québec Autres intervenants : M.D. Consultants et l'Université Laval Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris
PROBLÉMATIQUE	Les techniques de réhabilitation de conduites sans tranchée s'appliquent actuellement surtout aux conduites d'égout. L'absence d'une technique adéquate de réhabilitation sans tranchée pour les conduites d'aqueduc entraîne donc des coûts de réparation très importants ainsi que des inconvénients non négligeables lors des travaux de réfection.
DESCRIPTION	La réalisation de ce projet de démonstration vise à évaluer l'applicabilité d'un composite résine-armature pour la réhabilitation sans tranchée d'une conduite d'aqueduc. Les deux objectifs du projet d'expérimentation sont : - valider une technique de nettoyage des conduites à réhabiliter conforme aux exigences et contraintes physico-chimiques demandées; - valider une technologie de mise en forme d'une conduite d'aqueduc hors-terre et <i>in situ</i>. La technologie retenue pour ce projet consiste essentiellement à imprégner, à l'aide d'une résine polymérisée, un tressé de verre ou de carbone qui est enroulé sur un tube pneumatique d'une longueur correspondant à la réhabilitation à effectuer. Ce tube pneumatique est glissé à l'intérieur de la conduite par une voie d'accès et est gonflé de vapeur saturée afin de permettre au tissu imprégné d'être compressé directement sur les parois de la conduite à réparer. Par l'effet de la chaleur, la polymérisation de la résine s'effectue et gélifie l'ensemble sur la paroi intérieure de la conduite. Cette étape terminée, le tube pneumatique est refroidi afin de permettre son dégonflement et d'assurer un démoulage de la membrane composite. La conduite d'aqueduc à réhabiliter est située sous la rue Jackson, sur le site du dépôt à neige de la rue Jonquière. Elle a un diamètre de 200 mm et une longueur de 200 m. Les étapes du projet sont les suivantes :

INFRASTRUCTURES D'AQUEDUC - Réfection et réhabilitation

étape 1 - validation d'une technologie de nettoyage de conduite;
étape 2 - réhabilitation d'une section pilote hors terre;
étape 3 - réhabilitation *in situ*;
étape 4 - analyse des résultats et rapport final.

ASPECT INNOVATEUR

Il s'agit d'une technologie de réhabilitation sans tranchée des conduites d'aqueduc qui permet un contrôle à long terme des éléments structuraux, de l'étanchéité et de la capacité hydraulique.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le suivi expérimental comprendra une analyse de l'ensemble du projet. Il s'appliquera à chacune des trois premières étapes du projet pour lesquelles des rapports d'étape seront rédigés. Au terme des travaux, un rapport final présentant l'analyse de l'ensemble du projet sera déposé. L'expérimentation permettra notamment d'obtenir des informations sur les paramètres suivants.

1. Réhabilitation d'une section pilote :

- joints, embranchements, connexions;
- observations, discussion scientifique, résultat, ingénierie.

2. Nettoyage et réhabilitation *in situ* :

- protocole de réalisation des travaux, travaux d'insertion, tests de pressurisation, inspection finale;
- contrôle bactériologique et physico-mécanique.

3. Élaboration des exigences de contrôle de qualité :

- normes, outillage;
- recommandations.

Réhabilitation sans tranchée d'une conduite d'aqueduc par le procédé RIC Liner

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Sorel
 Responsable technique : Mario Lazure, Ville de Sorel
 Autres intervenants : CIMA+, Sanexen Technologies et le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU)

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

L'état actuel de plusieurs infrastructures souterraines d'égout et d'aqueduc obligera les municipalités à effectuer à court terme des interventions coûteuses. Ce fait sollicite l'expertise québécoise afin de mettre au point des techniques de réhabilitation plus économiques. Dans le passé, plusieurs techniques ont été utilisées avec plus ou moins de succès. Toutefois, sur le marché québécois, il existe très peu de techniques de réhabilitation de conduites d'aqueduc qui soient efficaces, fiables et économiques.

La conduite à réhabiliter dans le cadre du présent projet est enfouie à une profondeur de 3,5 m, ce qui aurait pour effet de compliquer et d'accroître les coûts d'une intervention de réhabilitation conventionnelle nécessitant des excavations dans un milieu urbanisé qui s'en trouverait perturbé. De plus, la chaussée, les trottoirs de même que les branchements de service sont en bon état. L'emploi d'une technique de réhabilitation sans tranchée permettra donc de limiter les coûts élevés causés, entre autres, par l'accès limité aux commerces riverains.

DESCRIPTION

Le projet vise l'expérimentation de la technologie de réhabilitation structurale et hydraulique RIC Liner. La conduite est située sous le boulevard Couillard-des-Près, près du mail central. Le tronçon à réhabiliter a une longueur totale de 340 m, soit la distance entre deux vannes. La conduite de 200 mm de diamètre est en fonte grise.

Sommairement, la technologie RIC Liner consiste en l'insertion d'une membrane composite structurale et anticorrosion préimprégnée d'une résine époxy calibrée et déployée sur un moule souple. Le moule est gonflé hydrauliquement jusqu'à ce qu'il remplisse la canalisation à réhabiliter. La pression et la température du moule sont contrôlées et maintenues durant toute l'opération de cuisson au moyen d'un système de circulation d'eau chaude. Après une polymérisation et un durcissement appropriés, la membrane devient alors le revêtement RIC Liner.

La couche externe de la membrane est composée d'une feuille anticontaminante en polyéthylène qui sert de moulage au composite sur la conduite. Cette couche protège également la membrane durant son insertion et empêche toute contamination. Le noyau interne de la membrane est composé de couches successives de fibre de verre tissées et imprégnées de résine d'époxy. Pour sa part, la couche interne est en polyester et est principalement utilisée pour augmenter la résistance de la résine et assurer une surface d'écoulement adéquate.

Cette opération permet d'obtenir une canalisation de capacité structurale et hydraulique supérieure à l'originale. La nouvelle paroi de la conduite est lisse et uniforme, ce qui assure une meilleure étanchéité et limite le potentiel d'encrassement de la conduite. Cette méthode s'applique de façon ponctuelle ou sur toute la longueur de la conduite, et ce, dans tous les milieux. En effet, elle permet la réhabilitation des conduites en grès, en béton, en maçonnerie de briques, en argile ou autres, d'un diamètre allant de 75 mm à 900 mm, qu'elles soient rondes ou ovales.

ASPECT INNOVATEUR

La méthode a déjà été utilisée de façon ponctuelle, mais jamais dans le cadre d'une expérimentation suivie. Le procédé a été élaboré au Québec. La réalisation de ce banc d'essai permettra de démontrer son efficacité en tant que technique de réhabilitation sans tranchée si les résultats sont concluants. Ce produit entièrement québécois permettra le développement d'une expérience québécoise dans un domaine qui répond à une demande de la part de plusieurs municipalités du Québec et d'ailleurs.

SUIVI OU RÉSULTATS

Sanexen Technologies, le concepteur de la méthode, fera partie de l'équipe de réalisation du projet de concert avec la firme CIMA+. Le CERIU s'ajoutera à l'équipe pour le suivi scientifique. Le programme d'étude et d'analyse comprend des prélèvements et la réalisation de différents essais pour évaluer l'efficacité de cette technique de réhabilitation. Un rapport d'étape sera rédigé après la réhabilitation et un rapport final suivra après un an de service. Le CERIU assurera l'analyse du projet et la rédaction de ces rapports.

Expérimentation d'une sonde à induction électromagnétique

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalités : Brossard, Dollard-des-Ormeaux, Gatineau et Pierrefonds
 Responsable technique : Sera repris pour chaque municipalité
 Autres intervenants : Russell Technologies inc., Correng inc. et le Groupe Séguin

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

Afin de planifier adéquatement les interventions, il est essentiel de bien connaître l'état des conduites. Pour prendre une décision sur le choix d'une méthode de réhabilitation, le gestionnaire de réseau peut évidemment décider de faire des fouilles afin de vérifier visuellement l'état de la conduite. Ces vérifications sont cependant très coûteuses et ne sont souvent que peu représentatives de l'état général de la conduite, car il peut varier fortement sur une distance de quelques mètres. Par conséquent, l'utilisation d'une méthode d'auscultation serait avantageuse. Présentement, il n'y a pas de méthode d'auscultation en continu utilisée commercialement au Québec pour les réseaux d'aqueduc.

DESCRIPTION

Ce projet regroupe quatre municipalités, soit Brossard, Dollard-des-Ormeaux, Gatineau et Pierrefonds. Les travaux faisant l'objet de ces projets ont trait à l'auscultation d'environ 1 000 m de conduites d'aqueduc, dans chacune des quatre municipalités participantes, à l'aide d'une technologie de pointe utilisant une sonde à induction électromagnétique pour évaluer l'état des conduites. Il s'agit donc d'un projet d'expérimentation d'une nouvelle technologie dans le secteur de l'établissement du diagnostic de l'état d'une infrastructure d'aqueduc.

La sonde à induction électromagnétique est une technique non destructive et elle sert à tester les conduites d'aqueduc. Cette technologie offre la possibilité de faire l'inspection interne des conduites et de détecter la graphitisation. L'appareil est sensible aux imperfections et défauts externes et internes de la conduite. Les résultats ne sont pas influencés par la présence d'un revêtement interne de mortier ou par des tubercules. Le contact direct entre la bobine émettrice et la paroi de la conduite n'est pas nécessaire. La technique est relativement rapide d'application, pouvant aller jusqu'à 10 m par minute, et une vitesse constante n'est pas une nécessité.

INFRASTRUCTURES D'AQUEDUC - Auscultation et diagnostic

ASPECT INNOVATEUR

L'auscultation par la sonde électromagnétique combinée à la détermination de l'index de corrosion donnera une image précise de l'état de la conduite et de son environnement. Cela procurera au gestionnaire de réseaux d'aqueduc, un nouvel outil d'aide à la prise de décision à l'égard de l'entretien, de la réhabilitation et du remplacement de conduites d'aqueduc.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les résultats de la validation de l'inspection des conduites de réseaux de distribution d'eau réalisée sur les 14 échantillons des villes de Brossard, Dollard-des-Ormeaux, Gatineau et Pierrefonds confirment la qualité des informations recueillies avec l'aide de l'Hydroscope 201. Ce dernier a détecté :

- les pertes de métal dont le volume est supérieur à 3 000 mm³;
- la mesure de l'épaisseur résiduelle présente une précision acceptable de ± 10 %;
- des pertes importantes de métal, mais ne peut pas détecter certaines perforations complètes de la conduite lorsqu'elles présentent un volume insuffisant de métal perdu;
- l'Hydroscope 201 n'est pas en mesure de localiser les entrées de service;
- l'appareil perd de sa précision près des extrémités ouvertes des conduites, situation que l'on rencontre cependant, jamais dans un réseau en service. Si l'on ne tient pas compte de ces effets, l'Hydroscope 201 a détecté correctement tous les défauts correspondant à moins de 26 % de paroi résiduelle;
- avec le développement actuel de la technique et de l'appareil d'auscultation, il est impossible de faire la différence entre une fuite non détectée et une fuite réparée;
- les coûts élevés des travaux d'auscultation avec l'Hydroscope 201 peuvent restreindre son emploi;
- l'Hydroscope 201 nécessite un nettoyage préalable des conduites de torpilles, ce qui peut causer des problèmes d'eau rouillée pour les citoyens;

En conclusion, l'Hydroscope 201 s'ajoute aux outils d'auscultation existants pour les petits diamètres (6" et 8") et a l'avantage d'être non destructif.

Responsables techniques : Claude Juillet (Brossard)
Serge Campanelli (Dollard-des-Ormeaux)
Marcel Roy (Gatineau)
Claude Lachance (Pierrefonds)

Instrumentation, suivi et analyse du comportement d'une conduite d'aqueduc

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Gatineau
 Responsable technique : Marcel Roy, Ville de Gatineau
 Autres intervenants : Le Conseil national de recherches Canada (CNRC)

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

Les municipalités qui possèdent un réseau d'aqueduc complètement ou partiellement constitué de fonte ductile peuvent connaître des problèmes de gel des conduites en périodes hivernales ou de bris fréquents reliés à la corrosion de la fonte. Cette expérimentation permettra de recueillir de nombreux renseignements nécessaires à une meilleure compréhension de l'interaction entre les différents types de remblais, les cycles de gel-dégel, la sollicitation par le trafic et les forces s'exerçant sur la conduite.

DESCRIPTION

Le projet, présenté par la Ville de Gatineau, consiste à examiner les techniques de diagnostic non destructives existantes permettant de déterminer l'étendue de la corrosion et l'ampleur des forces agissant sur les conduites. L'objectif à long terme est de combiner les connaissances concernant le degré de corrosion et les forces agissant sur une section de conduite afin de pouvoir estimer la durée de vie utile restante.

Ce projet se divise en deux étapes. La première consiste en l'auscultation d'une conduite de fonte ductile, la seconde comporte l'instrumentation, le suivi et l'analyse du comportement d'un tronçon d'une longueur de vingt mètres de conduite d'aqueduc. Deux méthodes d'auscultation seront utilisées : une de type géophysique et l'autre basée sur le potentiel électrique. Dans la seconde partie, on évaluera deux types de méthodes pour remblayer les conduites. Le remblaiement se fera soit avec du matériel d'excavation, soit avec du matériel de remblai granulaire conventionnel.

ASPECT INNOVATEUR

L'information résultante de ce projet pourra servir à l'établissement de nouvelles normes de construction et, si les résultats concluent que des méthodes plus simples de remblai sont aussi efficaces que les méthodes actuellement utilisées, des économies pourraient découler de cette expérimentation.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le rapport final présente certaines observations découlant de la réalisation des deux étapes du présent projet d'expérimentation.

Les résultats obtenus indiquent que l'hydroscope 201^{MC} qui a été utilisé comme instrument d'auscultation a repéré avec succès les volumes de perte de paroi supérieurs à 3 000 mm³, seuls ou en groupe. Un seul défaut de cette dimension n'a pas été décelé par l'appareil. Par ailleurs, celui-ci n'a pas détecté les défauts de plus petites dimensions et n'a pu reconnaître correctement la plupart des branchements. En effet, six des neuf branchements ont été repérés, mais trois d'entre eux ont été assimilés à des défauts. De plus, les résultats révèlent que l'hydroscope 201^{MC} est plus apte à repérer les zones présentant un amincissement important de la paroi qu'à détecter les trous qui s'y trouvent.

La seconde partie de l'expérimentation révèle que l'intensité des contraintes résiduelles dans le sol à la suite du compactage du terrain diffère en fonction du type de remblai. Le compactage intensif du terrain de fondation a engendré une pression résiduelle élevée dans la section où un sol granulaire grossier a été utilisé comme remblai, tandis que cette pression était plus faible lorsque le remblai était constitué du mélange de sable et d'argile d'origine. Le compactage de la couche d'asphalte a engendré une faible pression résiduelle par rapport à celle mesurée après le compactage du terrain de fondation. Cette étude porte à croire qu'il pourrait être pertinent, lors de l'utilisation d'un compacteur lourd, de tenir compte de la pression résiduelle dans les calculs, et ce, en plus des charges externes (statiques et dynamiques) et des charges internes qui sont actuellement considérées dans la norme de conception. Ainsi, les pressions qui sollicitent les conduites souterraines devraient être sérieusement considérées et ce, surtout lorsque ces conduites sont âgées. Dans de tels cas, des bris conséquents au compactage pourraient être observés dans les années suivant la réfection de la chaussée.

Évaluation des besoins municipaux en matière de réfection des conduites d'aqueduc et d'égout pour les 5, 10 et 20 prochaines années

INFORMATION GÉNÉRALE

Organisme : Institut national de la recherche scientifique (INRS)
 Responsables techniques : Jean-Pierre Villeneuve et Pierre J. Hamel de l'INRS

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Étude complétée

PROBLÉMATIQUE

On assume généralement que des investissements importants sont à venir pour la réfection des infrastructures d'eau potable et d'eaux usées, en raison notamment de leur vieillissement. Les études réalisées antérieurement, bien que d'accord pour affirmer que ces infrastructures ont été laissées pour compte depuis des années, présentent toutefois des portraits relativement différents de l'état réel de celles-ci.

Dans ce contexte, il est opportun de se questionner et de faire le point sur l'état structural actuel des infrastructures d'eau afin d'estimer les besoins des municipalités en terme de construction et de réfection de ces infrastructures. Un tel bilan permettra aux différents intervenants d'être mieux à même de planifier et de définir les interventions à réaliser.

DESCRIPTION

Le mandat de l'INRS consistait à évaluer l'état des infrastructures et des besoins en travaux de réfection et de construction pour les municipalités du Québec (depuis la source d'alimentation en eau, jusqu'à son évacuation après épuration) **en excluant toutefois la ville de Montréal**. Une évaluation des besoins correspondants en capitaux à court, moyen et long termes (5, 10 et 20 ans) a également été réalisée. Les objectifs spécifiques de l'évaluation étaient :

- de donner une image réelle de l'état des infrastructures d'eau potable et d'eaux usées à l'échelle du Québec;
- de trouver des indicateurs permettant d'établir des corrélations fiables entre différentes municipalités;
- d'élaborer des modèles de prédiction des besoins en réfection et en construction d'infrastructures d'eau;
- d'évaluer les besoins en capitaux pour la réfection et la construction d'infrastructures d'eau à court, moyen et long termes (5, 10, 20 ans).

Afin d'atteindre ces objectifs, une démarche en deux temps a été proposée. Dans un premier temps, l'INRS-Urbanisation élaborait un questionnaire, ensuite

distribué aux municipalités au Québec. Ce questionnaire aborde un ensemble de points relatifs à l'état structural des réseaux et interroge les gestionnaires sur différents aspects (coûts, besoins, etc.). Les données ainsi recueillies et compilées ont permis d'établir un premier portrait et d'étayer un ensemble de constats de base. Parallèlement à cette première investigation, l'INRS-Eau contactait quelques municipalités mieux pourvues en données sur leurs réseaux d'égout et d'aqueduc et dressait, à la lumière de ces données, un portrait plus fin de la situation.

Cette dernière démarche a permis de développer un modèle original permettant d'estimer l'évolution de l'état structural des réseaux. Ainsi, pour l'aqueduc, ce modèle permet de prédire l'évolution du nombre annuel moyen de bris et pour l'égout le linéaire en mauvais état en fonction du temps. Ainsi différents scénarios de remplacement de conduites peuvent être comparés et leurs impacts sur l'état structural global du réseau estimés.

ASPECT INNOVATEUR

Cette étude a d'abord permis d'améliorer les connaissances sur l'état des infrastructures d'eau des municipalités du Québec. Par ailleurs, un outil unique a été développé qui permet aux gestionnaires d'analyser les données relatives à leurs réseaux et qui leur permet de suivre l'évolution des indicateurs de l'état structural selon les différents scénarios de remplacement envisagés. Enfin, il importe de souligner le fait que deux méthodologies différentes ont été utilisées pour l'estimation de l'état structural et des coûts de réfection des ouvrages souterrains. Ces deux méthodologies, fort différentes, aboutissent à des constats similaires ce qui ne peut qu'en renforcer la portée.

SUIVI OU RÉSULTATS

Il importe de souligner que l'étude a permis de mettre en lumière que, trop souvent, les gestionnaires municipaux des services d'eaux ne disposent pas de données précises et détaillées sur l'état structural de leurs réseaux. Toutefois, l'étude a permis de montrer qu'ils ont tout de même une perception globale très juste de l'état de ce réseau.

L'étude a permis de fournir une image de l'état des infrastructures pour les services d'eaux basé sur la perception des gestionnaires ayant répondu à l'enquête (222 municipalités pour l'aqueduc et 165 pour l'égout) et de l'analyse des données existantes dans les ministères. Dans le cas des ouvrages non souterrains, nous constatons que, dans la majorité des cas, les usines de traitement de l'eau potable rencontrent les normes qualitatives et quantitatives établies. De même, dans le cas des ouvrages d'épuration des eaux usées, les infrastructures mises en place dans les municipalités répondent généralement aux besoins.

Pour les 222 réseaux d'aqueduc considérés, l'analyse révèle que l'âge des conduites n'est pas le seul facteur déterminant leur état. Ainsi ce ne sont pas nécessairement les conduites les plus vieilles qui éprouvent le plus de problèmes. **Bien que l'on puisse dire que l'état actuel des réseaux d'aqueduc est relativement bon, leur futur est, quant à lui, plus préoccupant. Le rythme auquel les municipalités remplacent présentement leurs conduites ne leur permettra vraisemblablement pas d'éviter, à long terme, une dégradation généralisée de leurs réseaux.**

Dans le cas des réseaux d'égout, les résultats de l'enquête auprès des 165 répondants montrent que les réseaux unitaires sont généralement plus anciens, que les réseaux sanitaires sont relativement récents et que les réseaux pluviaux sont plus jeunes. Ceci s'explique entre autres par le fait que la directive 004 du ministère de l'Environnement et de la Faune qui recommande de séparer les eaux sanitaires des eaux pluviales n'est entrée en vigueur que le 25 octobre 1989. Les chercheurs concluent cependant que si l'état actuel des réseaux municipaux d'eaux usées semble relativement bon, leur futur est également préoccupant. **Encore une fois, le rythme auquel les municipalités ayant les réseaux d'égout les plus anciens remplacent présentement leurs conduites ne leur permettra vraisemblablement pas d'éviter à long terme une dégradation généralisée.**

La modélisation mathématique de l'évolution de l'état structural des réseaux d'aqueduc et d'égouts a permis de comparer plusieurs scénarios de remplacement pour chacune des municipalités-témoins. Ces résultats ont ensuite été transposés à l'échelle du Québec. Il a ainsi été possible de montrer que, dans 20 ans, si aucun remplacement n'est effectué et en supposant une croissance nulle du linéaire des réseaux, le nombre de bris annuel moyen devrait croître de 68 % et le linéaire de réseau d'égout en mauvais état devrait atteindre 49 % (il est actuellement estimé à 30 %). Dans le cas où l'on voudrait maintenir sur 20 ans un état structural comparable à l'état actuel, il faudrait remplacer annuellement 1,1 % du linéaire d'aqueduc et 0,6 % du linéaire d'égout.

À partir de données disponibles au Ministère, on constate qu'au total, les municipalités et les organismes intermunicipaux ont investi 4,5 milliards de dollars (constants) dans les conduites d'eau potable et d'eaux usées au cours de la décennie 1986-95, soit 450 millions/année. D'autre part, à la lumière des scénarios de remplacement des conduites souterraines discutés précédemment, les coûts suivants ont été estimés :

- INRS-Eau estime que pour **maintenir sur une période de 20 ans l'état structural** des réseaux municipaux souterrains d'aqueduc et d'égouts, il faudra investir 5,3 milliards de dollars, soit **265 millions/année** sur les conduites existantes;

- INRS-Urbanisation estime qu'une **amélioration de l'état structural des réseaux** municipaux d'eaux soit possible sur 20 ans des investissements de l'ordre de **587 millions/année seraient nécessaires, soit au total 8,8 milliards de dollars.**

Ces deux estimés obtenus sur la base de méthodologie différente sont cohérentes puisque l'un vise à assurer le maintien de l'état structural actuel (premier estimé) alors que l'autre (deuxième estimé) vise une amélioration globale de cet état.

Un logiciel permettant de simuler l'évolution des réseaux d'aqueduc a été remis au Ministère. Toutefois, dans le cas des réseaux d'égout, il n'a pas été possible de concevoir un logiciel étant donné le nombre très limité de données de base.

Finalement, le dernier objectif de l'étude visait à proposer des moyens de diminuer les besoins en capitaux, ainsi qu'à chiffrer des économies potentielles. La mise en place d'outils permettant un suivi des infrastructures ainsi que l'utilisation d'outil de modélisation mathématique permettant une optimisation des interventions ont été identifiés comme moyen d'assurer une meilleure planification des interventions et ainsi permet des économies potentielles à moyen et long termes.

En conclusion, l'étude d'INRS a permis de confirmer que les infrastructures non souterraines sont dans un état satisfaisant alors que l'on constate deux problèmes au niveau des réseaux souterrains : d'une part le peu de données et d'outils disponibles susceptibles d'assurer un suivi de l'état des réseaux et, d'autre part, des investissements nettement insuffisants dans le remplacement et la réhabilitation afin d'éviter une détérioration de l'état structural des réseaux.

Lecture par télémetrie de compteurs d'eau

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalités : Châteauguay, Laval, Longueuil, Mercier et Salaberry-de-Valleyfield
 Responsables techniques : Voir liste à la fin de ce texte
 Autres intervenants : National Télémessure et Stratem inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux en cours

PROBLÉMATIQUE

L'eau douce représente une ressource naturelle inestimable et le Québec a la chance d'en posséder en grande quantité. Malheureusement, cette ressource est souvent gaspillée à la suite de mauvaises habitudes de consommation. Plusieurs municipalités du Québec ont constaté que leur production d'eau potable per capita est de 2,5 fois la moyenne canadienne. Espérant conscientiser leurs usagers, certaines villes les ont dotés de compteurs d'eau, adoptant ainsi le principe de l'utilisateur-payeur. Quoique louable, cette initiative s'est rapidement révélée difficile et onéreuse à gérer. La difficulté de collecter les données (ce qui se fait souvent manuellement), l'impossibilité de tarifier en fonction d'une consommation détaillée et les contestations fréquentes de la part des consommateurs ont eu pour effet de décourager les municipalités de mettre en place des compteurs d'eau.

Tout en étant favorable pour l'environnement, l'économie d'eau potable engendre d'autres économies sur les coûts de traitement en plus de permettre de reporter la construction de nouvelles infrastructures nécessitant souvent des investissements majeurs. Chaque municipalité du Québec qui gère un réseau d'aqueduc sera directement concernée par ce projet, que ce soit au regard de sa propre consommation ou de celle de ses usagers.

DESCRIPTION

Le transmetteur développé par National Télémessure consiste en un boîtier enchâssé sur un débitmètre. La solidité et l'imperméabilité de l'ensemble permettent d'utiliser le module sous terre ou dans des endroits où il y a beaucoup d'eau. Cet outil se distingue des autres technologies par sa précision qui permet une lecture au litre près. Du point de vue technique, le module d'acquisition et de transmission des données (MAT) est très polyvalent.

Le MAT est doté d'un affichage à cristaux liquides permettant aux usagers de vérifier eux-mêmes leur consommation. Par la pression d'un bouton, l'utilisateur voit défiler sa consommation totale, sa consommation durant les plages et paliers soumis à diverses tarifications ainsi que sa consommation actuelle. De plus, un

avantage incontestable du MAT est de permettre au consommateur de vérifier lui-même le bon fonctionnement et la précision du module, ce qui devrait réduire le nombre de contestations. Le MAT offre aussi la possibilité de détecter les fuites chez les consommateurs, mais aussi celles du réseau. Afin de prévenir les fraudes, le module informera la centrale si le transmetteur a été séparé du débitmètre ou encore si la batterie a été enlevée puis remise.

La transmission des données jusqu'à la centrale se fait à partir de la ligne téléphonique de la résidence, du commerce ou de l'industrie. Un dispositif permet de ne pas occuper la ligne au détriment des utilisateurs. Ce système élimine la collecte manuelle des données, procure l'accès constant à l'information et permet d'augmenter la fréquence des prises de mesures.

Toutes les données de consommation et de débit sont enregistrées, transmises et analysées par l'ordinateur central. Il est donc maintenant possible de tracer facilement et rapidement le profil de consommation d'un client, d'un groupe de clients ou d'un type de consommateur et de comparer sa courbe de consommation avec la courbe moyenne du groupe d'usagers correspondant. Ce système permet également de faire le relevé de la consommation de façon à gérer des plages de facturation ou différents paliers de consommation jusqu'à un maximum de 24 plages. Une fonction additionnelle permet de détecter des pointes de consommation en enregistrant le moment où une quantité d'eau a été atteinte.

ASPECT INNOVATEUR

Les aspects innovateurs sont :

- niveau de précision qui permet une lecture au litre près;
- possibilité pour les consommateurs de vérifier eux-mêmes le bon fonctionnement et la précision du module;
- adaptabilité du module sur différents types de débitmètres;
- détection de débit (prévention des fraudes);
- analyse informatisée des profils de consommation;
- tarification automatisée jumelant quantité et période.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le programme de suivi expérimental a été élaboré de façon à démontrer l'efficacité et la fiabilité du module. Voici quelques-uns des aspects qui seront étudiés : vérifier l'adaptabilité sur différents modèles de compteurs; évaluer l'efficacité et la fiabilité du transfert d'information dans différentes conditions; déterminer la perception du consommateur concernant le module; vérifier la facilité d'utilisation et la fonctionnalité de l'interface utilisateur; gérer les données relatives aux pannes de fonctionnement; établir les profils de consommation (résidentiels, commerciaux, institutionnels et industriels) et les profils d'utilisation; détecter des fuites résidentielles et celles des réseaux; évaluer l'impact de la tarification et de la sensibilisation sur la consommation résidentielle, commerciale et industrielle; évaluer l'applicabilité du MAT aux municipalités; déterminer l'impact des transmetteurs sur les coûts de lecture (analyse des coûts d'opportunité).

Responsables techniques : Denis Trudel (Châteauguay)
Luc Lahaie (Laval)
Renaud Dubé (Longueuil)
André Girard (Mercier)
André Lafontaine (Salaberry-de-Valleyfield)

Recherche sur les techniques d'économie de l'eau

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Jonquière
 Responsable technique : Alain Lalumière, Ville de Jonquière
 Autre intervenant: RÉSEAU Environnement

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

Les coûts reliés à la production et à la distribution de l'eau potable représentent un montant considérable pour les municipalités et les différents organismes auxquels ces responsabilités incombent. En ce sens, les principaux intervenants tentent par plusieurs moyens de limiter la consommation excessive de l'eau potable de la part des clients résidentiels, commerciaux ou industriels.

Ainsi, les municipalités adoptent de plus en plus de mesures pour réduire leur consommation en eau potable. Parmi celles-ci, on retrouve les règlements sur l'arrosage et l'utilisation de compteurs d'eau et d'économiseurs d'eau. Bien que la mise en place de ces mesures constitue une étape pour la réduction de la consommation et la sensibilisation des usagers, les gestionnaires municipaux ont clairement exprimé au fil des ans leurs besoins d'information sur l'efficacité de ces mesures, mais aussi sur plusieurs autres facteurs intervenant dans le processus de gestion de l'eau potable. Par conséquent, plusieurs interrogations demeurent encore sans réponse. Le présent projet veillera donc à aborder certaines de ces questions afin d'améliorer la gestion de l'eau potable.

DESCRIPTION

Le projet qui est proposé par la Ville de Jonquière en collaboration avec RÉSEAU Environnement s'inscrit dans une démarche entreprise par cet organisme dans le cadre de son Programme d'économie d'eau potable 1997. Les travaux consistent à réaliser des projets d'études sur différentes problématiques soulevées par les intervenants municipaux.

Les quatre sujets d'études envisagés pour le présent projet sont les suivants :

- réalisation d'un guide sur l'économie de l'eau;
- l'évaluation et la détection des fuites dans les réseaux de distribution;
- l'élaboration d'un outil de diagnostic de l'utilisation de l'eau qui permettra d'évaluer les possibilités et le potentiel d'économie d'eau pour une municipalité;
- les succès des municipalités québécoises en matière d'économie d'eau;

Par ailleurs, chacun des projets d'études retenus sera réalisé par le réseau de

INFRASTRUCTURES D'AQUEDUC - Auscultation et diagnostic

soutien à la gestion de l'eau pour les municipalités. Afin d'optimiser les retombées des études, les étapes nécessaires à l'élaboration de ce réseau seront les suivantes :

- détermination précise des questions à aborder;
- réalisation d'études allant de l'état de la problématique étudiée à l'état des connaissances dans le domaine et comprenant des solutions et des recommandations relatives aux questions abordées;
- diffusion des résultats.

L'approche proposée met l'accent sur la participation du milieu municipal à ces trois étapes. Une validation réelle de la démarche préconisée sera ainsi faite par la principale clientèle concernée par la gestion de l'eau potable. Il sera donc possible d'assurer une adéquation entre les problématiques prioritaires et le degré d'applicabilité des solutions retenues.

Les méthodologies des études proposées pourront ainsi comprendre l'établissement de guides de bonnes pratiques basées sur les meilleures expériences québécoises et nord-américaines. Des critères et des objectifs de performance pourront également être définis pour aider les intervenants à gérer adéquatement l'eau potable.

ASPECT INNOVATEUR

Le projet permettra de déterminer des méthodes pour améliorer la gestion de l'eau potable pour l'ensemble des municipalités québécoises. Il permettra également à plusieurs municipalités de s'engager dans le projet à différents niveaux.

SUIVI OU RÉSULTATS

Afin d'implanter une structure permanente et pour donner le signal à la clientèle de l'intérêt et de la volonté des partenaires d'améliorer la gestion de l'eau potable pour les municipalités, le présent projet d'études se déroulera sur deux ans. Durant cette période, on tentera de caractériser et de résoudre les problématiques déterminées. Par la suite, la diffusion des résultats pourra s'effectuer au moyen de publications, de journées techniques, d'activités en région, de symposium et de congrès.

RÉSEAU Environnement dispose de l'expérience et des ressources nécessaires pour la mise sur pied et l'animation du réseau de soutien tout au long des trois étapes de chacune des études (définition du problème, réalisation de l'étude et diffusion des résultats). Il sera donc en charge de l'organisation du réseau de soutien et de son fonctionnement.

Il est prévu de réaliser de une à deux études par année selon l'ampleur de la problématique soulevée. Le responsable d'étude pourra également compter sur la participation des membres du réseau (milieu municipal, consultants et fournisseurs).

Auscultation d'égout avec une sonde mécanique

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Géophysique GPR et AD3R Technologies

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

Une planification adéquate basée sur de l'information précise de l'état des conduites est essentielle pour optimiser les investissements en capital requis pour le renouveau de ces infrastructures. Les municipalités ont actuellement très peu d'indices efficaces leur permettant de prendre des décisions éclairées pour la gestion de leur réseau d'égout. Pour l'entretien, la réhabilitation ou le remplacement de conduites d'égout, elles doivent se fier sur des indices indirects qui ne donnent pas une image précise et concrète de l'état de la conduite. Pour prendre une décision sur le choix d'une méthode de réhabilitation, le gestionnaire du réseau pourrait décider de faire des fouilles afin de vérifier visuellement l'état de la conduite. Ces vérifications sont cependant très coûteuses et ne sont souvent que très peu représentatives de l'état général de la conduite, car cette dernière peut varier très rapidement en l'espace de quelques mètres. Le mesurage direct et en continu de l'état de la paroi de la conduite avec une méthode d'auscultation non destructive permettrait d'optimiser la gestion des réseaux d'égout.

DESCRIPTION

Ce projet vise l'auscultation des conduites d'égout des rues Mackey et Drummond à l'aide de différentes technologies de pointe. Une sonde mécanique sera utilisée pour évaluer l'état de la conduite et le géoradar pour caractériser l'environnement de la conduite. Ces technologies, soit la sonde mécanique et le géoradar, seront accompagnées par une inspection par caméra. L'auscultation sur les rues Mackey et Drummond se fera entre les rues Sherbrooke et Sainte-Catherine sur des tronçons de 294 et 272 m respectivement. Ces conduites sont en maçonnerie de briques, leur diamètre intérieur est d'environ 600 mm et leur construction remonte à 1868.

L'objectif de la présente expérimentation est d'implanter une nouvelle méthode d'auscultation non destructive, utilisant simultanément la caméra, la sonde mécanique et le géoradar, afin de raffiner l'information disponible sur l'état ainsi que la cause des dégradations des conduites. La localisation et une précision des endroits les plus susceptibles de poser des problèmes, en raison de la détérioration du matériau et des zones d'enfouissement, seront déterminées pour permettre de donner le juste profil selon le risque ou la performance structurelle

de la conduite. Dans ce but, l'expérimentation prévoit la détermination de différents paramètres regardant l'environnement de la conduite (géo-indicateurs), la mesure du débit, l'évaluation de l'état général des sols entourant les conduites ainsi que l'état physique de ces dernières.

ASPECT INNOVATEUR

Ces technologies ont maintes fois été utilisées dans le cadre de divers projets, mais jamais dans des conduites souterraines. Ce projet constitue un banc d'essai pour vérifier la fiabilité et les performances de ces technologies appliquées en commun à l'auscultation de conduites d'égout.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les travaux ont été réalisés, mais les résultats ne sont pas encore disponibles.

Auscultation et diagnostic des réseaux d'aqueduc et d'égout

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
Responsable technique : Mohamad Osseyrane, Ville de Montréal
Autres intervenants : INRS-Eau, le CERIU et le CNRC

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

La Ville de Montréal fournit, depuis plus d'un siècle, le service d'eau potable à la population. Les démarches entreprises à ce jour ont permis d'établir un constat préliminaire, mais surtout de mettre en lumière le peu d'information disponible sur les conditions réelles des conduites de distribution d'eau potable et de collecte des eaux usées.

Dans un contexte de rationalisation des investissements et devant l'importance de ceux-ci, la Ville de Montréal désire établir un juste diagnostic de l'état de ses infrastructures afin d'élaborer un programme de réhabilitation à court, moyen et long terme (5, 10, 20 ans). Ce diagnostic de l'état des infrastructures sera réalisé à l'aide de méthodes d'auscultation innovatrices des réseaux d'aqueduc et d'égout.

DESCRIPTION

Le présent projet a pour objet de connaître l'ampleur des besoins de réhabilitation des réseaux d'aqueduc et d'égout de Montréal et les besoins financiers qui y sont associés. L'importance du projet nécessite le regroupement de plusieurs partenaires dans les divers secteurs de la réfection d'infrastructures afin d'en assurer le succès.

Compte tenu de l'importance du réseau et du court délai pour la réalisation de l'étude, une approche statistique orientée est suggérée. Cela implique que des secteurs sélectionnés, représentatifs du plus grand nombre de secteurs comparables, soient auscultés et évalués en détail pour établir des taux de défauts, des défauts typiques et des coûts de rénovation au kilomètre, transposables aux autres secteurs d'un même ensemble.

Les données ainsi recueillies permettront d'élaborer un programme d'intervention à court, moyen et long terme. De plus, ces résultats seront transposables à d'autres secteurs (autres municipalités ou quartiers) ayant les mêmes caractéristiques.

INFRASTRUCTURES D'AQUEDUC - Auscultation et diagnostic

ASPECT INNOVATEUR

Le projet de recherche permettra d'élaborer un programme de réhabilitation des infrastructures de la Ville de Montréal en fonction des besoins à court, moyen et long terme (5, 10, 20 ans). Finalement, les connaissances acquises sur les différentes méthodes d'auscultation de même que la méthodologie profiteront aux autres municipalités du Québec.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les travaux ont été réalisés, mais les résultats ne sont pas encore disponibles.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

Recherche sur la traitabilité de l'eau brute par filtration

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Charlesbourg
Responsable municipal : Pierre Ross, Ville de Charlesbourg
Autres intervenants : Génécor inc., experts-conseils
Christian Bouchard, Université Laval

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Réalisation en cours

PROBLÉMATIQUE

La Ville de Charlesbourg distribue à sa population une eau qui n'a reçu aucun autre traitement, sauf une correction du pH et une désinfection au chlore.

Depuis une dizaine d'années, la Ville prévoit mettre en place une usine de filtration pour garantir à ses citoyens une eau de qualité. Les travaux d'un tel projet sont évalués à environ 25 millions de dollars. Dans le contexte actuel des finances publiques, la Ville désire donc évaluer des solutions de rechange plus économiques.

Les sources d'alimentation en eau potable de la Ville sont de bonne qualité. Cependant, comme pour toutes les sources de surface, la qualité de l'eau est altérée lors de la fonte printanière ou lors de pluies intenses. De plus, avec le développement urbain, les bassins versants sont de plus en plus utilisés par les amateurs de plein air, ce qui augmente le risque de contamination.

Ainsi, durant certaines périodes de l'année, la surchloration effectuée pour rencontrer les normes de chlore résiduel en réseau génère des sous-produits pouvant affecter la santé. De plus, elle n'enlève pas toutes les formes de parasites, tels les kystes giardia et cryptosporidium qui sont résistants au chlore.

Avec la probabilité de nouvelles normes en matière de qualité de l'eau potable, la Ville n'aura d'autre choix que d'investir dans le traitement de ses eaux brutes aux fins de consommation.

DESCRIPTION

Les travaux consistent à mettre en place des pilotes d'essai en aval de deux prises d'eau brute de la Ville afin d'en suivre le potentiel de purification. Au total, six pilotes seront testés, soit deux filtres à sable de granulométrie différente et un microfiltre sur membrane à chacune des deux sources. La première prise d'eau se situe au réservoir des Érables (rivière des Sept Ponts) et la seconde au lac des Roches, toutes deux situées sur le territoire de la ville de Charlesbourg.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

Compte tenu de la facilité relative d'application, des faibles coûts et des possibilités associés à la technique de filtration lente sur sable, la Ville de Charlesbourg, s'appuyant sur les résultats de sa voisine (la Ville de Beauport), croit que cette avenue mérite d'être étudiée.

Pour sa part, la technique de microfiltration sur membrane n'est actuellement pas utilisée au Québec pour le traitement de l'eau potable. En contrepartie, les résultats des applications à l'extérieur de la province tendent à démontrer qu'elle pourrait être applicable et même économique par rapport aux techniques habituelles. Compte tenu de la grosseur des pores (0,1 à 1 micron), elle permet d'enlever facilement les kystes de grosseur supérieure (tels giardia et cryptosporidium).

ASPECT INNOVATEUR

- Amélioration des connaissances sur la filtration lente sur sable.
- Comparaison entre les performances obtenues de la filtration sur sable et celles obtenues de la microfiltration.
- Microfiltration précédée de coagulation.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le projet fera l'objet d'un suivi de comportement sur une période d'un an suivant la réalisation des travaux. L'objectif de ce suivi est de vérifier l'efficacité et la rentabilité de chacune des techniques de purification ainsi que l'effet de l'ajout d'un coagulant avant la microfiltration.

Traitement de l'eau potable par nanofiltration

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Lebel-sur-Quévillon Responsable technique : Lucylle Dufour, Ville de Lebel-sur-Quévillon Autre intervenant : Service d'évaluation des systèmes inc. (SES) Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	La Ville de Lebel-sur-Quévillon a été fondée il y a 30 ans, et les installations requises pour l'approvisionnement en eau, pour son traitement ainsi que sa distribution sont en activité depuis lors. La source d'approvisionnement en eau brute de la ville est le lac Quévillon. L'approvisionnement se fait à partir d'une station de pompage. Des analyses d'eau réalisées révèlent certaines lacunes dans la qualité de l'eau. Les principaux problèmes sont reliés à la quantité totale de fer, à l'indice de couleur, au pH et à la quantité légèrement élevée d'aluminium.
DESCRIPTION	Le projet de la Ville de Lebel-sur-Quévillon comprend un programme de réalisation à l'échelle réelle pour le traitement de l'eau potable par nanofiltration. Le programme d'essai pilote a commencé en novembre 1994 et a été complété en mai 1995. Cette partie du projet comprenait la localisation, l'installation et le démontage de l'usine pilote à la station de pompage de Lebel-sur-Quévillon ainsi que l'analyse des trois métaux spécifiques, de la qualité de l'eau et du potentiel maximum des trihalométhanes. La seconde partie, soit l'actuel projet, vise la construction d'une usine à l'échelle réelle utilisant le procédé de nanofiltration. Ce dernier consiste à faire passer l'eau sous pression à travers une membrane de polyamide qui retient la matière organique, le fer, l'aluminium, le manganèse, etc. Ce procédé, dérivé de l'osmose inverse, sert surtout au traitement des eaux souterraines (préfiltrées naturellement) ainsi qu'à la purification de l'eau dans le domaine industriel. Dans le cas de l'eau potable, le procédé est largement utilisé en Floride pour des eaux souterraines. Au Québec, ce procédé a été développé dans le domaine de l'acériculture. Cependant, dans ce dernier cas, l'objectif est de recueillir les produits sur le filtre afin d'en fabriquer des sous-produits de l'érable. Dans le cas de l'eau potable, il s'agit plutôt de conserver l'eau filtrée et d'éliminer les particules retenues par la membrane.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

ASPECT INNOVATEUR

Ce procédé de traitement d'eau potable sera une première nord-américaine et possiblement mondiale dans application à grande échelle dans le traitement des eaux de surface.

SUIVI OU RÉSULTATS

La construction de l'usine s'est effectuée du 18 octobre 1996 au 15 septembre 1997 et son entrée en production a eu lieu le 1^{er} octobre 1997.

Les six premiers mois d'activité ont permis le rodage de l'équipement et du personnel. Les trois mois suivants, soit mai, juin et juillet 1998, ont permis d'atteindre l'équilibre des paramètres d'opération, donnant ainsi un environnement adéquat et une qualité suffisamment stable de l'eau pour permettre les analyses quotidiennes de l'eau traitée. Plusieurs tests ont néanmoins été réalisés durant la période de rodage. Il s'agit des tests usuels, soit l'analyse bactériologique toutes les semaines et une analyse physico-chimique qui a été conduite au mois de mai 1998. Tous les résultats montrent la conformité de l'eau aux normes en vigueur.

Par ailleurs, dès le 1^{er} août 1998, les tests suivants seront réalisés quotidiennement et/ou en continu par l'ordinateur du système :

- la température de l'eau brute et celle de l'eau traitée;
- la pression à l'entrée et à la sortie des filtres rotatifs;
- la pression à l'entrée et à la sortie des filtres à cartouche;
- les modules 1 et 2 de la nanofiltration :
 - . débit et pression à l'entrée;
 - . débit et pression du filtrat;
 - . débit et pression du concentré;
- le compte de particules dans l'eau nanofiltrée.

Le rendement du système est estimé par des analyses de la couleur et de la turbidité de l'eau à différentes étapes de traitement. Les analyses sont effectuées au laboratoire de l'usine de façon hebdomadaire :

- l'eau brute : couleur et turbidité;
- l'eau prétraitée par des filtres rotatifs : turbidité;
- l'eau prétraitée par des filtres à cartouche : turbidité;
- l'eau prétraitée par les modules 1 et 2 : couleur et turbidité.

Le laboratoire de l'usine permet également d'effectuer les tests suivants : acidité, matières totales dissoutes, alcalinité, aluminium, résiduel de chlore, compte de particules, conductivité. Les analyses concernant le pH et la conductivité permettent d'évaluer la concentration en minéraux de l'eau.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

Un laboratoire certifié effectuera, de façon mensuelle, les tests suivants :

- eau brute : couleur, turbidité, cot, fer;
- eau nanofiltrée : couleur, turbidité, cot, fer.

Et tous les trois mois :

- eau brute : coliformes totaux, fécaux, PTHM (précurseur), BHAA;
- eau nanofiltrée : coliformes totaux, fécaux, PTHM (précurseur), BHAA;
- eau dans le réseau : THM, chlore résiduel, BHAA.

Les tests d'écotoxicologie sur les rejets de l'usine ont été effectués tel qu'il est demandé par le ministère de l'Environnement et de la Faune. Les résultats ont démontré que les rejets de l'usine ne sont pas dommageables pour l'environnement et peuvent être retournés au lac sans crainte.

Les coûts d'exploitation de l'usine sont compilés afin qu'un coût de production de l'eau nanofiltrée à Lebel-sur-Quévillon puisse être établi. La municipalité a préparé un bilan financier en juin 1998, lequel présente des ajustements à la baisse principalement à cause de la diminution des coûts de main-d'œuvre directement reliée à l'informatisation des opérations de l'usine.

Un rapport final sera produit après une année de suivi. Des recommandations pourront alors être émises.

Application et évaluation de techniques de protection de puits d'alimentation en eau potable

INFORMATION GÉNÉRALE

MRC : Municipalité régionale de comté de l'Île d'Orléans
Responsable à la MRC : Jean-Pierre Turcotte, préfet de la MRC
Autres intervenants : BPR ingénieurs-conseils, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Préparation en cours

PROBLÉMATIQUE

Le territoire de l'Île d'Orléans est reconnu depuis plusieurs années pour ses problèmes de contamination des nappes phréatiques. Les études réalisées depuis les années 1970 tendent à démontrer que 80 % des puits individuels de l'île ne respectent pas les normes de qualité en matière d'eau potable, notamment en ce qui concerne les paramètres microbiologiques. L'eau souterraine constitue présentement à l'Île d'Orléans l'unique source locale d'approvisionnement en eau potable. Cette ressource est constamment menacée par les activités humaines.

Le territoire de l'île est une zone agricole à 90 %. La topographie du terrain est telle que l'écoulement naturel des eaux de surface et des eaux souterraines s'effectue vers les zones résidentielles qui ceignent l'île. En plus des activités agricoles, des installations septiques vétustes et la présence d'animaux domestiques à proximité des puits d'alimentation en eau augmentent le risque de contamination des eaux souterraines. Par ailleurs, en raison de la faible épaisseur des dépôts meubles recouvrant le roc et de l'absence d'une couche imperméable limitant l'infiltration, la vulnérabilité de la nappe phréatique est considérée comme étant « élevée » sur la presque totalité de l'île.

Compte tenu de la situation actuelle, la problématique de l'Île d'Orléans est jugée prioritaire dans le « Plan d'action du projet de politique de protection et de conservation des eaux souterraines » du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec.

Les autorités municipales sont présentement à la recherche de solutions afin de protéger les puits existants, essayant ainsi d'éviter la mise en place de réseaux d'aqueduc ou d'égout, solutions ultimes et très coûteuses.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

DESCRIPTION

L'exemple de l'Île d'Orléans est un cas typique de contamination des puits de captage de l'eau souterraine dans des conditions de vulnérabilité élevée. Les résultats de cette étude serviront non seulement au secteur visé par l'étude, mais pourraient aussi être utilisés ailleurs au Québec, là où d'autres municipalités sont aux prises avec des problèmes semblables.

Les travaux proposés consistent à appliquer et à évaluer différentes techniques de protection de puits d'alimentation en eau potable dans le but de contrôler la contamination microbiologique. Trois types de méthodes seront appliquées et évaluées, soit :

- la modification du drainage de surface;
- l'étanchéisation de la tête du puits;
- l'étanchéisation de l'espace annulaire du puits sur une certaine profondeur.

Une vingtaine de sites d'expérimentation seront d'abord choisis pour obtenir des cas représentatifs. Environ 50 puits dont l'eau est contaminée par des coliformes totaux et fécaux seront choisis par le ministère de l'Environnement et de la Faune, après avoir obtenu la collaboration des propriétaires. Les sites en milieu rural et en milieu plus densément peuplé seront choisis de manière à refléter le plus fidèlement possible la distribution réelle de la population sur l'ensemble du territoire.

Chacun des sites sera décrit avec le plus de détails possible en considérant principalement le type d'occupation du sol, la localisation des différentes infrastructures municipales, le type de gestion des eaux usées, la géologie de la roche en place et des dépôts meubles, l'hydrogéologie, l'hydrographie, le drainage des eaux de surface, la qualité des eaux souterraines et la description des activités humaines environnantes. Toutes ces informations seront résumées sous forme de carte synthèse.

La correction du drainage de surface sera effectuée dans un premier temps par la modification du profil d'écoulement. Dans une seconde étape, la tête des puits sera étanchéisée par la pose d'une collerette en béton à la surface du terrain. Enfin, certains puits, pour lesquels ces premières mesures n'auront pas suffi à assurer une qualité d'eau suffisante, seront étanchéisés jusqu'à une profondeur déterminée en fonction des caractéristiques hydrogéologiques du sol. Cette intervention sera réalisée par la mise en place d'un tubage et d'un coulis de ciment dans l'espace annulaire entre le tube et les parois du puits.

Des analyses physicochimiques de l'eau seront effectuées afin de déterminer l'effet de chacune des trois techniques de protection des puits susmentionnées. Il sera alors possible de déterminer le degré de succès associé à chacune d'elles. Si ces techniques s'avéraient efficaces et applicables, elles pourraient être

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

intégrées dans un plan global de gestion de l'eau à l'Île d'Orléans. Le présent projet constitue donc une étape technique importante dans la recherche d'une solution permanente à la problématique de la gestion de l'eau de ce territoire.

ASPECT INNOVATEUR

Les aspects innovateurs du projet sont :

- modélisation du drainage de surface;
- mesure scientifique du comportement.

SUIVI OU RÉSULTATS

Étant donné la nature même de l'étude, le programme de recherche s'échelonnait sur au moins un an. La durée du programme dépendra des conditions climatiques et de l'écoulement souterrain observés aux différents sites choisis.

Les travaux ont commencé à l'été 1998 pour se poursuivre jusqu'à l'obtention de résultats permettant de tirer des conclusions fiables.

Les fréquences d'échantillonnage ainsi que les paramètres mesurés lors des analyses physico-chimiques seront déterminés par le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

Traitement de l'eau potable par des filtres biologiques au charbon actif et sable en premier étage de filtration

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalités : Régie d'aqueduc intermunicipale des Moulins
Responsable technique : Bruno Rettino, RAIM
Autres intervenants : École Polytechnique et la firme Vallée, Lefebvre et Associés

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

Les villes de Terrebonne, Mascouche et Lachenaie sont situées dans la banlieue nord-est de la ville de Montréal, sur le littoral de la rivière des Mille Îles. Elles sont alimentées en eau potable par la même usine de filtration. Cette dernière, située dans la ville de Terrebonne, est exploitée par la Régie d'aqueduc intermunicipale des Moulins (RAIM) et alimente en eau potable une population totale d'environ 70 000 personnes.

Le développement domiciliaire a été considérable ces dernières années, faisant passer la population totale des trois villes de 62 772 à 80 580 personnes entre 1986 et 1991, soit une augmentation de 28 % en seulement cinq ans. Cet accroissement rapide des usagers a imposé la réalisation de travaux d'agrandissement afin d'augmenter la capacité de l'usine et d'assurer une distribution adéquate de l'eau potable.

L'augmentation de capacité n'a pas posé de problème quant à la quantité d'eau nécessaire. En effet, l'alimentation en eau de l'usine de filtration provient de la rivière des Mille Îles, qui a un débit important. Cependant, la qualité de l'eau distribuée est problématique étant donné la qualité variable de l'eau brute. Même si l'eau produite par l'usine respecte les normes du ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF), les usagers se plaignent fréquemment des odeurs, du goût et de l'aspect de l'eau. Une amélioration du procédé a donc été jugée nécessaire.

En 1991 et 1992, le ministère de l'Environnement et de la Faune a subventionné un projet de recherche sur la filtration biologique en milieu filtrant composé de charbon actif et de sable (bicouche). Les résultats obtenus à partir des projets pilotes démontrent que la filtration bicouche est un procédé viable et performant pour enlever le carbone organique biodégradable, l'azote ammoniacal, les sous-produits d'ozonation et aussi pour réduire la demande en chlore. La filtration bicouche permet donc une amélioration appréciable de la qualité de l'eau par rapport à la filtration sur sable et anthracite.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

Compte tenu de ces excellents résultats, la Régie d'aqueduc intermunicipale des Moulins a décidé de remplacer les filtres de sable existants par des filtres bicouches (charbon actif et sable) lors du projet d'agrandissement et de rénovation de la station de traitement. La réalisation de ces travaux corrigerait les problèmes de quantité et de qualité de l'eau distribuée.

DESCRIPTION

Le projet réalisé par la Régie d'aqueduc intermunicipale des Moulins consiste en l'expérimentation et en la mise au point d'une méthode d'exploitation des filtres biologiques au charbon actif et sable pour le traitement de l'eau potable.

La première étape du projet consiste en l'installation de dispositifs d'échantillonnage sur au moins deux filtres. Ces dispositifs permettront de prélever des échantillons solides et liquides à différentes profondeurs dans les filtres et à différentes périodes.

La seconde étape consiste à effectuer le prélèvement et l'analyse des échantillons. Les résultats obtenus permettront d'évaluer l'évolution de la biomasse dans le filtre et l'efficacité du traitement (enlèvement du carbone organique biodégradable, de l'azote ammoniacal et des sous-produits d'ozonation). Au terme de l'expérimentation, une méthode d'exploitation simple sera mise au point afin d'assurer une qualité constante de l'eau produite et la sécurité des travailleurs affectés au fonctionnement de l'usine.

Lors de la réalisation de l'expérimentation, le personnel de la RAIM recevra la formation nécessaire pour faire fonctionner le nouveau procédé avec succès. Ce programme de formation sera complété par la rédaction d'un manuel d'opération destiné au personnel des usines qui font fonctionner un filtre au charbon actif et sable lors du traitement de l'eau potable.

ASPECT INNOVATEUR

Même si les essais pilotes démontraient d'excellents résultats, ce procédé n'avait jamais été utilisé à l'échelle réelle dans des conditions nordiques prolongées. La RAIM désirait donc acquérir des renseignements supplémentaires sur l'efficacité du procédé afin d'élaborer une méthode d'exploitation des filtres biologiques au charbon actif et sable pour le traitement de l'eau potable.

SUIVI OU RÉSULTATS

La réalisation de ce projet a permis de transposer les méthodes d'exploitation, validées sur montage pilote jusqu'à maintenant, sur une filière de traitement industrielle utilisant un procédé biologique en premier étage de filtration.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

Des paramètres de suivi simples permettant d'évaluer la santé biologique des filtres ont pu être déterminés. L'adsorbance UV et l'azote ammoniacal peuvent être substitués au carbone organique dissout (COD carbone organique dissout biodégradable (CODB) et à la mesure des précurseurs de sous-produits de désinfection comme indicateur de l'activité biologique des filtres.

Finalement, ce projet a permis un transfert de connaissances au personnel de la RAIM et la rédaction d'un manuel d'opération portant de façon générale sur le traitement biologique. Le manuel sera profitable pour d'autres usines qui voudront se doter de cette technologie de pointe.

Amélioration de la qualité de l'eau - Filtre au charbon actif granulaire**INFORMATION GÉNÉRALE**

Municipalité : Rosemère
Responsable technique : Daniel Babineau, Ville de Rosemère
Autres intervenants : Université du Québec à Montréal, Université de Sherbrooke et Institut Armand-Frappier

Avancement des travaux au 30 août 1998 : Travaux en cours

PROBLÉMATIQUE

La problématique est liée à la présence de goût et d'odeurs dans l'eau à traiter aux fins de consommation. Les notions de développement durable, de réduction des coûts d'exploitation et d'amélioration de la qualité de l'eau potable sont au cœur des préoccupations des producteurs de cette eau. L'emploi d'une technologie répondant à ces critères s'avère donc nécessaire pour de nombreuses installations de purification de l'eau où l'utilisation du charbon actif en poudre ou de l'ozone est moins rentable.

DESCRIPTION

Ce projet consiste en l'élaboration d'un modèle prévisionnel d'un nouveau procédé d'amélioration de la qualité de l'eau potable. Cette expérimentation consiste à étudier la performance du charbon actif granulaire comme moyen de filtration. L'objectif ultime est de trouver une technique qui permettra de réduire les coûts de production de l'eau potable tout en améliorant sa qualité.

La technique de filtration au charbon actif granulaire utilise deux stratégies de traitement, soit l'oxydation et l'adsorption. Les essais pilotes permettront d'évaluer l'efficacité de différentes stratégies d'oxydation et de désinfection en préfiltration et en postfiltration. À partir de l'eau décantée traitée en procédé, différents essais sur des colonnes de filtration au charbon seront réalisés en utilisant le chlore, le bioxyde de chlore, l'ozone, le perozone, etc. Cette partie expérimentale vise la détermination de la demande en oxydant de l'eau, l'évaluation des dérivés d'oxydation formés (THM et autres), la détermination des indicateurs biologiques présents et de certains paramètres chimiques et physiques. Somme toute, cette expérimentation vise à déterminer le mode de traitement optimum. Mentionnons que l'élimination du charbon en poudre du processus de filtration classique devrait permettre la valorisation des boues résiduelles de traitement.

ASPECT INNOVATEUR

Les aspects innovateurs sont :

- l'utilisation du charbon actif granulaire;

SUIVI OU RÉSULTATS

- la filière filtration/adsorption bicouche en un seul stade.

Les mesures sont effectuées en fonction d'un nombre d'heures de fonctionnement des unités de filtration, d'un débit unitaire ou par totalisation des charges hydrauliques. Les essais en mode continu nécessitent un suivi qui sera réalisé à différentes périodes selon la vie utile potentielle du média granulaire de filtration retenu. Les évaluations sur les paramètres opérationnels (COT, MES, THM, MIB, Géosmine, E.coli, pH, alcalinité, turbidité, etc.) seront consignées dans des rapports quotidiens. Un rapport d'étude technique traitera de l'ensemble des données et des résultats, permettant l'éventuelle diffusion des informations dans des articles scientifiques ou techniques.

Amélioration des techniques d'enlèvement du fer et du manganèse des eaux souterraines

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Sainte-Marie (Beauce) Responsable technique : Bruno Gilbert, Municipalité de Sainte-Marie Autres intervenants : L'Université Laval et la firme Wallace et Tiernan Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	La ville de Sainte-Marie (Beauce) possède deux usines d'alimentation d'eau potable qui desservent au total 7500 personnes : l'usine de Saint-Gabriel et l'usine « des puits ». La Ville de Sainte-Marie (Beauce) projette d'améliorer la qualité de l'eau potable à l'usine « des puits » et de procéder à la réfection de celle-ci en mettant en place un montage expérimental qui permettrait l'enlèvement du fer et du manganèse. Ce projet a pour objet d'améliorer et de compléter les installations en place à Sainte-Marie (Beauce) et non de les remplacer entièrement par de nouveaux équipements.
DESCRIPTION	Les principaux objectifs de la réalisation de ce projet sont les suivants : - réduire la consommation d'eau traitée pour le lavage des filtres (soit une réduction d'environ 10 %); - réduire la quantité d'oxydant utilisée (environ 25 %); - améliorer la performance de l'usine de l'eau potable, c'est-à-dire augmenter la quantité d'eau traitée de 300 000 GUS/D à 1 000 000 GUS/D. Le projet comprend trois étapes : étape 1 : l'installation de l'unité pilote comprenant une tour d'aération, un bassin de rétention, une unité de filtration et un raccordement aux installations existantes. étape 2 : les objectifs de cette étape sont d'optimiser l'aération pour maximiser l'oxydation du fer et son enlèvement; comparer deux types d'oxydants (HOCl et KmnO_4); déterminer la dose optimale de réactifs pour finir d'enlever le fer et le manganèse; comparer les capacités d'absorption ou d'oxydation de plusieurs filtres (bicouches anthracite+sable, anthracite, sable vert).

étape 3 : l'analyse des résultats, par comparaison des performances de l'ancienne installation et celles obtenues grâce au nouveau procédé. Évaluation des gains économiques et du rendement d'un filtre bicouche sable et anthracite, par rapport aux résultats obtenus par une filtration sur sable vert.

ASPECT INNOVATEUR

Ce projet permettra d'évaluer une méthode américaine d'enlèvement de fer et de manganèse sous les conditions d'utilisation québécoises. Si la technologie d'enlèvement du fer et du manganèse s'avère recommandable, elle sera proposée à d'autres municipalités et fera l'objet d'une commercialisation sur un vaste marché. En effet, le traitement des eaux potables, d'origine souterraine, rencontre souvent des problèmes d'enlèvement du fer et du manganèse. De nombreuses municipalités bénéficieront donc de l'étude et seront de plus intéressées à acquérir le même équipement dans l'éventualité où l'expérience devait se révéler concluante.

SUIVI OU RÉSULTATS

Un rapport d'étape est disponible. De façon concise, les conclusions du rapport sont les suivantes :

- les nombreuses analyses de qualité d'eau brute qui ont été effectuées ont amené à mettre au point les méthodes d'échantillonnage et les méthodes d'analyses. Elles ont permis de suivre la qualité de l'eau brute au cours de l'été 1996.
- les jar-tests ont permis de cerner les conditions d'oxydation-floculation, ce qui réduira la durée des essais pilotes. Les résultats de ces essais indiquent *a priori*, qu'il est possible de faire varier la qualité de l'eau à l'entrée du filtre entre une eau très chargée en particules d'oxydes de fer et de manganèse et une eau ne contenant plus de fer et de manganèse. Ceci sera réalisé en ajustant les conditions d'oxydation-floculation et en court-circuitant ou non l'étape de décantation.

Une tour d'aération a été construite et testée ainsi que des bassins d'oxydation-floculation. Un décanteur monotube a également été construit, ce qui permettra de concevoir le décanteur pilote. Plusieurs problèmes d'ordre pratique ont été soulevés et ont été ou sont en voie d'être résolus.

Enlèvement du fer et du manganèse au puits Allen

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Waterloo
 Responsable technique : Nicolas Rousseau, Ville de Waterloo
 Autre intervenant : ECOCHEM

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

Avant 1997, la Ville de Waterloo approvisionnait ses résidents en eau potable à partir de trois puits distincts dont les concentrations en fer et en manganèse sont plus élevées que celles recommandées par le MEF (fer 0,3 mg/l, manganèse 0,05 mg/l). Un de ces puits a depuis été fermé, car la concentration en manganèse était 45 fois plus élevée que celle recommandée. Il ne reste donc que deux puits ayant une capacité totale de 875 GPM, incluant celui de la rue Allen dont la capacité est de 600 GPM, soit plus des deux tiers de la capacité totale. L'eau de ce puits ne rencontre pas les critères du MEF concernant le fer (0,78 à 1,37 mg/l) et le manganèse (0,3 à 0,51 mg/l), soit jusqu'à 10 fois les concentrations recommandées. Cette eau trop dure cause bien des désagréments aux résidents et commerçants de la municipalité. D'ailleurs, une grande industrie alimentaire locale se voit dans l'obligation de s'approvisionner en eau auprès d'une autre municipalité, et ce, à fort prix étant donné les frais de transport.

Différentes techniques d'oxydation sont déjà utilisées au Québec pour éliminer le fer et le manganèse. On procède généralement avec un oxydant tel le chlore ou l'ozone qui sont très efficaces pour l'élimination du fer. Cependant, l'oxydation à l'ozone, quoique plus coûteuse, est préférable, car le chlore favorise la formation de sous-produits indésirables. Le manganèse, plus difficile à oxyder que le fer, représente le problème le plus sérieux de la Ville de Waterloo. Les concentrations en manganèse obtenues à la sortie des systèmes d'oxydation conventionnels ne rencontrent généralement pas les objectifs souhaités.

DESCRIPTION

La Ville de Waterloo désire expérimenter avec la firme ECOCHEM une méthode de traitement d'oxydation catalytique qui combine l'action de l'ozone et celle des rayons ultraviolets. Installée au puits Allen, qui alimente les secteurs Nord et Ouest de la municipalité, cette nouvelle technologie devrait donner une eau potable rencontrant les critères de qualité recommandés par le MEF en quantité suffisante pour combler les besoins actuels et futurs de l'ensemble des résidents de la municipalité. Le traitement de l'eau souterraine de ce puits nécessite trois unités d'oxydation fonctionnant en triplex. Le projet prévoit donc en premier lieu la mise en place d'une seule unité d'oxydation, permettant ainsi une mise au point

efficace avant l'installation des deux autres unités.

La compagnie ECOCHEM a adapté ce procédé pour le traitement de l'eau potable à partir d'un procédé d'oxydation avancé utilisé pour éliminer des composés organiques ou inorganiques présents dans des rejets industriels. En adaptant ce système à l'eau potable, le résultat attendu est un système de traitement d'eau souterraine qui assure une eau rencontrant tous les critères de qualité du MEF.

L'eau brute provenant du puits Allen sera d'abord filtrée afin d'assurer une eau libre de particules en suspension. Elle sera ensuite aérée et redirigée dans un bassin de rétention pour permettre l'oxydation primaire du fer. La phase suivante du traitement de l'eau consiste en l'oxydation catalytique à l'ozone et en une deuxième filtration. L'eau ainsi traitée est ensuite distribuée dans le réseau de la municipalité.

ASPECT INNOVATEUR

Certaines techniques de traitement pour le fer et le manganèse ont déjà été utilisées au Québec; toutefois, elles n'assurent pas l'élimination du manganèse sans un investissement très important. Ce procédé de ECOCHEM a déjà été utilisé en milieu industriel, mais jamais dans le traitement d'eau potable. La réalisation de ce banc d'essai permettra donc de démontrer son efficacité pour le traitement d'eau souterraine dont la concentration en fer et en manganèse est très élevée. De par sa conception innovatrice, les frais d'exploitation seront inférieurs à toute technologie conventionnelle, permettant ainsi à la municipalité de faire des économies tout en résolvant un problème de qualité d'eau potable.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le concepteur de la méthode fera partie de l'équipe de réalisation du projet et du suivi scientifique. Ce programme de suivi reste toujours à être élaboré de façon définitive, mais il prévoit essentiellement l'analyse de l'eau produite par les unités d'oxydation catalytique. Plusieurs paramètres seront mesurés tels la concentration en fer, en manganèse, en bromates, la couleur et la turbidité ainsi que différents paramètres opératoires comme le débit et la pression. Un rapport d'étape sera rédigé au cours de la mise au point et un rapport final suivra à la fin du projet.

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

Expérimentation de huit techniques de réhabilitation de regards d'accès aux égouts

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Dorval
Responsable technique : Raymond Leclerc, Cité de Dorval
Autres intervenants : CERIU et Cima +

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

La Cité de Dorval est située à l'intérieur de la région administrative de Montréal. Constituée en 1892, sa population s'élève à 17 249 habitants et sa superficie s'étend sur quelque 20,64 km². La Cité de Dorval est intervenue avec succès sur des portions de ses réseaux d'aqueduc, d'égout et routier. L'état de dégradation trop avancé de certaines infrastructures a commandé leur coûteux remplacement; d'autres ont cependant pu être récupérées à temps. Le réseau routier, plus près des préoccupations des utilisateurs, a fait l'objet d'investissements plus soutenus. La réparation des infrastructures souterraines requiert une démarche qui vise à conserver l'intégrité et la durabilité des surfaces reconstruites.

La méthode traditionnelle de remplacement de regards consiste à excaver la structure endommagée et à en construire une nouvelle. Outre les coûts élevés qu'elle représente, cette solution soulève de nombreux problèmes connexes en milieu urbanisé. Toute interruption, partielle ou complète, de la circulation entraîne des désagréments pour les utilisateurs et les riverains. Les cicatrices laissées par l'excavation affectent également la durabilité des ouvrages périphériques et sont difficilement justifiables lorsque les surfaces de roulement sont en bonne condition. On associe généralement la notion de coûts indirects à ces conséquences qui sont, à tort, rarement considérées dans l'analyse de solutions de remplacement à la reconstruction.

Dans le contexte économique actuel, les gestionnaires municipaux doivent, de plus, rechercher de nouvelles voies permettant de maintenir la qualité du service aux citoyens sous des contraintes de limitations budgétaires.

DESCRIPTION

Le projet réalisé par la Cité de Dorval a consisté à restaurer 51 regards détériorés en utilisant différentes technologies sans tranchée. Ces 51 unités sont en briques, en béton préfabriqué et en briques dont la partie supérieure a été refaite à l'aide d'un anneau de béton. La répartition de ces unités sur le territoire de la Cité de Dorval sera faite aléatoirement.

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

Les sites ont été retenus en fonction de diverses contraintes. Certains regards d'accès sont à proximité du lac Saint-Louis, en condition de nappe phréatique élevée; d'autres sont localisés dans les rues supportant un trafic dense, commandant des activités de réparation les moins dérangeantes possible, certains autres subissent une grande agressivité étant donné un épandage plus important d'agents de déglacage.

ASPECT INNOVATEUR

Le présent projet fournira une documentation sur les caractéristiques et les modes d'utilisation des produits. Les techniques et fournisseurs suivants ont été retenus :

1. Tapecrete de Karulex;
2. Amber MPV-F de Colmatec;
3. Polyurea VPI-300 des Constructions Michel Gagnon;
4. Raven 404 de Joseph Piazza;
5. revêtement en caoutchouc au Néoprène RN-1 de RIC Technologies;
6. revêtement flexible époxydique RE-2 de RIC Technologies;
7. membrane Époxy-fibre de verre de Inspectronic;
8. chemisage Polytriplex de Aquarehab.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les travaux de préparation des regards ont commencé au mois d'août 1997 (sauf pour la technique #8 réalisée sur 3 regards en 1996), tandis que les travaux d'application des revêtements se sont étalés d'août 1997 à la fin d'octobre 1997.

D'une façon générale, les entreprises participantes ont sous-estimé le temps de préparation des regards, soit l'application des bétons pour remplacer les briques manquantes et remplir les cavités.

Certaines ont utilisé des joints, un ou plusieurs par regard; d'autres ont préféré attendre qu'un hiver s'écoule, quitte à revenir au printemps, si nécessaire, si un mouvement s'est produit.

Lors d'une inspection faite au printemps 1998, on a déjà constaté que certaines technologies ont mieux résisté que d'autres aux rigueurs de l'hiver. Un rapport final sur le résultat de l'expérimentation est en préparation et sera déposé prochainement. Les points suivants y seront élaborés :

- programme de travail;
- caractérisation des sites;
- caractérisation des regards choisis;
- étude d'avant-projet;
- description des revêtements et de la méthode d'application;

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

- description des essais pour le contrôle et le suivi;
- résultats, discussions (différence, efficacité) et conclusion;
- perspectives d'avenir au Québec des nouveaux revêtements;
- évaluation de la fiabilité des nouveaux revêtements;
- avantages et inconvénients des différentes techniques;
- coût des travaux et coûts d'exploitation ainsi que les économies à court, moyen et long terme.

La Cité de Dorval fera le suivi par une inspection, au moins annuelle, au cours des prochaines années afin de mieux valider l'expérimentation.

Réhabilitation d'une conduite à l'aide de la technique « Formaprec »

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Formadrain inc. et le Groupe Séguin

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

La Ville de Montréal compte plus de 2 290 km de conduites secondaires d'égout. De l'ensemble de ces conduites :

- environ 63 % (1 443 km) sont en béton armé;
- 32 % (733 km) sont en briques, principalement de forme ovoïde 600 mm x 900 mm;
- 4 % (92 km) sont en grès;
- une très faible proportion est en ciment et en tôle ondulée.

Les conduites en briques, fabriquées à la main par des artisans, sont les plus anciennes. Environ 12 %, soit 275 km de conduites secondaires, ont été installées il y a plus de 80 ans. Les principaux dommages observés lors de l'inspection télévisuelle sont les suivants :

- dépôts de calcaire;
- infiltrations d'eau;
- fissures à la couronne;
- rétrécissements de sections causés par des réparations antérieures;
- trous dans les murs et dans le sol encaissant.

DESCRIPTION

Les travaux de réhabilitation consistent à restaurer une conduite et des regards d'égout, par une méthode «sans tranchée», à l'aide d'un revêtement interne, de façon à corriger les déficiences physiques, à éliminer l'infiltration et l'exfiltration, à conserver ou à augmenter la capacité structurale et hydraulique et ainsi prolonger la vie utile du réseau. Les travaux seront exécutés sur une conduite d'égout domestique en briques enfouie, sous la rue Wolfe, entre les rues de Maisonneuve et Robin et d'une longueur totale de 145 m avec des dimensions de 600 mm x 900 mm. La technique retenue pour ce tronçon est « Formaprec ».

Cette technologie consiste à imprégner en usine à l'aide d'une résine polymérique un tressé bidirectionnel de fibres de verre afin de réaliser une plaque rigide. Cette plaque sera glissée à l'intérieur de la conduite par une voie d'accès,

généralement un regard existant, localisée près de la section à réhabiliter. Cette plaque sera en précontrainte physique, apportant une pression initiale sur les parois de la conduite à réhabiliter.

Enfin, un coulis sera injecté entre la plaque de recouvrement et les parois à réhabiliter. Cette technologie permet d'utiliser les caractéristiques de résilience physico-mécanique du composite afin de créer une précontrainte importante sur les parois de la conduite. L'épaisseur du revêtement mis en place sera d'environ 3 mm; cette épaisseur correspond à deux plis de fibres de verre bidirectionnelles.

ASPECT INNOVATEUR

La réhabilitation des conduites d'égout effectuée à l'aide de la technique « Formaprec » est nouvelle et n'a jamais été utilisée au Québec.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le procédé « Formaprec » a donné un résultat relativement satisfaisant. La forme ovoïde de la conduite a été généralement conservée. L'écoulement des eaux se fait avec fluidité, bien que la présence des rivets à la cunette puisse causer de l'obstruction aux débris solides. Les joints longitudinaux et circonférentiels sont bien étanches et offrent une faible dénivellation entre les modules.

Par ailleurs, la surface de la paroi de la conduite réhabilitée est recouverte d'une mince couche de béton, résultat de pertes de coulis causées par la méthodologie de l'injection. De plus, certains défauts de surface sont apparents; la présence de bulles d'air dans la résine lors de la fabrication a causé des irrégularités dans l'uniformité du revêtement. La surface des modules est également ondulée à l'occasion. Enfin, le joint entre les drains privés et les modules s'est avéré adéquat, bien que le périmètre du revêtement soit de forme irrégulière et que les rivets puissent nuire à l'écoulement.

Ainsi, la réhabilitation de la conduite par le procédé « Formaprec » devait permettre d'améliorer considérablement le débit original de la conduite. La capacité initiale de la conduite avait été évaluée à 0,40 m³/s en considérant la plus petite section de la conduite avec un coefficient de rugosité de Manning de 0,017. La capacité actuelle de la conduite est cependant diminuée à 0,30 m³/s en considérant un coefficient de Manning de 0,012 et une réduction de la section d'écoulement de 26 %. Toutefois, le nouveau débit permet de répondre aux normes de conception de la conduite. Finalement, les propriétés structurales du matériau mis en place sont supérieures aux propriétés présentées initialement par l'entrepreneur. Les contraintes maximales en flexion et en tension s'élèvent respectivement à 396 et à 367 MPa. De plus, les résultats des essais de résistance chimique démontrent que le produit se comporte bien en présence de différents agents agressifs.

Réhabilitation d'une conduite à l'aide de la technique « Superliner »

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Enviroform et le Groupe Séguin

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

La Ville de Montréal compte plus de 2 290 km de conduites secondaires d'égout. De l'ensemble de ces conduites :

- environ 63 % (1 443 km) sont en béton armé;
- 32 % (733 km) sont en briques, principalement de forme ovoïde 600 mm x 900 mm;
- 4 % (92 km) sont en grès;
- une très faible proportion de celles-ci sont en ciment et en tôle ondulée.

Les conduites en briques, fabriquées à la main par des artisans, sont les plus anciennes. Environ 12 %, soit 275 km de conduites secondaires, ont été installées il y a plus de 80 ans. Les principaux dommages observés lors de l'inspection télévisuelle sont les suivants :

- dépôts de calcaire ;
- infiltrations d'eau ;
- fissures à la couronne ;
- rétrécissements de sections causés par des réparations antérieures;
- trous dans les murs et dans le sol encaissant.

DESCRIPTION

Le revêtement « Superliner » arrive sur le chantier déjà imprégné de résine et est contenu dans un système de pellicules plastiques fermé, composé de pellicules interne et externe. Ce système de pellicules empêche les fuites de résines et la contamination possible du sol environnant. De même, il assure une épaisseur uniforme des parois et procure ainsi un contrôle de la qualité unique au procédé « Superliner ».

Le revêtement « Superliner » est composé d'une superposition de fibres de verre à l'épreuve des produits chimiques et spécialement conçue pour un amalgame parfait de résines de polyester, de vinylester et de résine époxyde. La constitution du revêtement est la suivante :

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

- couche interne : feutre tissé de fibres de verre à renforcement unidirectionnel (UD);
- couche centrale : fibres de verre en bourre;
- couche externe : feutre à tissage croisé et à renforcement UD.

Le procédé « Superliner » fait partie de la catégorie CIPP (cured-in-place-pipe). Il consiste en la mise en place, dans la conduite d'accueil, d'un tube imprégné de résine. Le tube est ensuite gonflé par la production d'une pression interne afin que le tube moule les parois. Ensuite, l'introduction d'eau chaude ou de vapeur permet le durcissement de la résine pour former une conduite ayant une capacité structurale importante.

Les tuyaux latéraux reliés à la conduite en cours de restauration sont temporairement obstrués. Après sa pose, le revêtement «Superliner» doit être taillé aux embranchements latéraux afin d'en réactiver la canalisation. Depuis une fourgonnette, un opérateur procède à cette taille à l'aide d'un système-robot de découpage latéral interne hydraulique à couple très élevé (Earthline Corporation Internal Lateral Cutter) et d'une caméra vidéo.

Les parois lisses du revêtement « Superliner » devraient avoir un coefficient de friction presque nul et permettre d'accroître sensiblement la capacité d'irrigation de la conduite restaurée.

ASPECT INNOVATEUR

La réhabilitation des conduites d'égout effectuée à l'aide de la technique sans tranchée « Superliner » est nouvelle et n'a jamais été utilisée au Québec.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le procédé « Superliner » a permis d'améliorer considérablement le débit original de la conduite réhabilitée. L'amélioration du coefficient de rugosité (de 0,017 à 0,012) a largement compensé pour la perte de section d'écoulement moyenne de 4 % causée par l'épaisseur du revêtement. De plus, la présence du revêtement empêche toute forme d'infiltration des eaux souterraines à travers les joints de la conduite. L'amélioration de la capacité hydraulique résultante est donc de 34 %.

De plus, différents essais ont été réalisés afin de vérifier les propriétés structurales du matériau de réhabilitation utilisé ainsi que sa résistance aux produits chimiques. Il en ressort que les contraintes et les modules de flexion et de tension du matériau mis en place sont inférieurs aux propriétés soumises initialement par l'entrepreneur. Les contraintes maximales en flexion et en tension s'élèvent respectivement à 70 et à 39 MPa. Cependant, les résultats des essais de résistance chimique démontrent que le produit se comporte bien en présence de différents agents agressifs.

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

Les travaux de réhabilitation de la conduite d'égout choisie ont été effectués moyennant quelques problèmes mineurs. En effet, étant donné que la température ambiante lors des travaux avoisinait le point de congélation, le temps de cure du revêtement a nécessité entre 90 et 120 minutes de plus que ce qui était prévu. De plus, une fuite d'aqueduc adjacente a causé une infiltration d'eau dans la conduite à réhabiliter. La température froide de l'eau a ainsi empêché la résine de prendre convenablement avant quelques jours.

Certains citoyens ont également pu être incommodés par l'odeur de résine qui s'est dégagée lors de la cure du revêtement.

Finalement, l'inspection de la conduite réhabilitée a permis de constater que le revêtement a épousé fidèlement l'intérieur de la conduite existante. La surface du revêtement est similaire tout au long des différentes sections réhabilitées et le fini est relativement lisse mais comporte de petits plis circonférenciels.

Réhabilitation d'une conduite d'égout à l'aide d'un revêtement à l'époxy

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Citadel Structural Lining Systems et le Groupe Séguin

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

La Ville de Montréal compte plus de 2 290 km de conduites secondaires d'égout. De l'ensemble de ces conduites :

- environ 63 % (1 443 km) sont en béton armé;
- 32 % (733 km) sont en briques, principalement de forme ovoïde 600 mm x 900 mm;
- 4 % (92 km) sont en grès;
- une très faible proportion de celles-ci est en ciment et en tôle ondulée.

Les conduites en briques, fabriquées à la main par des artisans, sont les plus anciennes. Environ 12 %, soit 275 km de conduites secondaires, ont été installées il y a plus de 80 ans. Les principaux dommages observés lors de l'inspection télévisuelle sont les suivants :

- dépôts de calcaire;
- infiltrations d'eau;
- fissures à la couronne;
- rétrécissements de sections causés par des réparations antérieures;
- trous dans les murs et dans le sol encaissant.

DESCRIPTION

Les travaux de réhabilitation consistaient à restaurer une conduite et des regards d'égout, par une méthode «sans tranchée», à l'aide d'un revêtement interne, de façon à corriger les déficiences physiques, à éliminer l'infiltration et l'exfiltration, à conserver ou à augmenter la capacité structurale et hydraulique, de même qu'à prolonger la vie utile du réseau. Les travaux sont exécutés sur une conduite d'égout domestique en briques. Le tronçon, d'une longueur totale de 165 m avec des dimensions de 600 mm x 900 mm, est situé sous la rue Saint-Paul, entre les rues McGill et Saint-François-Xavier. La technique retenue par la Ville de Montréal, pour ce tronçon, est le revêtement à l'époxy de Citadel Structural Lining Systems.

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

La technologie utilisée consiste en une application manuelle d'une couche uniforme d'époxy à l'intérieur de la conduite, après l'avoir nettoyée à l'aide de jets d'eau sous pression. Le nettoyage est requis pour s'assurer d'une bonne adhérence. De plus, des carottages sont réalisés pour s'assurer de l'uniformité de l'application de l'époxy.

ASPECT INNOVATEUR

La réhabilitation des conduites d'égout effectuée à l'aide d'un revêtement intérieur à l'époxy est nouvelle et n'a jamais été utilisée au Québec.

Cette méthode est dérivée des structures composites modernes, tunnels et autres structures enfouies. La qualité de cet époxy comme matériau pratiquement inerte et possédant des propriétés mécaniques exceptionnelles, en fait un matériel tout indiqué pour ce type d'application. Des résultats probants de cette expérimentation ouvriraient la voie à une réhabilitation à grande échelle et à de faibles coûts, permettant par conséquent de réaliser plus de travaux avec moins d'argent.

SUIVI OU RÉSULTATS

La réhabilitation de l'égout à l'aide de l'époxy SLS devait permettre de conserver ou d'améliorer la capacité hydraulique de la conduite originale. Dans le cadre de ce projet, différents facteurs ont perturbé le bon déroulement des opérations. La présence d'eau dans la conduite a été une cause importante des difficultés rencontrées lors de la réhabilitation. Cette eau a empêché l'entrepreneur de bien étanchéiser la conduite et a également causé une mauvaise adhérence de l'époxy aux parois de la conduite.

Par conséquent, il a été impossible de réhabiliter entièrement la conduite. À certains endroits, la surface de la conduite est demeurée dénudée de revêtement en raison de l'infiltration d'eau pendant l'application. Le revêtement s'est même délavé sous plusieurs drains. De plus, des infiltrations d'eau sont toujours décelées sur les parois dénudées de revêtement. Il va sans dire que l'épaisseur moyenne de 4 mm du revêtement qui était visé lors de la réhabilitation n'a pas été respectée partout.

Le revêtement à l'époxy présente une surface lisse qui améliore le coefficient de rugosité de Manning, mais il est difficile d'évaluer précisément sa valeur en raison de l'inachèvement des travaux. L'aire d'écoulement aurait été diminuée de 2 % si on avait obtenu une application uniforme de 4 mm. Puisque cette baisse est quand même faible par rapport à l'amélioration du coefficient de rugosité, le débit de la conduite a certainement été amélioré même si la réhabilitation n'a pas été uniforme.

Par ailleurs, différents essais ont été réalisés afin de vérifier les propriétés structurales du matériau de réhabilitation utilisé ainsi que sa résistance aux produits chimiques. Il en ressort que les propriétés structurales du matériau mis en place sont inférieures à celles soumises par l'entrepreneur, à l'exception du module de flexion. Les contraintes maximales en flexion et en tension s'élèvent respectivement à 85 et à 35 MPa. De plus, les résultats des essais de résistance chimique démontrent que le produit se comporte bien en présence de différents agents agressifs.

Réhabilitation d'une conduite par le procédé Formadrain

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal Autres intervenants : Formadrain inc. et le Groupe Séguin Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés
PROBLÉMATIQUE	La Ville de Montréal compte plus de 2 290 km de conduites secondaires d'égout. De l'ensemble de ces conduites : - environ 63 % (1 443 km) sont en béton armé; - 32 % (733 km) sont en briques, principalement de forme ovoïde 600 mm x 900 mm; - 4 % (92 km) sont en grès; - une très faible proportion de celles-ci est en ciment et en tôle ondulée. Les conduites en briques, fabriquées à la main par des artisans, sont les plus anciennes. Environ 12 %, soit 275 km de conduites secondaires, ont été installées il y a plus de 80 ans. Les principaux dommages observés lors de l'inspection télévisuelle sont les suivants : - dépôts de calcaire; - infiltrations d'eau; - fissures à la couronne; - rétrécissements de sections causés par des réparations antérieures; - trous dans les murs et dans le sol encaissant.
DESCRIPTION	Les travaux de réhabilitation sont exécutés sur une conduite d'égout domestique en briques. Le tronçon, d'une longueur totale de 155 m et de 600 mm de diamètre, est situé sous la rue Saint-Jacques, entre les rues Place d'Armes et Saint-Laurent. La technique retenue par la Ville de Montréal pour ce tronçon est « Formadrain ». La technologie développée consiste essentiellement à imprégner, à l'aide d'une résine polymérique, un tressé de fibres de verre qui sera enroulé sur un tube pneumatique d'une longueur correspondante à la conduite à réhabiliter. Ce tube pneumatique, ainsi recouvert, sera glissé à l'intérieur de la conduite par un regard existant localisé près de la section à réhabiliter.

Par la suite, le tube pneumatique est gonflé de vapeur saturée sous pression, afin de permettre au tissu imprégné d'être compressé directement sur les parois de la conduite à réparer. Sous l'effet de la chaleur, la polymérisation de la résine s'effectue et gélifie l'ensemble de la paroi intérieure de la conduite. Cette phase complétée, le tube pneumatique intérieur est refroidi afin de permettre son dégonflement et d'assurer un démoulage de la membrane composite recouvrant l'intérieur de la conduite ainsi réhabilitée.

Finalement, le pneumatique est récupéré. De plus, il est possible de juxtaposer indéfiniment des bagues de réparation pour toutes les longueurs à réhabiliter. Pour la conduite de 600 mm de diamètre réhabilitée, l'épaisseur du revêtement mis en place est d'environ 3 mm; cette épaisseur correspond à deux plis de fibre de verre.

ASPECT INNOVATEUR

La réhabilitation des conduites d'égout effectuée à l'aide de la technique « Formadrain » est nouvelle. Deux cas d'application de ce procédé ont été réalisés, soit un à Québec et un à Montréal-Nord, mais il s'agissait de cas de développement de la technique. Depuis, le procédé a été amélioré.

SUIVI OU RÉSULTATS

La réhabilitation de l'égout de la rue Saint-Jacques par le procédé « Formadrain » devait permettre de conserver ou d'améliorer la capacité hydraulique de la conduite originale. Dans le cadre de ce projet, le procédé expérimenté a permis d'améliorer considérablement le débit original de la conduite. L'amélioration du coefficient de Manning (de 0,017 à 0,012) a largement compensé pour la perte de section d'écoulement moyenne de 2 % causée par l'épaisseur du revêtement. L'amélioration de la capacité hydraulique résultante est donc d'environ 38 %.

Par ailleurs, différents essais ont été réalisés afin de vérifier les propriétés structurales du matériau de réhabilitation utilisé ainsi que sa résistance aux produits chimiques. Il en ressort que les propriétés structurales en flexion et en tension du matériau mis en place sont inférieures aux propriétés présentées initialement par l'entrepreneur. Les contraintes maximales de flexion et de tension s'élèvent respectivement à 130 et à 116 MPa. De plus, les résultats des essais de résistance chimique démontrent que le produit se comporte bien en présence de différents agents agressifs.

Réhabilitation d'une conduite à l'aide de la technique Insituform

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal Autres intervenants : Insituform et le Groupe Séguin Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés
PROBLÉMATIQUE	La Ville de Montréal compte plus de 2 290 km de conduites secondaires d'égout. De l'ensemble de ces conduites : - environ 63 % (1 443 km) sont en béton armé ; - 32 % (733 km) sont en briques, principalement de forme ovoïde 600 mm x 900 mm ; - 4 % (92 km) sont en grès ; - une très faible proportion est en ciment et en tôle ondulée. Les conduites en briques, fabriquées à la main par des artisans, sont les plus anciennes. Environ 12 %, soit 275 km de conduites secondaires, ont été installées il y a plus de 80 ans. Les principaux dommages observés lors de l'inspection télévisuelle sont les suivants : - dépôts de calcaire; - infiltrations d'eau; - fissures à la couronne; - rétrécissements de sections causés par des réparations antérieures; - trous dans les murs et dans le sol encaissant.
DESCRIPTION	Les travaux de réhabilitation sont exécutés sur une conduite d'égout domestique en grès. Ce tronçon, d'une longueur totale de 437 m avec un diamètre de 300 mm, est situé sous la rue Sherbrooke Est, entre la rue Davidson et la place Déry. La technique retenue par la Ville de Montréal pour ce tronçon est « Insituform ». Le procédé « Insituform », qui combine un tube en feutre finement perforé avec un époxy de résine polyester non saturée, est réalisé en deux étapes. La première consiste à imprégner de la résine sur un tube d'une épaisseur conçue pour répondre aux paramètres de l'égout.

Une mince couche en polyéthylène est alors collée au feutre. Cette couche, placée à la face externe du tube, protège le feutre durant le transport dans la conduite tout en servant de réservoir pour la résine.

Les perforations du feutre sont conçues pour permettre l'échappement de la résine contenue dans le feutre une fois qu'il a été mis en place dans l'égout.

Cette résine sert à coller le tube à la paroi et à remplir les fissures et les joints, en créant un lien solide entre le tuyau d'accueil et le nouveau tube, tout en maintenant l'épaisseur de conception uniforme.

Par la suite, le tube est mis en place par inversion sous la poussée d'une colonne d'eau chaude. Le tube est alors cuit par cette eau jusqu'à ce qu'il devienne structural. Une fois le curage complété, les extrémités sont coupées et les services sont réinstallés.

ASPECT INNOVATEUR

Expérimenter un procédé qui n'a jamais été utilisé pour la réhabilitation d'égout au Québec.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le procédé « Insituform » a permis d'améliorer considérablement le débit original de la conduite. L'amélioration du coefficient de Manning (de 0,016 à 0,011) a largement compensé pour la perte de section d'écoulement moyenne de 10 % causée par l'épaisseur du revêtement. De plus, la présence du revêtement empêche toute forme d'infiltration des eaux souterraines à travers les joints de la conduite. L'amélioration de la capacité hydraulique résultante varie de 24 % à 27 %.

Par ailleurs, différents essais ont été réalisés afin de vérifier les propriétés structurales du matériau de réhabilitation utilisé ainsi que sa résistance aux produits chimiques. Il en ressort que les propriétés structurales du matériau mis en place sont supérieures aux propriétés présentées initialement par l'entrepreneur. Les contraintes maximales en flexion et en tension s'élèvent respectivement à 43 et à 21 MPa. De plus, les résultats des essais de résistance chimique démontrent que le produit se comporte bien en présence de différents agents agressifs.

Réhabilitation d'une conduite à l'aide de la technique « U-liner »

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal Autres intervenants : Colmatec inc. et le Groupe Séguin Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés
PROBLÉMATIQUE	La Ville de Montréal compte plus de 2 290 km de conduites secondaires d'égout. De l'ensemble de ces conduites : - environ 63 % (1 443 km) sont en béton armé; - 32 % (733 km) sont en briques, principalement de forme ovoïde 600 mm x 900 mm; - 4 % (92 km) sont en grès; - une très faible proportion de celles-ci est en ciment et en tôle ondulée. Les conduites en briques, fabriquées à la main par des artisans, sont les plus anciennes. Environ 12 %, soit 275 km de conduites secondaires, ont été installées il y a plus de 80 ans. Les principaux dommages observés lors de l'inspection télévisuelle sont les suivants : - dépôts de calcaire; - infiltrations d'eau; - fissures à la couronne; - rétrécissements de sections causés par des réparations antérieures; - trous dans les murs et dans le sol encaissant.
DESCRIPTION	Les travaux de réhabilitation sont exécutés sur une conduite d'égout domestique en grès. Le tronçon, d'une longueur totale de 280 m et d'un diamètre de 375 mm, est situé sous la rue Hochelaga, entre les rues Honoré-Beaugrand et A.-A.-Desroches. La technique retenue par la Ville de Montréal pour ce tronçon est « U-Liner », de Kelly Sani-Vac inc. dont le siège social se situe dans la Ville de l'Île-Perrot. La technologie utilisée consiste à insérer une gaine de polyéthylène à haute densité dans la section à réhabiliter. Cette gaine est glissée dans le tuyau par un regard d'accès existant situé près du lieu du travail à effectuer.

À la suite de l'apport de vapeur à l'intérieur de la gaine, celle-ci épousera les contours du tuyau à réhabiliter sans aucun joint. Pour cette conduite de 375 mm de diamètre, l'épaisseur de la conduite de réhabilitation en polyéthylène sera d'environ 11 mm.

ASPECT INNOVATEUR

La réhabilitation des conduites d'égout effectuée à l'aide de la technique « U-Liner » est relativement nouvelle. En effet, cette technique a déjà été utilisée à deux reprises au Québec, mais les résultats n'ont pas été probants. À l'époque, il n'y avait pas eu de suivi, et les raisons de ces échecs ne sont pas connues. Cette expérimentation permettra de mieux comprendre les limites de ce procédé. Après validation lors de la réalisation de ce projet, ce produit pourra être applicable à grande échelle au Québec.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le procédé U-Liner a permis d'améliorer considérablement le débit original de la conduite. L'amélioration du coefficient de rugosité (de 0,016 à 0,011) a largement compensé pour la diminution de 6 % du diamètre de la conduite causée par l'épaisseur du revêtement intérieur. La capacité hydraulique résultante s'en trouve donc améliorée.

Par ailleurs, différents essais ont été réalisés afin de vérifier les propriétés structurales du matériau de réhabilitation utilisé ainsi que sa résistance aux produits chimiques. Il en ressort que les contraintes et les modules de flexion et de tension du matériau mis en place sont inférieurs aux propriétés soumises initialement par l'entrepreneur. Les contraintes de flexion et de tension s'élèvent respectivement à 5 et à 20 MPa. Par contre, les résultats des essais de résistance chimique démontrent que le produit se comporte bien en présence de différents agents agressifs.

Les travaux de réhabilitation de la conduite d'égout proposée ont été effectués avec cependant quelques problèmes mineurs. Ces difficultés ne remettent pas en question la qualité de la réhabilitation faite, qui a d'ailleurs été inspectée après les travaux. Elles ont plutôt occasionné des délais supplémentaires lors des différentes interventions.

Finalement, l'inspection de la conduite réhabilitée a permis de constater qu'en général le revêtement a épousé fidèlement la conduite existante. Les parois de la conduite sont particulièrement lisses et uniformes. Certaines déformations sous forme de concavités longitudinales sont présentes sur des longueurs représentant environ 20 % de la longueur totale réhabilitée. Ces anomalies sont causées par l'impossibilité de déployer entièrement le revêtement en polyéthylène à l'intérieur de la conduite d'accueil. Cette situation se rencontre lorsque le diamètre interne de la conduite est inférieur au diamètre externe du revêtement. Les réductions de section de la conduite sont principalement causées par la non-uniformité des sections de la conduite d'accueil en grès, par des segments de matériaux différents, par une ovalisation de la conduite ou par des joints décalés.

Développement d'un couvercle mobile pour chute à neige

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autre intervenant : PRÉTAL inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

En 1997, le Québec a adopté un règlement relativement à la disposition des neiges usées, et l'entrée en vigueur de ce règlement correspond à la période d'hiver 1999-2000. Le déversement direct des neiges usées dans les cours d'eau sans traitement préalable ne sera alors plus permis. Cette situation place les municipalités devant l'obligation de se doter d'un site ou d'un système d'élimination des neiges usées.

La rareté des terrains disponibles complique les efforts de certaines municipalités urbanisées, notamment la Ville de Montréal, pour se conformer à la nouvelle réglementation. L'optimisation du processus de déneigement, dont le déversement des neiges usées, est une préoccupation des plus importantes afin de minimiser les coûts et surtout les espaces requis. En effet, l'achat des terrains, s'il y a lieu, peut être très coûteux et peut même nécessiter des expropriations.

La Ville de Montréal possède plusieurs chutes à neige conventionnelles qui consistent en des puits construits au-dessus de collecteurs d'égout pluvial de grand diamètre. Les camions reculent jusqu'à l'ouverture de ces puits pour y déverser les neiges usées. Ces puits sont fermés à l'aide de plaques d'acier. Celles-ci sont soulevées à l'aide d'une grue mobile au début des opérations de déneigement, et replacées à la fin. Cette activité peut parfois durer jusqu'à six jours consécutifs. Ce système nécessite de vastes espaces de manœuvre, en plus de ralentir considérablement le travail. En milieu urbain, les terrains pour installer des chutes à neige sont limités et les opérations se doivent d'être optimisées pour garantir l'enlèvement de la neige dans des délais restreints et à un coût minimum.

DESCRIPTION

La Ville de Montréal désire développer avec l'aide de partenaires un nouveau type de couvercle mobile afin d'améliorer l'efficacité des opérations de déneigement. Ce nouveau concept devrait permettre aux camions de circuler au-dessus du puits et ensuite de déverser les neiges usées dans la chute en réduisant au minimum le nombre de manœuvres que doivent effectuer les camions. L'espace requis devrait être réduit au minimum de façon à permettre l'installation de ces nouvelles chutes

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

à neige dans des secteurs très urbanisés. De plus, aucun obstacle ne devrait nuire à la circulation des véhicules lorsque le couvercle est fermé. La municipalité a retenu les services de la firme Prétal inc. pour la conception, le suivi de l'installation, le soutien technique, la mise au point ainsi que pour l'analyse finale du couvercle mobile. La compagnie Prétal inc. élabore un prototype de couvercle de chute à neige. Ce prototype sera installé en milieu urbanisé sur une future chute à neige dont la localisation reste à déterminer.

Le résultat attendu est un couvercle mobile de chute à neige qui répondra aux contraintes de conception de la municipalité relativement à la durée de vie, à la géométrie, à la capacité, à l'efficacité énergétique, à la résistance, à la fiabilité, au bruit et à d'autres contraintes relatives à l'entretien, à la sécurité ou encore à l'environnement.

ASPECT INNOVATEUR

Les couvercles ou trappes ne constituent pas une innovation en soi, mais leur utilisation pour les chutes à neige constitue en effet une nouveauté. Il est nécessaire de modifier quelques éléments de conception afin d'assurer le fonctionnement du couvercle mobile pour une chute à neige. Le nouveau concept a donc un potentiel très prometteur et nécessite un banc d'expérimentation afin de démontrer son efficacité.

Le prototype suggéré devrait vraisemblablement apporter des économies directes si les résultats devaient s'avérer concluants. L'installation de ces couvercles mobiles permettrait d'économiser notamment sur le coût d'achat de terrains nécessaires pour le déversement de la neige, particulièrement au centre-ville où les terrains vacants sont rares ou très chers. Une meilleure efficacité des opérations générera des gains de productivité, d'où un potentiel d'économie à moyen et long terme. Ces couvercles pourraient réduire considérablement les distances à parcourir entre les zones à déneiger et les sites de déversement conventionnels, ce qui réduirait d'autant les primes de transport ainsi que la durée des opérations de déneigement.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le concepteur du prototype fera partie de l'équipe de réalisation du projet, de concert avec un entrepreneur chargé de la construction de la chute à neige.

La firme Prétal inc. est chargée de remettre un rapport d'ingénierie faisant état des vérifications et calculs tout en incluant une estimation détaillée des coûts. De plus, elle devra rédiger un rapport final de l'entreprise présentant le concept tel qu'il sera réalisé et mis au point dans le cadre de ce programme.

Le suivi de la performance du prototype sera assuré par la Ville de Montréal sur une période de trois ans, après quoi un rapport final de performance sera rédigé.
Vérification de l'efficiencia de puisards en polyéthylène renforcé

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Québec Responsable technique : Pierre Gauthier, Ville de Québec Autres intervenants : Setra inc., Plastique Big « O » inc. et Wedco inc. Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	Les coûts de remplacement de puisards en béton sont élevés. Un puisard endommagé peut causer des dommages matériels aux véhicules et une détérioration prématurée de la chaussée. Il est donc essentiel, pour la Ville de Québec et pour toutes les municipalités possédant un réseau d'égout pluvial, que certaines expérimentations soient faites pour tenter de résoudre ces problèmes. Le puisard en polyéthylène, tel qu'il est proposé, a l'avantage d'être léger et sa manipulation ne requiert pas d'équipement lourd. De plus, la durée de vie estimée de ce puisard est de vingt-cinq ans. La Ville de Québec dépense annuellement plusieurs milliers de dollars pour le remplacement de puisards en béton qui ont subi les rigueurs de notre climat et leurs effets secondaires. Des économies substantielles pourraient donc être réalisées si la durée de vie des puisards était prolongée. En 1990, la Ville de Québec, de concert avec la firme Big « O » inc., a développé un prototype de puisards en polyéthylène. Ceux-ci ont été installés en divers endroits sur le territoire, mais sur une base expérimentale limitée. On y a constaté plusieurs lacunes. Le présent projet constitue donc l'expérimentation de la deuxième génération de puisards avec plusieurs améliorations par rapport aux matériaux, à la conception du bassin, à l'adaptateur de grille et au contrôle du procédé de fabrication.
DESCRIPTION	Afin de connaître les limites d'application des puisards en polyéthylène et les conditions critiques d'installation, la Ville désire soumettre ces puisards à différentes conditions d'utilisation dont les principaux paramètres sont : la sollicitation du trafic (haute densité, basse densité et véhicules lourds occasionnels), les caractéristiques des matériaux granulaires pour l'assise (gélifs ou non gélifs) et pour le remblayage (pulvérulents ou cohérents), la température ainsi que les types de chantier (reconstruction totale de la chaussée ou réparation localisée de la chaussée). Une classification de ces conditions a permis de dégager trois classes de

sollicitation des puisards, à savoir très sévère, sévère et normale. Ces classes regroupent huit combinaisons de conditions. La Ville prévoit la mise en place de un à trois puisards par combinaison de conditions, pour un maximum de 24 puisards. Cette mise en place sera réalisée de façon conventionnelle par un entrepreneur ou en régie interne.

L'expérimentation proposée permettra à la Ville d'évaluer le comportement des puisards en polyéthylène de seconde génération. Au Québec, les puisards, en raison de leur fonction et leur emplacement, sont soumis à de rudes épreuves causées par plusieurs facteurs. Les principaux sont l'agression chimique des sels fondants en hiver combinée aux effets de gel et dégel, la sollicitation de la structure par le poids des véhicules lourds, les effets de soulèvement en raison du gel et les cycles de nettoyage fréquents à l'aide d'équipement spécialisé.

L'objectif principal de l'encadrement technologique du projet est de retirer le maximum d'informations pertinentes à la démonstration tant sur l'aspect qualitatif que quantitatif des puisards en polyéthylène renforcé. Ces informations devront démontrer la performance des puisards, les champs d'application et les méthodes recommandables de mise en œuvre.

ASPECT INNOVATEUR

Une compagnie nord-américaine a développé une technologie similaire à celle proposée dans ce projet pour la fabrication de regards. Elle applique ce produit dans des conditions climatiques différentes de celles subies par de telles infrastructures au Québec. Deux compagnies manufacturières du Québec participeront activement au projet. Elles pourront ainsi développer l'expertise requise à la fabrication éventuelle d'une grande quantité de puisards en polyéthylène.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le présent projet a permis d'installer 18 puisards à l'été et à l'automne 1996 ainsi que six autres durant la même période en 1997. Les résultats préliminaires obtenus s'appliquent principalement à la première série de puisards.

L'inspection des puisards à la sortie de l'usine indique que l'opération de fabrication a permis d'obtenir des puisards conformes aux spécifications du projet.

L'expérience a permis de constater qu'il est préférable de ne pas percer le trou pour la sellette des puisards avant leur arrivée au chantier. Il est relativement facile de les percer sur le chantier à l'endroit voulu, et cela permet une meilleure flexibilité d'adaptation aux conditions du terrain.

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

Par ailleurs, l'inspection des puisards après leur installation a démontré que tous les puisards étaient en bon état après les opérations de remblayage et de compactage. Un seul de ces puisards était en mauvais état, et ce, à la suite d'un assemblage tête-rehausse non conforme.

Finalement, la mise en place des puisards s'est relativement bien déroulée et, bien que rien ne puisse être avancé à l'encontre de leur déploiement à plus grande échelle, la poursuite du suivi de performance sur une plus longue période permettra d'évaluer avec un meilleur degré de certitude l'efficacité de ces puisards sous diverses conditions.

Réhabilitation de regards d'égout avec la technique ACCESEAL

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Saint-Jean-sur-Richelieu
 Responsable technique : Réal Moquin, Ville de Saint-Jean-sur-Richelieu
 Autres intervenants : RBI expert-conseil, Seal Technologies, CERIU

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

L'état de détérioration des infrastructures d'égout de la ville Saint-Jean-sur-Richelieu l'oblige à effectuer à court terme des interventions qui s'avèrent très coûteuses. Le degré de détérioration des regards d'accès est tout particulièrement un problème auquel on est de plus en plus confronté. Avec les années, les regards en brique ou en béton ont perdu graduellement leurs propriétés structurales ainsi que leur étanchéité en raison de la détérioration de certaines de leurs composantes, particulièrement dans la cheminée des regards à proximité de la surface. En effet, la rigueur de notre climat associée à la présence d'eau conduit irrémédiablement à la formation de gel qui constitue le principal mécanisme de dégradation structurale des regards.

L'état de la situation sollicite l'expertise québécoise afin de mettre au point des techniques de remplacement efficaces et plus économiques que le changement complet. Ce projet vise l'expérimentation de techniques innovatrices de réhabilitation qui pourraient permettre l'augmentation de la durée de vie des regards existants, ce qui permettrait de réaliser des économies substantielles par rapport à leur remplacement.

DESCRIPTION

Ce projet vise l'expérimentation d'une nouvelle technologie de réhabilitation de regards d'égout. Les 32 regards visés par le projet sont constitués de briques ou de béton et situés dans différentes rues du secteur sud de la municipalité. La nouvelle technologie nommée ACCESSEAL consiste principalement à enduire en totalité ou ponctuellement la surface interne des regards d'un matériau composite selon le degré de détérioration de chacun des regards choisis.

Ces regards présentent de nombreux types d'anomalies nécessitant une réhabilitation partielle ou totale. Leur état de carence structurale est représentatif de l'ensemble des regards désuets de la municipalité. Les regards visés par le projet sont situés dans un milieu urbanisé, ce qui permettra de mieux apprécier cette méthode de réhabilitation ne nécessitant pas d'excavation. L'expérimentation de cette méthode de réhabilitation permettra d'en valider l'efficacité et de connaître les coûts inhérents à son utilisation dans un

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

environnement urbain. Le projet prévoit quelques variations dans le type d'intervention de réhabilitation en fonction du besoin de chacun des regards choisis, ce qui permettra d'évaluer tout le potentiel de la nouvelle technologie.

Il s'agit essentiellement de mettre en place un nouveau revêtement intérieur. Après la préparation des regards à réhabiliter (nettoyage et colmatage au mortier des ouvertures, le cas échéant), les parois sont enduites d'un matériau de scellement adhésif à base de résine d'époxy dont la composition varie en fonction du matériau existant. Cette couche permet d'assurer l'adhérence et le scellement de la surface à traiter. Ensuite, un second matériau composite structurant fabriqué à base de résine polymérique à laquelle on incorpore de la fibre de verre est appliqué sur des épaisseurs qui varieront afin de tester son efficacité. Les variations dans le choix des regards (matériaux en place et degré de détérioration) et dans l'application de la résine (épaisseur et dimension de la section à réhabiliter) permettront de vérifier le comportement du matériau (flexibilité, résistance au gel, étanchéité et adhérence) sous une gamme d'applications étendue.

Le résultat attendu est un regard d'accès avec une toute nouvelle surface intérieure lisse et uniforme assurant une meilleure étanchéité et une résistance structurale accrue. D'autres améliorations apportées aux regards réhabilités sont également attendues telles qu'une prolongation de sa durée de vie, une résistance aux sels de déglçage ou autres agents et un fini intérieur facile d'entretien.

ASPECT INNOVATEUR

Ce procédé élaboré au Québec a déjà été utilisé de façon ponctuelle, mais jamais dans le cadre d'une expérimentation, quoique les résultats obtenus semblent très prometteurs. Il s'agit donc d'une nouvelle technologie représentant un bon potentiel pour la réhabilitation de regards.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le concepteur de la méthode fera partie de l'équipe de réalisation du projet de concert avec les consultants RBI expert-conseil. Le CERIU sera responsable du suivi scientifique. Ce programme de suivi reste toujours à être élaboré de façon définitive, mais il prévoit essentiellement des inspections visuelles. Un rapport d'étape sera rédigé au cours du suivi et un rapport final suivra à la fin du programme, soit après un an de service.

Auscultation d'égout par mesure de vibrations

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Réfection et réhabilitation

Autres intervenants : Silentec ltée et Inspectronic inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

Une planification adéquate basée sur de l'information précise de l'état des conduites est essentielle pour optimiser les investissements en capital requis pour le renouveau de ces infrastructures. Les municipalités ont actuellement très peu d'indices efficaces leur permettant de prendre des décisions éclairées pour la gestion de leur réseau d'égout. Pour l'entretien, la réhabilitation ou le remplacement de conduites d'égout, elles doivent se fier sur des indices indirects qui ne donnent pas une image précise et concrète de l'état de la conduite. Pour prendre une décision sur le choix d'une méthode de réhabilitation, le gestionnaire du réseau pourrait décider de faire des fouilles afin de vérifier visuellement l'état de la conduite. Ces vérifications sont cependant très coûteuses et ne sont souvent que très peu représentatives de l'état général de la conduite, car cette dernière peut varier très rapidement en l'espace de quelques mètres. Le mesurage direct et en continu de l'état de la paroi de la conduite avec une méthode d'auscultation non destructive permettrait d'optimiser la gestion des réseaux d'égout.

DESCRIPTION

Ce projet de la Ville de Montréal vise l'auscultation des conduites d'égout des rues Lambert-Closse et Stanley à l'aide de deux différentes technologies de pointe basées sur la mesure de vibrations à l'intérieur des conduites. Ces technologies, soit la vibration raisonnante et la réflectométrie vibracoustique, seront accompagnées par une inspection par caméra. L'auscultation de la conduite d'égout sur la rue Lambert-Closse se fera sur un tronçon de 382 m, entre les rues Sherbrooke et Tupper, alors que sur la rue Stanley, l'auscultation se fera sur un tronçon de 286 m, entre les rues Sherbrooke et Sainte-Catherine. Ces conduites ovoïdes sont en maçonnerie de briques, leurs dimensions sont de 600 mm X 900 mm et leur mise en place a eu lieu entre 1889 et 1912.

ASPECT INNOVATEUR

Ce projet permettra de réaliser un banc d'essais et d'adapter ces technologies à l'auscultation des conduites d'égouts et bénéficiera aux entreprises québécoises concernées ainsi qu'aux municipalités qui retiendront leurs services. Une connaissance précise et en continu de l'état des conduites est nécessaire pour déterminer les priorités au regard des interventions d'entretien, de réhabilitation ou de remplacement en fonction des contraintes budgétaires.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les travaux ont été réalisés, mais les résultats ne sont pas encore disponibles.

Auscultation d'égout avec une sonde mécanique

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Yves Bernier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Géophysique GPR et AD3R Technologies

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

Une planification adéquate basée sur de l'information précise de l'état des conduites est essentielle pour optimiser les investissements en capital requis pour le renouvellement de ces infrastructures. Les municipalités ont actuellement très peu d'indices efficaces leur permettant de prendre des décisions éclairées pour la gestion de leur réseau d'égout. Pour l'entretien, la réhabilitation ou le remplacement de conduites d'égout, elles doivent se fier sur des indices indirects qui ne donnent pas une image précise et concrète de l'état de la conduite. Pour prendre une décision sur le choix d'une méthode de réhabilitation, le gestionnaire du réseau pourrait décider de faire des fouilles afin de vérifier visuellement l'état de la conduite. Ces vérifications sont cependant très coûteuses et ne sont souvent que très peu représentatives de l'état général de la conduite, car cette dernière peut varier très rapidement en l'espace de quelques mètres. Le mesurage direct et en continu de l'état de la paroi de la conduite avec une méthode d'auscultation non destructive permettrait d'optimiser la gestion des réseaux d'égout.

DESCRIPTION

Ce projet vise l'auscultation des conduites d'égout des rues Mackey et Drummond à l'aide de différentes technologies de pointe. Une sonde mécanique sera utilisée pour évaluer l'état de la conduite et le géoradar pour caractériser l'environnement de la conduite. Ces technologies, soit la sonde mécanique et le géoradar, seront accompagnées par une inspection par caméra. L'auscultation sur les rues Mackey et Drummond se fera entre les rues Sherbrooke et Sainte-Catherine sur des tronçons de 294 et 272 m respectivement. Ces conduites sont en maçonnerie de briques, leur diamètre intérieur est d'environ 600 mm et leur construction remonte à 1868.

L'objectif de la présente expérimentation est d'implanter une nouvelle méthode d'auscultation non destructive, utilisant simultanément la caméra, la sonde mécanique et le géoradar, afin de raffiner l'information disponible sur l'état ainsi que la cause des dégradations des conduites. La localisation et une précision des endroits les plus susceptibles de poser des problèmes, en raison de la détérioration du matériau et des zones d'enfouissement, seront déterminées pour permettre de donner le juste profil selon le risque ou la performance structurelle.

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Auscultation et diagnostic

de la conduite. Dans ce but, l'expérimentation prévoit la détermination de différents paramètres regardant l'environnement de la conduite (géo-indicateurs), la mesure du débit, l'évaluation de l'état général des sols entourant les conduites ainsi que l'état physique de ces dernières.

ASPECT INNOVATEUR

Ces technologies ont maintes fois été utilisées dans le cadre de divers projets, mais jamais dans des conduites souterraines. Ce projet constitue un banc d'essai pour vérifier la fiabilité et les performances de ces technologies appliquées en commun à l'auscultation de conduites d'égout.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les travaux ont été réalisés, mais les résultats ne sont pas encore disponibles.

INFRASTRUCTURES D'ÉGOUT - Auscultation et diagnostic

Inspection télévisée de branchements latéraux d'égout par caméra intégrée

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Sherbrooke
Responsable : Richard Bernier, Ville de Sherbrooke
Autres intervenants : CERIU et Canval

Avancement des travaux au 30 août 1998 : Réalisation en cours

PROBLÉMATIQUE

Les réseaux d'égout sanitaire, pluvial et unitaire sillonnent le sous-sol des rues des municipalités du Québec. Les conduites, plus ou moins âgées, nécessitent une attention particulière quant à l'évolution de leur état. L'auscultation permet d'obtenir un portrait des réseaux, permettant ainsi de prévoir la nature, l'urgence et l'ampleur des corrections à apporter. Les méthodes de réhabilitation les mieux adaptées aux problèmes décelés et offrant les meilleurs coûts peuvent alors être envisagées.

Les techniques d'inspection conventionnelles consistent à inspecter la conduite principale dans un premier temps et à procéder ensuite à l'inspection télévisuelle des branchements latéraux, en général à partir de l'intérieur des résidences. Toutefois, l'inspection visuelle des branchements devient très difficile lorsque ces derniers sont très longs ou que leur tracé comporte un ou plusieurs changements de direction. De plus, il est souvent nécessaire de procéder à partir de l'intérieur des résidences, ce qui occasionne de nombreux désagréments aux résidents. Le nouvel appareil, développé par Canval inc., permet d'inspecter les conduites les plus difficiles à atteindre tout en diminuant les inconvénients pour la population et pour l'entreprise.

DESCRIPTION

Le projet présenté par la Ville de Sherbrooke porte sur l'expérimentation d'un nouveau système d'inspection télévisuelle. Ce système consiste en une caméra principale à laquelle est intégrée une caméra satellite, permettant ainsi l'inspection, avec un seul appareil, de la conduite principale et des branchements latéraux.

Ce nouveau système d'inspection télévisuelle comprend deux composantes : l'unité porteuse et la caméra satellite. L'unité porteuse est composée d'un petit tracteur à quatre roues motrices très puissantes et d'une tête rotative munie d'une caméra couleur à haute définition. Cette unité est utilisée pour le déplacement du système et pour l'inspection de la conduite principale. La caméra satellite est constituée d'une mini-caméra positionnée dans un support sur le dessus de la tête rotative et d'une tige en fibre de verre qui permet d'introduire la mini-caméra dans les branchements latéraux sur une longueur maximale de 30 m.

Comme outil complémentaire, l'ensemble du système dispose de deux compteurs. L'un permet de connaître le positionnement du tracteur à l'intérieur de la conduite principale et l'autre, totalement indépendant, permet de connaître la position de la caméra satellite à l'intérieur du branchement.

ASPECT INNOVATEUR

Utilisation d'une caméra satellite pour effectuer l'inspection des branchements latéraux à partir de la conduite principale.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le programme de suivi a été établi afin de permettre l'évaluation du comportement du système de caméras dans diverses situations normalement rencontrées lors de l'inspection des conduites. Le projet d'expérimentation vise ainsi à vérifier et à évaluer la flexibilité, la stabilité et les capacités du système, en fonction de divers critères. Ceux-ci comprennent le temps d'exécution, la complexité de l'utilisation et la qualité des résultats obtenus.

Deux des huit interventions planifiées ont comme objectif de comparer la performance de ce nouvel outil d'inspection à celle d'un système d'inspection télévisée conventionnel. Les critères de comparaison retenus sont les temps d'installation et de réalisation, la qualité des résultats et les coûts associés à chacune des technologies en regard de ces résultats.

Les autres interventions couvrent différentes situations problématiques qui mettent à l'épreuve les particularités de cette nouvelle technologie d'inspection des conduites. On propose donc d'inspecter deux types de conduites présentant des caractéristiques différentes : égout domestique et branchements latéraux de petit diamètre et égout unitaire ou pluvial de moyen ou de grand diamètre avec des branchements latéraux de plus grand diamètre. On désire ainsi vérifier et évaluer la stabilité et le contrôle de la caméra sur tige dans diverses conditions d'utilisation.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Installation d'une fondreuse géothermique pour les neiges usées

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Cap-Rouge Responsable technique : Michel Beaupré, Ville de Cap-Rouge Autres intervenants : Les Consultants Laforte inc. et trois experts de l'Université Laval Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	Le ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) rendait publique, en novembre 1988, la Politique sur l'élimination des neiges usées. Cette politique visait à mettre fin au déchargement des neiges usées dans les cours d'eau et à réduire les impacts environnementaux associés à leur élimination. La Ville de Cap-Rouge, comme plusieurs municipalités du Québec, devra se conformer prochainement à la nouvelle politique sur l'élimination des neiges usées établie par le ministère de l'Environnement et de la Faune. Cette politique aura un certain impact financier sur le budget de la Ville Cap-Rouge. Le réseau routier de la Ville de Cap-Rouge se compose de 65 km de rues et de plusieurs stationnements publics qui font l'objet de déneigement. La neige doit alors être ramassée et transportée vers un site de disposition. La Ville ramasse environ 60 000 m³ annuellement (2 500 voyages). D'une part, le site de disposition actuel ne peut être accepté parce qu'il est situé trop près d'un cours d'eau et, d'autre part, un nouveau site conventionnel ne peut être construit en raison de l'absence de terrains vacants suffisamment grands pour l'aménager.
DESCRIPTION	Le projet consiste à utiliser la formation géologique comme réservoir naturel pour entreposer, dans l'aquifère, des quantités d'eau chaude (20 °C) durant l'été, qui seront conservées jusqu'à l'hiver pour la fonte de neige. L'injection d'eau et le pompage se font par le biais d'un puits unique de 50 m de profondeur. L'eau est introduite dans la nappe phréatique par gravité. Le volume d'eau à injecter est de 220 000 m³ par saison. Le système comprend quatre unités, soit : - un système d'exploitation de l'énergie solaire; - un système d'exploitation de l'énergie géothermique; - un système de fonte de neiges usées; - un système de traitement primaire des eaux de fonte.

	L'ensemble du projet a été conçu et développé par Les Consultants Laforte inc. L'équipe regroupe trois personnes, docteurs au département de géologie et de génie géologique de l'Université Laval, ayant collaboré de près à la partie géotechnique du projet. La construction des équipements mécaniques a été conçue et effectuée en régie par l'équipe des travaux publics de la ville.
ASPECT INNOVATEUR	L'avantage d'expérimenter la fondeuse géothermique réside dans la démonstration d'un moyen supplémentaire d'élimination des neiges usées. De plus, les connaissances acquises pourraient être utilisées à d'autres fins (climatisation et chauffage de bâtiments).
SUIVI OU RÉSULTATS	En ce qui concerne le système d'exploitation de l'énergie solaire, les capteurs installés ont permis de réaliser, entre la mi-mai et la fin de juillet 1998, un gain net de $5,82 \times 10^{11}$ joules avec des pertes de l'ordre de 4,3 % au cours de la nuit. Cette énergie acquise par les capteurs solaires représente 11 % de l'énergie totale injectée pour la même période. Ce résultat est d'autant plus intéressant du fait que les capteurs nécessitent de faibles coûts d'immobilisation, représentant environ 5 % du budget total, ainsi que des coûts d'entretien minimes se limitant à la vidange des capteurs avant l'hiver et au branchement avant l'été. D'autre part, le traitement des données recueillies par le système d'acquisition et la mise en graphiques ont permis de visualiser le déroulement du réchauffement et du refroidissement de la formation lors de la période d'injection et de pompage, et aussi la redistribution de ces températures lors des périodes de latence. De façon générale, le comportement de l'aquifère suit le modèle mathématique établi lors de l'élaboration de l'étude de faisabilité. On remarque que les phases d'injection et de pompage sont principalement influencées par la chaleur spécifique de la phase fluide qui agit avec la convention alors que, durant les périodes de latence, c'est la phase solide qui contribue principalement au transfert de chaleur par sa conductivité thermique. Les prédictions faites concernant la conservation d'énergie et la stabilité du volume d'eau chaude créé se sont confirmées. Les différences observées concernant les températures atteintes en fonction de la distance sont causées par la quantité totale d'eau injectée inférieure à celle envisagée et à la température d'injection variant tout au long de l'injection, alors qu'elle avait été assumée comme constante. Pour ce qui est de la qualité de l'eau pompée de l'aquifère, les résultats des analyses réalisées indiquent que, pour les paramètres physico-chimiques, la qualité de l'eau est comparable aux normes du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec concernant les sources d'eau potable.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Quant aux opérations d'injection et de pompage, elles se déroulent sans qu'il y ait d'impacts sur les infrastructures urbaines et autres. L'injection d'eau dans la formation se fait librement sous la seule action de la colonne d'eau dans le puits et aucune autre pression n'est ajoutée. Au cours du pompage, les rabattements de la nappe aquifère observés sont de l'ordre de 3,5 à 4,5 m au puits principal. Ces derniers sont faibles et, dans les faits, la formation serait en mesure de fournir des débits beaucoup plus grands.

L'exploitation de la fondeuse au cours de l'hiver de 1998 a permis de constater que le rendement du système par rapport au rendement théorique ayant servi comme base de conception est supérieur de 30 %. Ainsi, en considérant le volume d'eau pompée et les températures obtenues, la quantité de neige fondue par cycle est plus importante que celle envisagée. Il en découle que le besoin réel d'eau à injecter dans le sol est inférieur à ce qui a été évalué, de sorte que ce volume supplémentaire constitue une réserve d'énergie.

La sédimentation des solides contenus dans la neige s'est faite principalement dans le du bassin de fonte. La qualité de l'eau rejetée à la rivière Cap-Rouge a fait l'objet d'échantillonnages et d'analyses. Les conclusions découlant de ces analyses révèlent que les concentrations des paramètres physico-chimiques sont en deçà des normes en vigueur ou sans impact sur la qualité de l'environnement. à partir d'analyses granulométriques réalisées sur les matières en suspension dans les eaux de fonte, il a été établi, d'une part, que le système de fonte rencontrait les critères de performance désirés et, d'autre part, que les rejets avaient un impact minime au point de déversement étant donné la taille infime des particules solides. De plus, en considérant l'effet des marées et les phénomènes saisonniers tels la fonte des neiges au printemps, les concentrations de matières en suspension dans l'eau de la rivière sont souvent largement supérieures aux concentrations mesurées à la sortie du décanteur.

Optimisation du fonctionnement du réseau Ouest et utilisation de ses tunnels existants

INFORMATION GÉNÉRALE

Organisme : Communauté urbaine de Québec
Responsable technique : Richard Bonin, CUQ
Autre intervenant : BPR Groupe Conseil

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Réalisation en cours

PROBLÉMATIQUE

Lors de l'élaboration du programme d'assainissement des eaux de la CUQ, la problématique des débordements des réseaux unitaires a été ciblée. Les débordements d'eaux usées non traitées lors des épisodes pluvieux amènent une contamination importante des cours d'eau récepteurs, principalement le long des berges du fleuve Saint-Laurent qui sont soumises aux modifications de l'écoulement en raison des marées. Ce phénomène contribue à une contamination persistante au cours de périodes allant jusqu'à 48 heures après les événements pluvieux. Ainsi, la baignade et le contact secondaire sont grandement affectés.

Par ailleurs, cette problématique est présente à l'échelle du Québec et constitue une des préoccupations du ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) et du ministère des Affaires municipales (MAM).

L'outil de gestion des débordements en temps réel proposé profitera non seulement à la CUQ, mais il pourra également être adapté pour servir à d'autres organismes d'importance gérant la collecte et l'assainissement des eaux usées, notamment la CUQ, la CUM ou la Ville de Laval.

Par ailleurs, ce mode de gestion pourra également être utilisé à l'extérieur des limites du Québec, tel que l'exposent le consultant et la CUQ dans leur exposé en faveur du projet. On sait déjà que certaines grandes villes, particulièrement Paris, tentent de gérer les débordements en temps de pluie grâce à la télémétrie.

DESCRIPTION

Le présent projet s'inscrit dans une démarche entreprise par la CUQ depuis 1980 et qui a permis d'élaborer différents scénarios pour régler le problème des débordements. En 1990, une étude spécifique sur les modes de gestion des ouvrages d'interception a été réalisée. Les conclusions de la phase I de cette étude spécifiant qu'un système de gestion automatisé en temps réel du type « Contrôle prédictif intégré (CPI) » présente des avantages de gestion environnementaux et économiques.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

La phase II de l'étude sur le contrôle des réseaux d'interception de la CUQ a permis de démontrer la faisabilité de l'implantation d'un tel système et de l'élaboration des solutions pour atteindre les objectifs fixés par le MEF. Ces solutions ont été développées et simulées avant que l'on décide de procéder aux travaux sur le terrain.

Le projet présenté par la CUQ vise à installer un système de gestion des débordements en temps réel. Ce système de type « Contrôle prédictif intégré (CPI) » devrait permettre de diminuer de plus de 60 % la fréquence des débordements par saison estivale pour le secteur cible de l'étude, soit le secteur de la plage Jacques-Cartier (réseau Ouest).

De façon sommaire, les travaux se réaliseront à la station centrale sur 14 stations pluviométriques, sur 4 stations d'acquisition de mesures en réseau, sur une station d'acquisition de l'heure et sur une station répétitrice installée sur le site du Mont-Bélair. Le tunnel Affluent, le tunnel Versant Sud et le site Jones feront aussi l'objet de travaux.

De plus, le présent projet permettra d'intégrer plusieurs composantes informatiques déjà développées et testées par le Centre d'expertise en gestion environnementale des eaux d'orages (CEGEO). On sera ainsi en mesure de tester l'application de ces nouveaux outils informatiques.

ASPECT INNOVATEUR

Ce sera la première fois qu'on installera en Amérique un système de gestion couplé à des sites de contrôle dynamique et à un site de contrôle en mode statique. Il s'agira d'un « petit » système de gestion du type CPI, mais sur des ouvrages permettant d'en vérifier le fonctionnement.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'équipe de réalisation du projet est composée du surintendant à la gestion du réseau de la CUQ, de BPR, Groupe Conseil ainsi que du MAM qui assurera un suivi des travaux et des résultats. Les entrepreneurs en construction seront retenus à la suite d'appels d'offres publics.

Le programme expérimental sera détaillé lorsque l'étude préliminaire sera complétée. On peut cependant rappeler que son objectif principal est de vérifier les performances environnementales du système de CPI en conservant un objectif global de 50 % de diminution des volumes d'eaux non traitées et de 60 % de la fréquence des débordements en une saison estivale.

Le suivi expérimental vise également à vérifier les performances des équipements, des logiciels et des stratégies de gestion.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Station d'épuration des eaux usées de type Biotour

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Dudswell
Responsable technique : Hélène Leroux, Municipalité de Dudswell
Autres intervenants : Les Consultants SM et Oxyd'H₂O Canada inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

La Municipalité de Dudswell est aux prises avec d'importants problèmes de gestion de ses eaux usées. Le système de fosses septiques en place n'est plus fonctionnel et les effets du rejet des eaux usées provoquent des nuisances considérables. Les rejets contribuent à polluer le cours d'eau avoisinant, causent des problèmes d'odeurs chroniques et risquent d'affecter la qualité des sources d'approvisionnement en eau potable de la municipalité.

L'épuration des eaux usées des petites municipalités présente des difficultés majeures par rapport à celle des plus grandes agglomérations. En effet, il est proportionnellement plus coûteux de mettre en place une station d'épuration de taille minimale dans une petite municipalité pour traiter de petits volumes d'eaux usées que de réaliser la même installation destinée à un plus grand bassin de population pour lequel un plus grand volume d'eaux usées doit être traité. Par ailleurs, étant donné la faible disponibilité en personnel qualifié dans les petites municipalités, il a toujours été préférable de privilégier les technologies d'épuration rustiques qui, tout en étant peu vulnérables et peu sensibles, nécessitent un minimum d'opérations spécialisées.

Cependant, il a été découvert que les technologies utilisées dans de telles conditions, à l'exception des étangs aérés adaptés pour les petites municipalités, ne répondaient plus aux exigences de rejet et sacrifiaient les objectifs de réduction de coût et de personnel qualifié. C'est en ce sens qu'un comité formé de représentants du MEF et du MAM a étudié différentes technologies pouvant résoudre les problèmes d'épuration des eaux usées de petites municipalités en respectant les différentes contraintes. Ce comité conjoint a donc évalué la technologie de type Biotour et recommande son application dans un contexte comme celui du présent dossier.

DESCRIPTION

Le projet présenté a pour objet de construire et d'expérimenter une station d'épuration des eaux usées d'un genre nouveau. La station d'épuration d'eaux usées utilisera le procédé de traitement de type Biotour.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

La chaîne de traitement de ce procédé commence par une fosse septique qui amorce la biodégradation de la matière organique. Les particules solides décanteront dans la fosse, tandis que les eaux usées clarifiées s'achemineront par gravité vers un bassin d'équilibre.

À partir de ce bassin, les deux biotours seront alimentées au moyen d'une pompe submersible calibrée en fonction du débit réel journalier au moyen d'une vanne de contrôle et contrôlée par flotteur à boule d'arrêt et de départ. Le procédé de traitement des eaux usées au moyen de biotour est simple. L'eau est pompée dans un déversoir composé d'une réserve longitudinale munie d'unités laissant se déverser l'eau également à la surface du sommet de la biotour. L'eau ainsi déversée parcourt une trajectoire indéfinie le long de la surface du média avant de retomber dans un bassin à la base de la biotour. Ainsi, selon le volume d'eau à faire recirculer, une pompe de reprise ramène l'eau au-dessus de la biotour.

ASPECT INNOVATEUR

Ce procédé de traitement des eaux usées par biotour n'a jamais été utilisé au Québec pour le traitement d'eaux usées domestiques. La seule station d'épuration de ce type au Québec est située à Saint-Lin dans les Laurentides et traite les eaux usées de procédé d'une usine de transformation de pommes de terre.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'équipe de travail attitrée à ce projet est constituée de la Municipalité de Dudswell, des consultants du Groupe SM inc. et de l'entreprise Oxyd'H₂O Canada inc.

Ainsi, à partir d'échantillonnages réguliers, l'analyse de l'affluent et de l'effluent permettra de juger des performances techniques du procédé de traitement par biotour. Les échantillons seront prélevés par le Laboratoire d'environnement S.M. inc., et le Groupe SM inc. déposera deux rapports sur le projet. L'étude évaluera l'ensemble du projet et les résultats obtenus en fonction des objectifs initialement établis par les différents intervenants. Une brève analyse économique du projet fera également partie du rapport final.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Expérimentation à échelle pilote du procédé biologique Actu-Biotech

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Saint-Antoine-sur-Richelieu Responsable technique : Gisèle Collette, Municipalité de Saint-Antoine-sur-Richelieu Autres intervenants : Enviraqua Experts-conseils, Actu-Biotech et le CRIQ Avancement des travaux au 31 mars 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	Le traitement des eaux usées de Saint-Antoine-sur-Richelieu est une priorité pour cette localité de la Montérégie qui ne possède aucun équipement d'assainissement. À la demande de la municipalité, la firme Actu-Biotech a réalisé en 1995 des essais avec STEPPE-UQUAM, puis, au cours de 1996, des essais en eau froide avec l'Institut de recherche en biotechnologie (IRB) à Contrecoeur. Cependant, pour qu'une technologie municipale de traitement soit autorisée au Québec, le MAM exige la rencontre de certains critères de performance, ce qui n'a pu être fait à la suite des premiers tests. Le 15 juillet 1997, le ministère imposait donc une série d'essais supplémentaires.
DESCRIPTION	La Municipalité de Saint-Antoine-sur-Richelieu désire expérimenter à l'échelle pilote une nouvelle technologie de traitement des eaux usées, soit le procédé Actu-Biotech. Le projet consiste donc à mettre à l'essai et à suivre une unité pilote de 25 m³ de traitement au hall d'essais du CRIQ situé à Beauport. L'unité d'Actu-Biotech utilise un biofloculateur, tel que dénommé, pour produire des floccs facilement sédimentables (biofilms). L'effluent du biofloculateur s'écoule dans un réacteur anaérobique. L'écoulement du liquide par gravité se poursuit dans trois réacteurs aérobiques supplémentaires qui sont directement aérés par de petites pompes à air et indirectement par l'eau usée recyclée à travers une succession de cascades. Finalement, l'eau usée s'écoule dans deux clarificateurs pour la séparation des particules par sédimentation. Dans ces deux clarificateurs, un traitement chimique ou un traitement à l'ozone peut être mis en place pour polir l'effluent final si nécessaire.
ASPECT INNOVATEUR	La technologie Actu-Biotech n'est pas encore reconnue au Québec mais, si l'expérimentation est concluante, la solution proposée pourrait s'avérer une solution avantageuse pour la gestion des eaux usées de certaines autres municipalités.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le procédé est intéressant parce qu'il peut répondre aux besoins de plusieurs petites agglomérations et, éventuellement, aux besoins des entreprises commerciales ou industrielles. Sans remettre en question le procédé lui-même, les précisions recherchées visent à mieux connaître les modalités d'exploitation du système et à faire les derniers ajustements ou les ajouts nécessaires pour améliorer son efficacité. Le procédé pourrait être économique et simple à entretenir lorsque le développement aura établi les conditions optimales d'exploitation.

Les étapes de l'expérimentation sont divisées en deux séries d'essais et se détaillent comme suit :

- 1- Installation de l'unité pilote branchée en dérivation sur la ligne d'eaux usées entrant à la station Est de traitement des eaux usées de la CUQ. Un bassin de décantation/homogénéisation est placé en amont du système.
- 2- Essais en eau chaude au cours de l'automne 1998 pendant quatre semaines.
- 3- Essais en eau froide au cours de l'hiver 1999 pendant quatre semaines.

Ces essais comportent plusieurs prélèvements en des points précis. Ces échantillons sont ensuite analysés pour en connaître les divers paramètres comme, par exemple, les MES, DBO, DCO, NH₄ et coliformes fécaux. La température de l'eau, le pH et l'oxygène dissous sont aussi mesurés.

Un rapport final sera présenté par le CRIQ qui sera responsable du suivi.

Station d'épuration des eaux usées utilisant la technologie Bioline

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Saint-Jules
 Responsable technique : Claire Roy, Municipalité de Saint-Jules
 Autres intervenants : La firme CIMA+ et Hydrotopie ltée

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

La Municipalité de Saint-Jules est aux prises avec d'importants problèmes de gestion de ses eaux usées. Elle possède actuellement un réseau d'égout presque neuf, mais ses eaux usées se déversent directement dans le ruisseau des Ormes, et ce, sans aucun traitement. Les rejets contribuent à polluer ce cours d'eau au point où le ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) presse la Municipalité de Saint-Jules pour qu'elle contrôle adéquatement ses déversements d'eaux usées.

L'épuration des eaux usées des petites municipalités présente des difficultés majeures par rapport à celle des plus grandes agglomérations. En effet, il est proportionnellement plus coûteux de mettre en place une station d'épuration de taille minimale dans une petite municipalité pour traiter de petits volumes d'eaux usées que de réaliser la même installation destinée à un plus grand bassin de population pour lequel un plus grand volume d'eaux usées doit être traité. Par ailleurs, étant donné la faible disponibilité en personnel qualifié dans les petites municipalités, il a toujours été préférable de privilégier les technologies d'épuration rustiques qui, tout en étant peu vulnérables et peu sensibles, nécessitent un minimum d'opérations spécialisées.

Cependant, il a été découvert que les technologies utilisées dans de telles conditions, à l'exception des étangs aérés adaptés pour les petites municipalités, ne répondaient plus aux exigences de rejet et sacrifiaient les objectifs de réduction de coût et de personnel qualifié. C'est en ce sens qu'un comité formé de représentants du MEF et du MAM a étudié différentes technologies pouvant résoudre les problèmes d'épuration des eaux usées de petites municipalités en respectant les différentes contraintes. Ce comité conjoint a donc évalué la technologie de Bioline et recommande son application dans un contexte comme celui de la Municipalité de Saint-Jules.

DESCRIPTION

Le projet présenté vise à construire une station d'épuration des eaux usées municipales qui utilisera le procédé de traitement par Bioline. La chaîne de traitement du procédé soumis commence par une fosse septique qui amorce la

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

biodégradation de la matière organique. Les particules solides décanteront dans la fosse, tandis que les eaux usées clarifiées s'achemineront dans un bassin aéré de régularisation de débit.

Le procédé de traitement des eaux usées au moyen du procédé Bioline commence à la suite du bassin d'égalisation de débit. Il fonctionne selon le principe d'une culture fixée immergée en rotation. Cette technologie s'apparente à des biodisques, mais avec comme principale différence un média composé de cordes en nylon (24 km par module). Par ailleurs, les modules Bioline sont suivis d'un décanteur secondaire et d'un système de désinfection. À ce bassin s'ajoute un bassin d'accumulation des boues excédentaires.

Globalement, le procédé de traitement par Bioline comprend les éléments suivants :

- fosse septique de 50 m³;
- bassin aéré avec pompe;
- regard et vannes de répartition;
- 2 modules Bioline;
- décanteur, clarificateur, pompe à boue;
- silo à boue (200 jours);
- unité de déphosphatation et dosage d'alun;
- unité de désinfection aux rayons ultraviolets.

ASPECT INNOVATEUR

Ce procédé de traitement des eaux usées par Bioline n'a jamais été utilisé au Québec. La seule application qu'on lui connaît provient de deux usines pilotes de traitement d'eaux usées construites en sol européen.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'équipe de travail affectée à ce projet est constituée de la Municipalité de Saint-Jules, des consultants du groupe CIMA+ et de l'entreprise Hydrotape ltée.

Ainsi, à partir d'échantillonnages réguliers, l'analyse de l'affluent et de l'effluent permettra de juger des performances techniques du procédé de traitement par Bioline. Les échantillons d'eau seront prélevés par un laboratoire externe approuvé par le MEF et un rapport sur le projet sera déposé. Ce rapport présentera l'évaluation de l'ensemble du projet et les résultats obtenus en fonction des objectifs initialement établis par les différents intervenants. Une brève analyse économique et de la rentabilité du projet fera également partie de ce rapport.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Traitement des eaux usées par l'utilisation d'une technologie de bioréacteur à textile

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Saint-Mathieu-de-Beloeil
 Responsable : Serge Brazeau, Municipalité de Saint-Mathieu-de-Beloeil
 Autres intervenants : Option Environnement ainsi qu'un laboratoire indépendant

Avancement des travaux au 30 août 1998 : Construction en cours

PROBLÉMATIQUE

L'expérimentation sera appliquée pour le traitement des eaux usées du développement domiciliaire « Secteur des Fleurs » qui est actuellement desservi par deux installations septiques collectives de type fosse septique avec filtre à sable classique. Les éléments épurateurs en place ne sont plus fonctionnels. Les champs sont colmatés et on a constaté une résurgence des eaux usées. La municipalité de Saint-Mathieu-de-Beloeil désire donc remplacer ces systèmes disfonctionnels par des filtres textiles, du procédé REACTEX^{MC}.

De façon plus particulière, l'utilisation de coupons de textiles non tissés comme milieu filtrant présente un avantage étant donné la grande disponibilité de ce matériau. Les milieux filtrants usuels sont en général constitués d'un matériau granulaire spécifié. Les sables ou les graviers qui respectent les conditions imposées peuvent être difficiles à obtenir et, par conséquent, entraîner des coûts de transport importants, limitant ainsi l'implantation de la technique, plus particulièrement en région éloignée. Les résultats de la présente expérimentation devraient donc intéresser plusieurs municipalités du Québec.

DESCRIPTION

L'eau usée est d'abord interceptée par la fosse septique où un prétraitement par décantation statique effectue un premier rabattement de la charge organique et des solides décantables. Les eaux usées ainsi clarifiées sont ensuite dirigées par gravité vers le réservoir de mélange et de dosage qui permet l'alimentation et la répartition des eaux sur le filtre.

Le concept des réacteurs à textile consiste en un massif filtrant subdivisé en étages de traitement hydrauliquement indépendants les uns des autres. La conception tient compte du temps de rétention de l'eau dans le textile. Cette approche permet de maximiser le volume d'eau retenu dans un milieu filtrant entre les dosages. De plus, la grande capacité de rétention hydraulique du textile permet de réduire la hauteur du massif filtrant, ce qui se traduit en une économie

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

d'espace. La cinétique de traitement est axée à la fois sur la filtration des particules et sur la biodégradation de la matière organique par la biomasse qui se fixe sur les fibres du textile.

ASPECT INNOVATEUR

L'aspect innovateur de ce projet est l'utilisation de coupons de textiles non tissés comme matériau filtrant joint aux bris capillaires.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le programme de suivi s'échelonne sur une période de 12 mois et compte 16 jours de prélèvements répartis de la façon suivante : un prélèvement chaque mois dont 2 mois où les prélèvements se feront sur une période de 3 journées consécutives, soit un mois au cours de l'hiver (janvier, février ou mars) et un mois au cours de l'été (juillet, août ou septembre). Le prélèvement des échantillons devra s'effectuer de façon continue pendant 24 heures (échantillons composés) à l'affluent ainsi qu'à l'effluent. Les paramètres à analyser sont les suivants : à l'affluent : DCO, DBO₅, MES, P_T et NTK et à l'effluent : DCO, DBO₅, MES, P_T, NH₄, NTK, NO₂, NO₃ et coliformes fécaux. De plus, le débit devra être mesuré de façon continue et une lecture du volume cumulé doit être effectuée tous les mois ainsi que tous les jours d'échantillonnage.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Système d'épuration des eaux usées de type mégafosse

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Saint-Onésime-d'Ixworth
Responsable technique : Isabelle St-Laurent, Saint-Onésime-d'Ixworth
Autres intervenants : Les Consultants LAPEL, Sociéttextes inc. et le CRIQ

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

La municipalité de Saint-Onésime-d'Ixworth est située sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent à environ 6 km de la municipalité de La Pocatière, à l'intérieur des terres. Initialement, 90 % des résidences déversaient leurs eaux usées dans des puisards qui sont reliés aux fossés. Les déversements d'eaux usées occasionnaient des problèmes d'odeur et de salubrité publique. De plus, ces déversements risquaient de contaminer la nappe phréatique et, par conséquent, les puits d'eau potable individuels qui alimentent toutes les résidences de cette localité.

La municipalité désirait éliminer les déversements en construisant un réseau d'égout et un système d'épuration des eaux usées pour desservir le secteur le plus dense de la municipalité. La construction d'un système d'épuration semblait la solution la plus économique. En effet, la présence de roc en surface et la faible superficie des terrains rendaient la construction de fosses septiques individuelles avec champs d'épuration difficile, voire impossible. Cependant, le projet de traitement collectif des eaux usées demeurerait coûteux pour le faible nombre d'usagers (environ 180 personnes) dans la mesure où la municipalité utilisait un procédé d'épuration conventionnel. Dans ce contexte, l'utilisation d'une nouvelle technologie économique devenait intéressante.

DESCRIPTION

La construction d'une mégafosse a été retenue pour le traitement des eaux usées de la municipalité de Saint-Onésime-d'Ixworth. Le système a été conçu pour le traitement d'eaux usées concentrées (> 400 mg/l) de petites agglomérations (< 400 personnes). La municipalité offrait des conditions idéales pour l'expérimentation de cette nouvelle technologie. De plus, la population desservie est peu nombreuse (180 personnes). La construction d'un nouveau réseau d'égout sanitaire réduirait ainsi l'apport d'eaux parasites et la dilution des eaux usées sanitaires véhiculées.

Le présent projet consistait donc en l'installation et l'expérimentation d'un système d'épuration des eaux usées de type mégafosse. Le système de

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

traitement de la mégafosse associe un principe d'aération prolongée et de décantation-clarification sur un décanteur textile à culture fixée.

Les objectifs principaux étaient de démontrer les performances épuratoires, la flexibilité en fonction des variations de débits et de charges ainsi que la stabilité des mégafosses.

ASPECT INNOVATEUR

Le développement de ce procédé pourrait être une solution économiquement rentable dans certains cas. L'expérimentation de nouveaux procédés de traitement permet de connaître des moyens intéressants pour résoudre économiquement le problème de traitement des eaux usées de petites municipalités.

SUIVI OU RÉSULTATS

En août 1997, des modifications ont été apportées à la mégafosse et ont permis une nette amélioration du soutirage des boues primaires et secondaires. L'amélioration du pompage des boues nécessite une supervision plus étroite des pièces mécaniques (pompage du surnageant et crépine à l'aspiration de la pompe) situées dans le bassin de gestion des boues, qui ont tendance à se colmater plus rapidement. Les campagnes d'échantillonnage réalisées au printemps 1998 ont révélé une amélioration des performances épuratives du système.

Malgré les améliorations, le système devra subir des modifications importantes cet automne afin de rencontrer les exigences du MAM et du MEF. Des résultats seront donc fournis ultérieurement.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Traitement des eaux usées domestiques en utilisant un filtre biologique communautaire

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Senneterre
Responsable technique : Cyrille Vallée, Municipalité de Senneterre
Autre intervenant : Valoraction inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

La dispersion des résidences rend souvent impossible ou très dispendieuse la construction d'un réseau d'égout et d'un système d'épuration des eaux usées communautaire. L'installation de systèmes d'épuration, individuels ou pour un regroupement de quelques résidences, est donc requise. Le système le plus communément utilisé pour éliminer ces eaux usées est la fosse septique, suivi d'un champ d'épuration. Cependant, ce système ne donne son plein rendement que dans des conditions particulières, soit dans des sols de pentes inférieures à 30 %, ayant une bonne superficie (2000 à 3000 m²) et une bonne perméabilité où le roc et les eaux souterraines sont à plus de 1,2 m sous la surface. Peu de solutions s'offrent actuellement aux citoyens possédant un terrain qui ne se prête pas à ces exigences. C'est actuellement le cas pour certains résidents de la municipalité de Senneterre.

Présentement, la majorité des résidences, autour du lac Tiblemont et de la rivière Belle, ne sont pas munies de systèmes d'épuration des eaux usées. Celles-ci déversent leurs eaux usées dans des puisards qui sont reliés aux fossés pluviaux situés de chaque côté de la rue. Seulement quelques résidences sont dotées d'un système d'épuration. Les déversements des eaux usées domestiques occasionnent des problèmes d'odeur et de salubrité publique. De plus, ces déversements risquent de contaminer la nappe phréatique et, par conséquent, les puits d'eau potable individuels qui alimentent toutes les résidences de ce secteur de la localité.

Le but du projet est donc d'expérimenter une solution économique suffisamment performante qui permettrait un rejet en surface ou à l'égout pluvial.

DESCRIPTION

Le projet présenté par la municipalité de Senneterre consiste en la conception et en l'expérimentation d'un système de traitement passif des eaux usées pour 12 résidences. Les résidences visées par le projet sont situées sur la rue Meilleur à environ 15 km au sud du noyau villageois de la municipalité et en bordure du lac Tiblemont. La rue Meilleur est une rue sans issue.

INFRASTRUCTURES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Le système d'épuration proposé est un système de filtration biologique avec de la mousse de sphaigne conditionnée et de plantes aquatiques. Ce système permet la réduction de la charge organique, l'enlèvement substantiel des coliformes, la déphosphatation (et désinfection) des eaux usées domestiques tout en minimisant le colmatage du filtre.

Le système de traitement comprend tout d'abord une fosse septique qui permet la sédimentation de la partie solide des eaux usées. Celles-ci sont ensuite dirigées vers le biofiltre qui est constitué d'un lit de tourbe de 60 à 70 cm d'épaisseur, d'une couche filtrante d'environ 20 cm et d'une couche dispersante de pierre nette (10 mm) de 15 cm. Les eaux percolent au travers de ce milieu et sont récupérées au bas du système. Le filtre est recouvert d'une couche de copeaux d'environ 30 cm d'épaisseur avec un couvert végétal en surface.

ASPECT INNOVATEUR

Le système proposé diffère des autres types de filtres à tourbe commercialisés ou ayant fait l'objet de recherche au Québec ou ailleurs dans le monde. La principale différence consiste en la présence d'une couche drainante à laquelle on incorpore du Biofil. De plus, des plantes aquatiques sont intégrées au système constitué de tourbe plutôt que d'un filtre granulaire. Ces modifications améliorent l'efficacité du système et permettent l'enlèvement du phosphore ainsi que la désinfection de l'effluent.

Ce projet permettra d'expérimenter l'efficacité, la rentabilité et la fiabilité de cette nouvelle technologie à l'échelle réelle. Dans certains cas, ce système pourrait s'avérer la solution plausible la plus économique.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les travaux ont été réalisés au cours de l'été 1997, cependant aucun résultat n'est encore disponible.

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES
- Système de traitement des boues

Traitement et valorisation de boues municipales - procédé Alcamix

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Granby
Responsable technique : Denis Lamoureux, Ville de Granby
Autre intervenant : GSI Environnement

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

Les nouveaux critères de valorisation des matières résiduelles fertilisantes émis par le MEF en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement restreignent l'épandage des boues de l'usine d'épuration de la Ville de Granby. Leur degré de stabilisation en matière de réduction de leur caractère putrescible est insuffisant. Ces boues ne peuvent être épandues en milieu agricole que si elles sont incorporées au sol. L'incorporation est une condition très restrictive et, de ce fait, elle limite beaucoup les sols disponibles à la valorisation.

En ce sens, il devient important pour la Ville de Granby et pour toutes les municipalités d'augmenter la stabilisation des boues afin d'élargir les possibilités d'épandage et de faciliter ainsi leur disposition. Le procédé Alcamix soumis dans le cadre du présent projet vise justement à augmenter le degré de stabilisation de ces boues en augmentant par la même occasion leurs possibilités d'utilisation à des fins agricoles.

DESCRIPTION

Le projet consiste à mettre en place un procédé de traitement et de valorisation de boues issues du traitement des eaux usées (Alcamix). Dans un premier temps, le procédé permet de stabiliser les boues pour ensuite assécher le produit et le transformer subséquemment en granules pour un usage agricole. Le procédé qui est proposé permettra de valoriser les boues en y incorporant différents réactifs pour les réserver à des usages prédéfinis. Il inclut donc quelques étapes inhérentes aux réactions chimiques et physiques nécessaires pour l'obtention d'un produit granulé et équilibré en ce qui touche la qualité recherchée pour les usages agricoles envisagés.

La première étape du procédé consiste à entreposer les boues sur une plate-forme afin que le lixiviat y soit récupéré au moyen d'un drain de collecte. Par la suite, des amendements-réactifs sont ajoutés en fonction des caractéristiques du produit de valorisation désiré. Il est possible d'ajouter plus de quatre composantes aux boues afin d'obtenir le produit voulu.

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES - Système de traitement des boues

Une fois le mélange réalisé, une phase de séchage et d'agglomération entraîne différentes réactions favorisant ainsi la stabilisation bactériologique, l'assèchement du produit ainsi que sa granulation. D'une durée de 3 à 21 jours, cette étape permet également d'ajouter certains amendements-réactifs. Précédant l'entreposage, la phase de maturation permet de laisser certaines réactions se poursuivre pendant une période variable. Il est possible encore une fois de procéder à l'ajout de matières à cette étape afin de mettre au point la composition désirée.

ASPECT INNOVATEUR

Le procédé Alcamix correspond à un procédé de traitement alcalin de stabilisation impliquant un pH et une température élevés. Ce procédé de traitement de stabilisation est bien connu, mais il n'aurait jamais été utilisé au Québec pour le traitement de boues d'usines d'épuration municipales.

Par ailleurs, dans le but de diminuer les coûts du traitement, certains résidus proposés comme réactifs alcalins seront encore plus contaminés que les boues.

SUIVI OU RÉSULTATS

De façon globale, la réalisation de ce projet de démonstration permettra d'évaluer les performances de la technologie Alcamix pour le traitement des boues d'usines d'épuration municipales ainsi que les avantages et les inconvénients reliés à ce procédé. Une étude coûts-bénéfices sera réalisée afin de quantifier les retombées économiques du projet. La réceptivité des utilisateurs vis-à-vis des produits manufacturés sera également prise en compte.

La structure du projet, l'aménagement du site et de la filière de traitement de même qu'un essai de traitement sur un volume de 500 m³ seront effectués pendant les 5 premiers mois du projet, lequel devrait s'étendre sur 24 mois. Par la suite, le traitement des boues de l'usine d'épuration de Granby selon la filière et les dosages de réactifs retenus s'étalera sur le reste du projet, soit un premier volume de 5 000 m³ au site de GSI dans le Technoparc de Sherbrooke et un autre volume de 5 000 m³ sur le site de la Ville de Granby.

De plus, le groupe GSI Environnement produira des rapports d'étapes et un rapport final. Ceux-ci comprendront l'analyse de l'ensemble des résultats obtenus lors du projet, et ce, autant sur les boues que sur les trois produits manufacturés. En plus d'une évaluation technique, les rapports contiendront une analyse économique et environnementale du projet d'expérimentation.

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES - Système de traitement des boues

Construction d'un lit de séchage pour les boues de la station d'épuration

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Saint-Hugues Responsable technique : Raymonde G. Gauvin, Municipalité de Saint-Hugues Autres intervenants : Bertrand Roy et ass. Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Réalisation en cours
PROBLÉMATIQUE	Il existe au Québec une quinzaine de municipalités possédant des stations d'épuration d'eaux usées de type disques biologiques produisant des boues primaires, mais qui n'ont pas d'équipements pour traiter ces boues. L'usine de traitement des eaux usées de Saint-Hugues est du type disques biologiques; elle date de 1985 et dessert environ 500 personnes. Aucun équipement pour le conditionnement des boues n'a été prévu lors de la construction de l'usine, sinon un petit bassin de stockage. Jusqu'à aujourd'hui, on a fait de la valorisation agricole avec des boues à l'état brut et la Municipalité a dû, à quelques occasions, transporter ses boues à l'usine de Saint-Hyacinthe pour les assécher. L'expérience permettra de définir et d'optimiser le rendement d'un lit de séchage lorsque l'épandage des boues s'effectue en couches successives, une fois que la couche précédente est gelée en profondeur.
DESCRIPTION	Le projet consiste à construire un lit pour le conditionnement par gel/dégel et le séchage des boues de la station d'épuration. Sommairement, le lit de séchage est constitué d'un milieu filtrant qui retient les matières solides des boues et draine l'eau, après percolation, pour la retourner à l'usine de traitement. Le conditionnement par gel/dégel favorise la séparation des matières solides et de l'eau contenue dans les boues. La superficie du lit prévu est d'environ 120 m². Les infrastructures concernées par le projet sont des équipements de conditionnement et de déshydratation des boues de la station d'épuration des eaux usées de la Municipalité.
ASPECT INNOVATEUR	À ce jour, seule la Municipalité de Lac-Etchemin a réalisé depuis 1994 une expérience concluante de traitement gel/dégel de boues provenant d'étangs aérés. Saint-Hugues veut expérimenter cette nouvelle technologie pour le traitement de boues brutes, non vieilles et de siccité très basse produites par des disques biologiques.

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES - Système de traitement des boues

La quantité de boues à déshydrater annuellement à l'usine de Saint-Hugues est d'environ 125 m³ pour une siccité de 4 %. La capacité de rétention sous les disques est d'environ 40 m³. Le volume total de stockage des boues est de 80 m³ et correspond à environ 8 mois d'exploitation. Les infrastructures concernées par le projet sont des équipements de conditionnement et de déshydratation des boues de la station d'épuration des eaux usées de la Municipalité.

Le lit doit permettre un gel complet des boues et offrir un milieu filtrant non colmatant composé de matériaux de différentes granulométries. Il appert que l'épaisseur des boues ne doit pas excéder 1 000 mm, car le gel risque d'être incomplet, provoquant alors un résidu gélatineux et des difficultés de drainage. Lors du dégel, on doit pouvoir évacuer rapidement l'eau submergeant la glace.

À l'automne, une fois la capacité annuelle d'entreposage de boues dans l'usine atteinte, les boues produites au cours des derniers mois de l'année seront entreposées et épaissies dans un réservoir extérieur de 50 m³ localisé à proximité du lit de séchage.

Pendant l'hiver, lorsque la température sera sous le point de congélation, les boues contenues dans le réservoir seront épandues sur le lit les premières et, par la suite, ce seront celles stockées dans l'usine qui seront épandues. Le nombre exact d'applications et l'épaisseur des couches de boues seront déterminés par l'étude. Il s'agit alors d'optimiser les opérations de soutirage et d'épandage des boues, d'assurer le gel complet des couches et de maximiser la quantité de boues conditionnées par gel/dégel pour une superficie donnée du lit.

L'idée d'utiliser un lit de séchage dans le traitement des eaux usées domestiques s'inscrit dans une nouvelle approche visant à appliquer une filière de conditionnement optimal d'un point de vue économique et technique.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les étapes de l'expérimentation comprennent l'évaluation de la quantité de boues à sécher et l'évaluation des caractéristiques physicochimiques des boues avant les travaux. Pendant ces derniers, l'expérimentation consiste en l'évaluation de la quantité de boues appliquées sur le lit, du temps de marche de la pompe de reprise des boues, des caractéristiques physico-chimiques des boues, de la hauteur accumulée des boues sur le lit, du bilan de masse des boues et du bilan hydrique ainsi que de la profondeur de gel en fonction de la température.

Finalement, après les travaux, on procédera à l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques des boues, des caractéristiques physico-chimiques de l'eau filtrée et de la performance du lit. Le suivi s'étendra sur un an et comprendra l'évaluation de la quantité de boues conditionnées et du mode opératoire. Des rapports annuels progressifs et un rapport final seront présentés par

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES
- Système de traitement des boues

l'expert-conseil responsable du suivi. Un rapport de performance de l'expert-conseil permettra de valider la technique expérimentée.

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES
- Système de traitement du lixiviat

Étude sur la traitabilité des eaux de lixivation d'un lieu d'enfouissement sanitaire

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : MRC Le Haut-Saint-François Responsable technique : Claude Brochu, de la MRC Autres intervenants : Serrener Consultation inc., Le Groupe Teknika inc., Valoraction inc. et Créalab inc. Avancement des travaux au 7 avril 1997 : Travaux complétés
PROBLÉMATIQUE	Le Haut-Saint-François est une MRC composée de 22 municipalités dont la population totale est d'environ 22 000 habitants. East Angus en est la municipalité la plus importante avec ses 3 700 habitants. Sept des 22 municipalités membres du site acheminent tous leurs déchets domestiques dans un lieu d'enfouissement sanitaire situé à l'est de la municipalité de East Angus. Le lieu d'enfouissement sanitaire comporte actuellement des installations de traitement des eaux de lixiviation qui doivent être améliorées afin de satisfaire aux normes de rejet. Le traitement des eaux de lixiviation sur un lieu d'enfouissement sanitaire impose aux gestionnaires municipaux de mettre en place des équipements adéquats. Ceux-ci doivent être économique, facile à utiliser et nécessitant peu d'espace.
DESCRIPTION	Le présent projet a donc pour objet de proposer une filière de traitement consistant en un système d'étangs aérés, précédé d'un étang de captage et d'égalisation des débits. Le système d'étang d'égalisation et d'aération permet de régulariser le débit maximal de pointe mensuel et de traiter les eaux en continu à un débit régularisé dans les étangs proposés. Le traitement en étangs aérés représente un choix efficace et novateur, compte tenu des coûts modérés, des espaces disponibles et de la simplicité de fonctionnement. Un premier étang d'une capacité de 7 250 m³ sera donc aménagé, suivi d'un second étang d'une capacité de 5 000 m³, lequel se déversera dans une lagune déjà existante. Un système de drainage sera mis en place afin de capter adéquatement les eaux de lixiviation et de les traiter conformément aux exigences environnementales. Les équipements en place seront modifiés afin de s'ajuster à la nouvelle filière de traitement. Divers équipements novateurs seront aussi ajoutés afin de satisfaire aux exigences de rejet imposées par le MEF pour protéger le milieu récepteur, dont les suivants : - système visant à abaisser la DBO de plus de 85 % et la concentration des phénols; - unité de désinfection pour abaisser le nombre de coliformes;

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES - Système de traitement du lixiviat

ASPECT INNOVATEUR

- balancement des nutriments et traitement biologique aéré.

Les données et l'information pouvant être dégagées, à la suite de la mise en œuvre de la technologie proposée par cette MRC, pourraient être porteuses d'enseignements à l'égard du développement de moyens efficaces et performants en vue d'une protection des ressources « eau et sol » en périphérie des lieux d'enfouissement sanitaire.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les résultats obtenus indiquent que les eaux à l'entrée de l'étang de captage dépassent les normes de rejet du Règlement sur les déchets solides pour le fer, les composés phénoliques, la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO₅). À la sortie du réseau hydrographique, les résultats obtenus avant ensemencement des étangs aérés dépassent encore les normes de rejet dans le cas des composés phénoliques et de la DBO₅ bien que, pour ce dernier paramètre, un enlèvement de près de 75 % ait eu lieu.

L'ensemencement des étangs aéré a été réalisé à l'aide de bioactivateurs. Ceux-ci sont des suppléments pouvant contenir des enzymes, des nutriments et des micro-organismes permettant l'implantation rapide de la biomasse destinée à réaliser le traitement biologique. Deux semaines après l'ensemencement des étangs aérés par bioactivateur, un prélèvement a eu lieu à l'entrée des deux étangs aérés pour en caractériser les eaux. Les résultats démontraient une carence en phosphore, laquelle a été comblée par l'ajout périodique d'acide phosphorique. En ce qui concerne les cyanures, le dépassement observé est isolé et apparaît douteux, puisque les concentrations en cyanures dans le lixiviat brut sont de 0,02 mg/l, c'est-à-dire qu'elles sont inférieures aux normes de rejet. Finalement, à l'examen des résultats, on remarque que la concentration en azote ammoniacal a augmenté significativement après l'arrêt des deux aérateurs.

Mis à part les coliformes totaux (la concentration excède occasionnellement la valeur maximale permise), le système de traitement a permis d'obtenir un effluent conforme aux normes de rejet au réseau hydrographique et un bon enlèvement de la charge organique. En outre, considérant les résultats obtenus, il appert que de deux à trois aérateurs peuvent être arrêtés une fois l'ensemencement réalisé et le traitement biologique bien implanté, et ce, sans compromettre l'efficacité d'enlèvement de la charge organique, à condition que le débit d'entrée et la charge organique des eaux brutes demeurent faibles.

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES
- Système de traitement du lixiviat

Recirculation des eaux de lixiviation d'un lieu d'enfouissement sanitaire

INFORMATION GÉNÉRALE	Organisme : Régie intermunicipale Argenteuil — Deux-Montagnes Responsable technique : Pierre Gionet, RIADM Autres intervenants : SNC-Lavalin Environnement inc., ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	Les sites d'enfouissement sanitaire sont tous aux prises avec la problématique du traitement des eaux qui percolent à travers les déchets (lixiviats). Ces eaux hautement contaminées doivent être traitées à grands frais. De plus, la dégradation des déchets produit des gaz qui peuvent être nuisibles, et ce, pendant plusieurs années après la fermeture du site. Il serait donc avantageux de réduire la période de stabilisation de la masse de déchets et de favoriser la biodégradation des contaminants contenus dans les lixiviats avant leur traitement hors du site. Des études en laboratoire et à l'échelle réelle à l'extérieur du Québec ont démontré que la recirculation des lixiviats avait pour effet de réduire considérablement leur volume et leur teneur en contaminants organiques. Les résultats de l'utilisation de cette technique dans des sites situés dans des régions chaudes indiquent qu'elle permet une réduction considérable des coûts associés au traitement des lixiviats.
DESCRIPTION	Le projet expérimental soumis par la Régie intermunicipale Argenteuil — Deux-Montagnes (RIADM) porte sur la recirculation des eaux de lixiviation de son lieu d'enfouissement sanitaire situé à Lachute. Le projet consiste à caractériser quantitativement et qualitativement les productions de lixiviats et de biogaz lorsque les lixiviats sont recirculés à travers la masse de déchets. L'approche de la recirculation vise l'augmentation du taux de dégradation biologique. Cette méthode pourrait permettre l'accélération de la stabilisation de la masse de déchets, permettant ainsi la réduction de la période postfermeture. Ce projet vise donc les objectifs environnementaux suivants :

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES
- Système de traitement du lixiviat

- a) le traitement et la réduction des lixiviats rejetés hors site;
- b) le relevé et la mise en œuvre de différents systèmes de recharge des lixiviats afin de vérifier leur performance;
- c) la stabilisation accélérée de la masse de déchets solides;
- d) le contrôle des biogaz.

Les puits de recharge pourront être alimentés de façon séquentielle selon les données obtenues sur l'humidité des déchets, l'état de leur biodégradation, la qualité du lixiviat et la production de biogaz. Des stations de pompage et de recharge serviront à la fois de poste d'échantillonnage d'eau et de mesure du débit.

ASPECT INNOVATEUR

Jamais utilisée au Québec, cette technique a l'avantage d'être simple et peu coûteuse. Les résultats des recherches réalisées jusqu'à maintenant permettent d'espérer d'importantes économies par l'amélioration de la qualité et la réduction de la quantité des lixiviats à traiter, en plus de réduire la période de stabilisation.

Le présent projet a comme objectifs principaux de vérifier l'applicabilité de cette méthode dans des conditions nordiques et d'en établir la performance et les limites d'utilisation. Le résultat visé est l'obtention d'un modèle mathématique applicable à tous les lieux d'élimination de déchets du Québec, qui compte actuellement près de 70 lieux d'enfouissement sanitaire.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'équipe de réalisation et d'expérimentation est composée de plusieurs spécialistes travaillant dans le domaine de la gestion des résidus solides. Par ailleurs, le projet se déroule en étroite collaboration avec le Service des résidus solides du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec.

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES
- Système de traitement du lixiviat

Utilisation de milieux humides pour traiter le lixiviat d'un lieu d'enfouissement sanitaire

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Régie intermunicipale de gestion des déchets solides des Anses
 Responsable technique : Denis Beaudin, Régie intermunicipale
 Autres intervenants : Argus, Université Laval

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Le lieu d'enfouissement sanitaire de la Régie intermunicipale de gestion des déchets solides des Anses reçoit les déchets solides des municipalités de Grande-Rivière, Pabos, Pabos Mills, Saint-François-de-Pabos, Newport, Chandler et Sainte-Thérèse-de-Gaspé. La population totale de ces sept municipalités est estimée à 14 596 personnes.

Le site est exploité depuis 1988 et lors de son aménagement, la construction d'un système de traitement des eaux de lixiviation n'avait pas été exigée. Après plusieurs mois d'activité du lieu d'enfouissement sanitaire, les responsables du ministère de l'Environnement et de la Faune ont remarqué la présence de résurgences d'eaux de lixiviation qui constituent une menace environnementale. Ces eaux sont caractérisées par une forte charge polluante composée de nombreuses matières organiques et inorganiques. Lorsque les eaux de lixiviation ne sont pas traitées, elles peuvent contaminer les écosystèmes aquatiques situés non seulement dans le périmètre immédiat du site d'enfouissement mais aussi en aval de ce dernier.

De plus, il existe peut de systèmes vraiment efficaces qui répond aux exigences particulières de la régie et du site. Pour ces raisons, la régie a confié à une firme de consultants la responsabilité de concevoir un système de traitement des eaux de lixiviation adéquat, fonctionnel et apte à assurer un traitement efficace de ces eaux.

DESCRIPTION

Le projet présenté consiste en la mise en place et en l'expérimentation d'un système de traitement des eaux de lixiviation au lieu d'enfouissement sanitaire géré par la Régie intermunicipale de gestion des déchets solides des Anses. Le système de traitement proposé est caractérisé par la création de milieux humides pour l'assainissement du lixiviat. Les interventions requises comprennent notamment la construction de trois chambres d'équilibre, d'une cascade, d'un bassin de stabilisation, d'un marais artificiel à écoulement de surface et d'un étang

INFRASTRUCTURES POUR LA GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES
- Système de traitement du lixiviat

ASPECT INNOVATEUR

de dénitrification.

Le traitement des eaux usées à l'aide de marais remonte à plusieurs années, mais son utilisation demeure restreinte. L'intérêt d'utiliser des marais comme traitement secondaire et tertiaire des eaux usées municipales s'est intensifié durant la période de 1980 à 1990, surtout en Europe et aux États-Unis. Toutefois, il y a très peu de cas d'utilisation de marais pour le traitement des eaux de lixiviation du site d'enfouissement. Il y a également peu de documentation confirmant les performances de tels traitements et quantifiant les paramètres de conception.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les travaux ont été réalisés, mais les résultats ne sont pas encore disponibles.

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES

Expérimentation de différentes techniques de réhabilitation des chaussées destinées à augmenter la résistance aux effets du gel et autres contraintes

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalités : Beauport, Charlesbourg, Québec, Saint-Augustin-de-Desmaures, Sainte-Foy et Vanier Responsable technique : Sera repris pour chaque municipalité Autres intervenants : Le Département de génie civil de l'Université Laval, le CERIU et Tecsalt Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	Le comportement des chaussées dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont les matériaux utilisés dans la fondation de la chaussée, le sol naturel, la géologie du site, le drainage, le climat et le trafic routier. Le gel peut entraîner temporairement des augmentations de teneur en eau assez considérables lors du dégel; l'excès d'eau dans la chaussée conduit à une perte de résistance au cisaillement plus ou moins prononcée selon la capacité de drainage de l'ensemble route-terrain naturel. La capacité portante des fondations routières dépend autant de la teneur en eau (donc de l'efficacité du drainage) que de l'intensité du chargement ainsi que de sa fréquence. Le problème du gel-dégel-dégradation dans les systèmes routiers est complexe, car les facteurs sont pratiquement tous interdépendants. Certains produits sont mis à l'essai dans les rues, sans tenir compte du comportement global de la chaussée au regard des cycles de gel-dégel ni des limites de performance de ces produits. En fait, il n'est pas possible de corriger des effets (fissurations, affaissements, faiblesses multiples) sans traiter les problèmes fondamentaux de façon systématique et rationnelle.
DESCRIPTION	Le projet présenté par six municipalités de la région métropolitaine de Québec consiste à utiliser une nouvelle approche rationnelle de conception et de réhabilitation de rues, en tenant compte du gel et du dégel sur les chaussées. Cette innovation a permis de modéliser le comportement de la route et d'y quantifier le soulèvement différentiel à l'aide de la théorie du potentiel de ségrégation. En outre, des matériaux nouveaux de réhabilitation (polystyrène extrudé, bétons isolants, résidus de bois, graves traitées, granulats de plastique) sont étudiés pour améliorer le comportement routier. Ces matériaux seront utilisés dans les mesures de mitigation prises pour limiter les effets du gel avant de procéder à la réhabilitation des chaussées proprement dites.

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

ASPECT INNOVATEUR

Cette expérimentation appliquée constitue une première du genre en milieu urbain au Québec. Elle offre la possibilité d'établir un diagnostic de l'état des chaussées et de prévoir les problèmes de gel et de dégel. Le but ultime consiste à améliorer les connaissances afin d'optimiser la réhabilitation des chaussées et de leur donner les moyens de résister non seulement aux charges causées par la circulation mais aussi aux contraintes imposées par les conditions climatiques.

SUIVI OU RÉSULTATS

Résultats partiels par rapport aux objectifs initiaux (suivi 1996-1997).

Douze planches d'essai ont été construites. Pour les planches d'essai 1 à 9, le suivi 1996-1997 représente un deuxième cycle de gel-dégel, alors que pour les planches d'essai 10 à 12 construites en 1996, ce suivi reflète le premier cycle de gel-dégel. Rappelons que sur la plupart des sites le sol d'infrastructure est très gélif et a occasionné des détériorations importantes de la rue, principalement par fissuration excessive causée par le soulèvement différentiel et la polygonation du revêtement, un indicateur de la perte de capacité portante lors du dégel.

D'une manière générale, plusieurs conclusions émergent après la deuxième année de suivi pour les planches 1 à 9.

- 1) L'approche de prédiction de soulèvement de gel (logiciel FROST-1D avec le potentiel de ségrégation) a confirmé les résultats de la première année d'observation. Les paramètres de gélivité du sol d'infrastructure sont relativement constants et ne sont pas affectés par les cycles de gel-dégel si le sol d'infrastructure a déjà subi plusieurs cycles de gel-dégel avant la réhabilitation. C'est le cas pour toutes les planches d'essai.
- 2) Les isolants non conventionnels (copeaux de plastique recyclé, polystyrène expansé) ont conservé leurs propriétés thermiques durant le deuxième gel.
- 3) La présence d'un écran drainant de chaque côté de la chaussée peut entraîner un écoulement d'air par convection et affecter le régime thermique de la chaussée. Dans ce cas, l'efficacité de la couche d'isolant peut être réduite (voir planches 9 et 12).
- 4) Toutes les couches granulaires de fondation ont montré une baisse d'environ 20 à 30 % de leur module de rigidité lors du dégel. Cet effet, déjà observé lors du premier dégel, montre l'importance de l'eau de fonte dans les couches de fondation. En augmentant la teneur en eau, celle-ci augmente le degré de saturation et réduit la succion capillaire qui, à son tour, réduit le confinement et le module de rigidité des couches granulaires de fondation. Pour contrer cet effet, on peut soit renforcer la couche de fondation avec des géogrilles ou autres matériaux, soit faciliter le drainage de la fondation, soit sceller les fissures du revêtement pour réduire l'infiltration d'eau, soit contrôler

l'écoulement tridimensionnel dans les chaussées.

- 5) La position de la nappe phréatique est importante pour l'évaluation de la gélivité du sol d'infrastructure. Plus la nappe est basse, moins le sol sera gélif, et l'on peut en tenir compte lors de l'optimisation de l'épaisseur de la couche d'isolant.
- 6) À Place Vanier, planche d'essai 12, la nappe phréatique est très élevée à cause de la présence de monts dans le voisinage, et les matériaux nouveaux utilisés comme isolants sont placés dans un contexte environnemental trop difficile. Malgré cela, l'iso-route a conservé des propriétés thermiques intéressantes pour réduire la pénétration du gel. Des études sont en cours pour évaluer son potentiel d'absorption d'eau étant donné qu'il a été sous l'eau pour plusieurs mois.

Les résultats détaillés de chacune des planches d'essai apparaissent dans les rapports présentés par les municipalités.

Responsables techniques : Jean Vézina (Beauport)
Daniel Dumais (Charlesbourg)
Serge Fortin (Québec)
René Hardy (Saint-Augustin-de-Desmaures)
Pierre Bernier (Sainte-Foy)
Donald Desrosiers (Vanier)

Réfection de chaussées à l'aide de mâchefers d'incinérateur

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Communauté urbaine de Québec Responsable technique : Suzanne Boisvert, CUQ Autres intervenants : Université Laval, le MEF, le MTQ et l'INRS
PROBLÉMATIQUE	Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance L'incinération des ordures ménagères engendre deux types de résidus, soit les cendres volantes, considérées comme un déchet dangereux selon la Loi sur la qualité de l'environnement, et les mâchefers qui comportent notamment beaucoup de ferraille. Ce sont ces mâchefers, une fois libérés de la ferraille, que l'on veut valoriser en les utilisant pour faire la réfection d'infrastructures. L'incinérateur régional de la CUQ produit annuellement 90 000 t de mâchefers qui sont éliminées au lieu d'enfouissement sanitaire de Saint-Tite-des-Caps. Toutefois, cette importante masse représente non seulement des coûts de disposition relativement élevés qui, selon toute vraisemblance, continueront d'augmenter, mais un type de déchet dont l'enfouissement est controversé. La CUQ cherche donc, d'une part, à réduire le volume de mâchefers enfoui au lieu d'enfouissement sanitaire afin d'en prolonger la durée de vie et, d'autre part, à diminuer ses coûts d'exploitation reliés au transport et à l'enfouissement des mâchefers.
DESCRIPTION	Le projet de la Communauté urbaine de Québec consiste à valoriser les résidus d'incinération appelés « mâchefers » en les incorporant à titre d'élément de base dans des blocs de béton de construction, dans des mélanges de béton bitumineux ou dans les matériaux de remblai pour la réfection d'infrastructures. Le projet de démonstration consiste à évaluer, <i>in situ</i>, l'utilisation des mâchefers en remblai dans la sous-fondation de rues ou comme agrégat dans la fabrication de béton bitumineux, ou encore comme matériel de remblai pour la formation d'écrans visuel ou antibruit (bloc de béton ou remblai).
ASPECT INNOVATEUR	Expérimenter l'utilisation d'un résidu d'incinération, soit les mâchefers d'incinérateur, pour la réfection ou la construction d'infrastructures. Développer de nouvelles propriétés, à partir du mâchefer valorisé, permettant d'améliorer la qualité des infrastructures routières. Adapter à la problématique de nos conditions climatiques nordiques, les

SUIVI OU RÉSULTATS

technologies existant en Europe et aux États-Unis pour la valorisation du mâchefer d'incinérateurs d'ordures ménagères en infrastructures routières.

La comparaison des profils de température de la planche d'essai avec la chaussée conventionnelle a été faite à différentes dates afin de mettre en évidence d'éventuelles différences dans le comportement thermique. Durant le gel, de novembre au 5 mars 1998, les profils de température aux trois forages sont identiques. Durant le dégel, qui a commencé après le 5 mars, on remarque que la chaussée conventionnelle se réchauffe plus rapidement que la planche d'essai avec mâchefer. Cependant, il semble que les différences entre les profils de température diminuent avec le temps.

Dans le rapport final (à paraître en février 1999), on aura plus de données pour valider ces observations.

D'ores et déjà, on peut affirmer que le mâchefer est un matériau routier équivalent au sable classe « A » du point de vue thermique. Selon les essais de chargement, on a également établi que le mâchefer est aussi équivalent au sable du point de vue mécanique. Des essais additionnels au déflectomètre à masse tombante ont été effectués à l'été 1998 et seront analysés à l'automne 1998.

Du point de vue hydrique, il apparaît que le mâchefer contrôle un peu mieux l'humidité dans les matériaux MG-20 que le sable utilisé comme matériau de sous-fondation. Cette observation est surprenante, car la teneur en eau dans le mâchefer est relativement élevée, elle mérite donc une étude plus poussée en conditions contrôlées de laboratoire.

Des discussions se poursuivent avec le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec pour établir un critère final applicable à la qualité des eaux souterraines et des eaux de percolation dans le cadre d'une réutilisation du mâchefer en infrastructures routières. De façon préliminaire, un critère équivalent à dix fois la norme appliquée pour l'eau potable a été fixé dans le cadre du projet en cours.

Les résultats disponibles à ce jour montrent que, dans le cas des eaux souterraines, tous les métaux analysés ainsi que les chlorures et les sulfates sont présents à des concentrations inférieures aux critères établis préliminairement.

Pour les eaux de percolation, le critère établi pour les métaux est également respecté. Aucune augmentation de la concentration des métaux n'a été observée. Un seul point d'échantillonnage montre une augmentation de la concentration en chlorures. L'interprétation de ces résultats sera complétée une fois que l'échantillonnage et les analyses seront terminés, soit vers le mois de décembre 1998.

Utilisation du « Stabicol 90 » sur le boulevard Lemire

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Drummondville Responsable technique : Daniel Parenteau, Ville de Drummondville Autres intervenants : Groupe HBA, Université de Sherbrooke, Sintra inc., Les Laboratoires Shermont inc. Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	La Ville de Drummondville a sur son territoire des artères collectrices qui n'ont pas les capacités structurales pour supporter l'augmentation croissante du trafic lourd, notamment dans les secteurs à haute densité industrielle et commerciale. L'entretien de ces rues est onéreux et les méthodes conventionnelles de réfection ne sont plus appropriées pour rencontrer à long terme les objectifs économiques, scientifiques et environnementaux en regard du maintien des réseaux de circulation.
DESCRIPTION	Ce projet d'expérimentation d'une nouvelle technologie de réfection et de renforcement de la chaussée du boulevard Lemire comprenait les travaux suivants : - réfection d'un tronçon de 2 740 m situé entre la rue Saint-Pierre et le boulevard Jean-de-Brébeuf; - pulvérisation d'un revêtement bitumineux et expérimentation d'un liant bitume-ciment pour stabiliser le mélange par l'addition du liant Stabicol 90 formant la couche de liaison; - application d'une mince couche de surface en béton bitumineux de type SP-10; - contrôle et suivi de l'expérience ainsi que la rédaction d'un rapport. Le liant Stabicol 90 est un liant composite, fruit du mariage des deux grands liants de base dans l'industrie routière, soit la technique des chaussées rigides avec comme liant le ciment et la technique des chaussées souples avec comme liant le bitume. Le liant Stabicol 90 pourrait donc permettre la venue d'une nouvelle classe de techniques routières que l'on pourrait appeler de semi-rigides ou de semi-souples.
ASPECT INNOVATEUR	Ce procédé, de type Stabicol 90, développé en France, a fait l'objet d'une étude comparative en laboratoire. Les résultats des essais en laboratoire confirment une bonne capacité de support par rapport aux technologies conventionnelles. Le

SUIVI OU RÉSULTATS

projet proposé du boulevard Lemire constitue un banc d'essai.

Pour faciliter le suivi du projet, et plus spécifiquement pour permettre des observations détaillées et des comparaisons entre les deux procédés de stabilisation, trois planches d'essai de 150 m de longueur chacune ont été définies. Deux de ces planches ont été stabilisées au Stabicol 90 et la troisième au CSS-1. Certains éléments de synthèse du projet sont résumés par les intervenants de l'Université de Sherbrooke à la suite des mesures de terrain et des études en laboratoire.

Le matériau pulvérisé et stabilisé au Stabicol 90 développe des indices de portance environ deux fois plus élevés que ceux obtenus avec une émulsion de bitume conventionnelle. Comme le matériau stabilisé développe des modules de portance statique et dynamique plus élevés à court et à long terme, cela lui confère un avantage indéniable quant à la possibilité de l'utiliser pour la stabilisation de chaussées à haut débit de circulation. De plus, un temps de cure de 24 heures suffit à développer de bonnes résistances mécaniques, alors que l'émulsion de bitume conventionnelle nécessite une période de cure beaucoup plus longue.

L'utilisation de ciment dans l'émulsion n'a pas engendré de fissuration causée par l'hydratation du ciment. Par ailleurs, les indices de fissuration obtenus après deux années de mise en service se comparent à ceux obtenus lors de projets de construction conventionnels. Les ornières en piste de roues et des micro-fissures laissent présager une fatigue hâtive du revêtement, qui pourrait être causée par un revêtement trop mince.

La méthode de réhabilitation par pulvérisation et stabilisation en place en milieu urbain comporte cependant des difficultés de réalisation inhérentes au procédé, soit l'homogénéité, la difficulté de mise en place au voisinage des structures (autour des regards) et le contrôle des épaisseurs d'intervention.

Selon le comportement général, le projet a été divisé en deux tronçons. La différence de comportement entre les deux pourrait provenir de la nature différente des matériaux d'infrastructure et des étapes de la pulvérisation et de la stabilisation qui n'ont pas été aussi bien contrôlées dans le premier tronçon réalisé.

Les principales observations du suivi permettent de conclure positivement quant à l'utilisation du Stabicol 90 pour stabiliser les matériaux recyclés. Les mesures effectuées sur le terrain et en laboratoire indiquent une capacité de support deux fois plus élevée pour les matériaux stabilisés au Stabicol que pour ceux stabilisés au CSS-1.

Expérimentation d'un enrobé avec ajout de polyéthylène sur le boulevard René-Lévesque

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Drummondville
 Responsables techniques : Gérald Lapierre et Daniel Parenteau, Ville de Drummondville
 Autre intervenant : Sintra inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

La Ville de Drummondville a prolongé en 1995 la chaussée du boulevard René-Lévesque entre le boulevard Saint-Joseph et l'autoroute Jean-Lesage sur une longueur de 670 m. Ce boulevard est, par conséquent, très sollicité et la Ville désirait appliquer un revêtement durable résistant bien aux charges importantes.

Les bitumes utilisés dans les enrobés sont de façon habituelle des bitumes de pénétration 85 - 100. Ces bitumes sont un compromis entre les comportements des bitumes à température estivale (30-50 °C) et à température hivernale (-30 °C). En été, le bitume conventionnel a un module faible favorisant le fluage et l'orniérage. En hiver, le bitume a un module plus élevé, mais il est fragile, cassant et sensible à la fissuration thermique de retrait.

Les essais et réalisations, en France et aux États-Unis, ont démontré l'apport intéressant de polyéthylène à basse densité linéaire (PEBDL) dans les enrobés bitumineux. Une firme du Texas a démontré que l'ajout de PEBDL modifie la rhéologie du liant en réduisant la partie visqueuse (à déformation permanente) au profit de la partie visco-élastique. De même, un enrobé avec ce type d'ajout est modifié de façon importante par rapport au fluage (résistance à l'orniérage) et voit donc sa résistance à la traction augmenter.

Par conséquent, les performances de l'enrobé sont augmentées en ce qui touche sa résistance à l'orniérage. La courbe de fatigue du matériau est abaissée fournissant ainsi un module plus constant avec la température. Enfin, les caractéristiques du bitume telle sa susceptibilité thermique ne sont pas affectées.

DESCRIPTION

Le projet présenté par la Ville de Drummondville consistait en l'expérimentation d'un nouveau type d'enrobé bitumineux contenant du polyéthylène. Les travaux projetés consistaient en la construction de la couche de base d'une épaisseur de 70 mm d'enrobé de type EB-14 PE avec bitume routier de

pénétration 150 - 200 avec 0,6 % d'ajout de polyéthylène à basse densité linéaire (produit de recyclage des enveloppes de câbles téléphoniques et de contenants). La construction s'est déroulée en deux étapes. L'étape 1 est la construction de la couche de base jusqu'à 250 mm des futures bordures permettant l'utilisation du boulevard avant de procéder à l'étape finale du pavage.

Il a donc été proposé d'appliquer 70 mm d'enrobé de type EB-14-PE avec bitume routier de pénétration 150-200 avec 0,6 % d'ajout de polyéthylène à basse densité linéaire sur une longueur de 670 m et une largeur de 15 m.

ASPECT INNOVATEUR

Ce nouveau produit, le EB-14-PE, présente la nouveauté de tester le comportement de cet enrobé avec un liant plus mou pour améliorer ses performances à basse température, et avec ajout de PEBDL, pour améliorer ses performances à haute température. La réalisation de ce projet permettra d'évaluer l'intérêt et le potentiel d'utilisation de ce produit sur les infrastructures québécoises soumises aux conditions climatiques sévères qu'on connaît.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'évaluation de la performance du revêtement sera faite sur une période minimale de trois ans. Le suivi comprend la mesure de l'orniérage, le relevé de la fissuration et l'évaluation de la durabilité et des propriétés du revêtement. Les résultats des essais relatifs au suivi seront compilés et interprétés par la firme Sintra à partir de l'automne 1998. Toutefois, des essais réalisés à l'automne 1997 se résument ainsi :

- état de la surface : aucune dégradation particulière, aucune fissure (aut. 1997);
- uni : 1,21 (indice de roulement, IRI : très bon);
- glissance : 0,72 mm (hauteur de sable; rugosité : excellente), 65 (BPN);
- ornières : inférieures à 3 mm (moyenne, toutes les voies).

Enrobé bitumineux contenant des bardeaux d'asphalte recyclés

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Drummondville Responsable technique : Gérald Lapierre, Ville de Drummondville Autre intervenant : Sintra inc. Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	La ville de Drummondville, comme plusieurs autres municipalités, a sur son territoire des routes non revêtues possédant tout de même les capacités structurales pour supporter l'augmentation du trafic lourd, notamment dans les secteurs à haute densité industrielle et commerciale. L'entretien de ces routes est onéreux et les méthodes conventionnelles de réfection ne sont plus appropriées pour rencontrer à long terme les objectifs économiques, scientifiques et environnementaux. L'artère retenue pour la réalisation de cet essai requiert une réfection de sa surface, et le choix de celle-ci par les partenaires du projet permettra de démontrer l'efficacité et la rentabilité de cette nouvelle technologie américaine.
DESCRIPTION	En partenariat avec l'entreprise Sintra, la Ville réalise un projet expérimental d'application d'une nouvelle technologie pour la réfection de la rue Power. On procédera à la réfection d'un tronçon de 730 m par la pose d'une couche d'enrobé bitumineux comprenant environ 10 % de bardeaux d'asphalte recyclés (BAR) sur la rue Power, qui comprendra les travaux suivants : - scarifier, reprofiler à l'aide de pierre concassée et compacter la chaussée non revêtue actuellement; - expérimenter un enrobé bitumineux de type EG 14 comprenant environ 10 % de bardeaux d'asphalte recyclés (BAR) sur une épaisseur de 75 mm au taux de 190 kg/m², soit environ 1 320 t pour une longueur de 630 m. Le mélange sera dénommé S-3BAR14; - réaliser une planche de référence de 75 mm d'enrobés EB-14 sur une longueur de 100 m.
ASPECT INNOVATEUR	Ce procédé, un enrobé bitumineux de type EG 14 comprenant environ 10 % de bardeaux d'asphalte recyclés (BAR) est nouveau au Québec. Les résultats des essais en laboratoire effectués aux États-Unis confirment que l'addition de 10 % de BAR dans des mélanges de type SMA (Stone Matrix Asphalt) conduit à un meilleur comportement en ce qui touche la fissuration thermique et les capacités

SUIVI OU RÉSULTATS

d'autoréparation de l'enrobé. Le banc d'essai proposé de la rue Power est approprié pour les objectifs de l'expérience en plus de présenter des avantages environnementaux et économiques. Ce projet encourage non seulement les efforts de recherche du secteur privé et public, mais il favorise la réutilisation de matériaux recyclés.

Les étapes de l'expérimentation visent dans un premier temps à évaluer la portance de la chaussée en gravier, à étudier la formulation du produit et à évaluer la circulation au moyen de comptages.

Pendant les travaux, on a procédé à un échantillonnage du S-3BAR14 à chaque 200 t (800 m²), à une analyse granulométrique et de la teneur en bitume d'un échantillonnage du EB 14, à une analyse granulométrique et de la teneur en bitume et à un relevé des taux de pose et de la compacité. On a terminé les travaux par une évaluation de l'état de la surface et une évaluation des profils longitudinal et transversal.

Pour sa part, le suivi sur 2 ans permettra de faire l'évaluation des éléments suivants :

- la portance de la chaussée entre 3 à 6 mois après la mise en service;
- les relevés après 1 an et 2 ans de l'orniérage et de la fissuration sur les sections en enrobés EB 14;
- les profils longitudinal et transversal;
- la circulation au moyen de comptages après 1 an et 2 ans.

Une comparaison des résultats des différents tests effectués sur une planche d'essai avec ceux réalisés sur la planche témoin sera effectuée pour juger de la performance de la nouvelle technique. Des rapports progressifs annuels et un rapport final seront présentés par l'entrepreneur effectuant les travaux, et un rapport de performance comparera la technique expérimentée et les coûts dans le cadre du champ de réhabilitation de chaussées en gravier.

Expérimentation de technologies géosynthétiques sur les systèmes de drainage routier municipal

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : LaSalle
Responsable technique : Robert J. Marcil, Ville de LaSalle
Autres intervenants : SAGEOS et le MTQ

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Les signes de vieillissement et de fatigue du réseau routier apparaissent sous l'effet conjugué du temps, de la circulation de plus en plus lourde et dense, et aussi des conditions rigoureuses de notre climat nordique. Entre autres, le gel associé à la présence de l'eau engendre des dégradations qui se manifestent généralement par des fissures, un profil ondulé de la chaussée et une qualité de roulement acceptable en été, mais insatisfaisante en hiver. Il s'agit là d'un problème rencontré dans l'ensemble des municipalités du Québec. Ces défauts peuvent s'expliquer par l'absence de drainage qui favorise l'accumulation d'eau avant l'hiver et au printemps.

Les systèmes drainants sont peu utilisés sur le réseau routier appartenant aux municipalités. Le drainage des routes municipales est peu considéré compte tenu, d'une part, du manque de renseignements quant aux contraintes de conception et à l'efficacité réelle de ces systèmes et, d'autre part, du peu d'information portant sur l'aspect économique de ceux-ci.

DESCRIPTION

La Ville de LaSalle, en partenariat avec une équipe interdisciplinaire, présente un projet d'expérimentation de différents systèmes de drainage routier municipal utilisant des technologies géosynthétiques (géodrain).

Plus précisément, le projet d'expérimentation vise l'étude de huit systèmes de drainage routier sur autant de planches d'essai comparables entre elles et représentant le plus fidèlement possible les conditions que l'on retrouve sur nos routes municipales. Les huit planches d'essai, d'une longueur de 35 m chacune, seront installées de façon contiguë sur la route longeant le parc Agrignon, entre les regards NS-6 et SCH-18. Chaque système de drainage sera installé de part et d'autre de la chaussée et sera relié à un puisard où certains instruments de mesure permettront de recueillir des données importantes pour en évaluer la performance.

L'instrumentation des planches d'essai permettra des comparaisons avec la planche témoin (sans système de drainage) et aussi entre chacune des planches d'essai. Les caractéristiques générales des systèmes de drainage utilisés sont les

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

suivantes :

- 1- Noyau en forme de tuyau plat de 450 mm avec filtre géotextile non-tissé thermolié (FOS = 115 um);
- 2- Noyau en polyéthylène alvéolé de 450 mm, avec filtre géotextile non-tissé aiguilleté (FOS = 86 um);
- 3- Noyau en polyéthylène alvéolé de 300 mm, avec filtre géotextile non-tissé aiguilleté (FOS = 86 um);
- 4- Drain tri-couches (deux filtres non-tissés et un noyau non-tissé très poreux) connecté à un tuyau perforé (FOS = 107 um);
- 5- Noyau en polyéthylène alvéolé de 450 mm, avec filtre géotextile non-tissé thermolié (FOS = 84 um);
- 6- Noyau multi-tubes perforés, avec filtre géotextile non-tissé aiguilleté (FOS = 115 um);
- 7- Drain de pierre nette avec filtre géotextile non-tissé (FOS = 55-80 um);
- 8- Tuyau perforé avec géotextile tricoté très ouvert (FOS = 321 um).

ASPECT INNOVATEUR

L'aspect innovateur du projet réside dans l'expérimentation comparative, tant sur le plan technique que sur le plan économique, de ces huit systèmes de drainage en milieu municipal.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les résultats suivants présentent l'état d'avancement des travaux après 12 mois de suivi, soit en mars 1998.

- Caractérisation du site expérimental

Les mesures piézométriques et les mesures de débit ont permis de confirmer que le site expérimental est problématique du point de vue du drainage. L'eau circule sous forme de canaux souterrains localisés, interceptés au niveau de la fondation de chaussée par les drains latéraux positionnés en bordure de chaussée.

- Conditions environnementales infligées au site pendant l'année de suivi

Les mesures de profondeur de gel ont montré que la sévérité des conditions de gel pendant l'année de suivi a été moyenne.

- Comportement des systèmes drainants

Les mesures de teneur en eau ont montré que, d'une façon générale, les variations annuelles sont faibles ou modérées, malgré la variation de la quantité de pluie reçue les jours précédant les mesures. Cela signifie que les drains ont contribué à maintenir la teneur en eau de la fondation des chaussées à un niveau

relativement constant et que les systèmes de drainage fonctionnent donc bien.

Le suivi effectué lors d'une averse a montré clairement que les drains ont permis de diminuer l'accès de l'eau à la fondation et d'assécher rapidement cette dernière à la fin de l'averse.

Résultats obtenus à la suite de la campagne d'échantillonnage (après 25 mois d'usage).

État des filtres

- Les observations générales et microscopiques montrent que les filtres géotextiles installés dans les secteurs 2 à 8 se sont bien comportés, ne laissant pas passer une trop grande quantité de particules fines.
- Une contamination prononcée du géotextile tricoté très ouvert (FOS = 321 um) par des particules fines du sol naturel a été observée.
- La perméabilité des produits excavés ainsi que l'observation des images microscopiques montrent cependant qu'aucun des filtres n'a perdu sa fonctionnalité.
- Aucune trace de colmatage de surface n'a été détectée sur les filtres.

État des drains

- Tous les drains des secteurs 2 à 7 ont conservé leur forme originale. Celui du secteur 8 a subi un cisaillement horizontal, associé à une fissuration de pavage à la verticale du drain.
- Le tuyau perforé flexible du secteur 9 a subi une ovalisation attribuable directement à la faible résistance à la compression de celui-ci.
- Des traces de sol pouvaient être détectées en quantité négligeable dans tous les noyaux des drains des secteurs 2 à 8. Le tuyau perforé avec filtre géotextile tricoté très ouvert (FOS = 321 um) montrait par contre une accumulation de sol de l'ordre de 1 cm. Cependant, dans la mesure où le chemin d'écoulement n'est pas obstrué et que des débits continuent d'être enregistrés, les drains ont tous conservé leur fonctionnalité.

Un rapport final sera remis en fin de projet (printemps 1999).

Stabilisation de chaussées à l'aide de bitume moussé additionné de chaux

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Laval
 Responsables techniques : Luc Lahaie et Denis Gervais, Ville de Laval
 Autres intervenants : La firme CIMA +, le Laboratoire de Béton/ SIREM, Bétonsol, l'ETS et le MTQ

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Le recyclage des matériaux routiers est de plus en plus présent dans nos méthodes de construction. La réutilisation des matériaux permet en effet de diminuer le volume amené aux sites de rebuts, de diminuer les matériaux neufs requis et d'économiser sur les coûts de transport et de disposition. Comme les chaussées recouvertes de béton bitumineux comptent pour plus de 80 % du réseau routier du Québec, le recyclage des matériaux de chaussées prend toute son importance dans la reconstruction des chaussées existantes.

Parmi les techniques de recyclage les plus utilisées pour réhabiliter le comportement structural des fondations granulaires contaminées avec des particules fines, on retrouve la stabilisation de granulats routiers à l'aide de produits de bitume, tels que le bitume liquide, les émulsions et le bitume moussé.

DESCRIPTION

Les travaux prévus dans le cadre de ce projet d'expérimentation consistent à réaliser à l'échelle réelle des travaux ayant déjà fait l'objet d'une étude avancée dans le cadre du « Programme d'aide à la recherche - Développement en transport » (PAR-DT). Cette étude portait sur l'utilisation du bitume moussé avec addition de chaux hydratée pour la stabilisation de chaussées dont les fondations granulaires sont contaminées avec des particules fines. Réalisée en laboratoire, elle a permis de conclure que l'ajout de chaux et de ciment permettait d'améliorer les propriétés structurales des chaussées comprenant des matériaux marginaux et atténuait les variations de ces propriétés sous des conditions d'humidité et sous les effets du gel et dégel.

Afin de valider les résultats obtenus à l'étude pilote, la Ville de Laval a décidé de procéder à la construction d'une planche d'essais de la nouvelle technologie et de six planches de référence de 100 m de long chacune ceci, pour expérimenter différentes variations du mélange stabilisé et vérifier le comportement par rapport à la planche d'essai. Les six planches d'essai sont localisées sur le boulevard Industriel, côté ouest, entre la rue Salaberry et l'avenue Munk.

ASPECT INNOVATEUR

Les éléments suivants de la technique proposée seront étudiés. Cette technique :

- permet le renforcement d'une chaussée contaminée par un traitement en centrale (à la mousse de bitume et à la chaux hydratée);
- est complémentaire à une méthode entièrement développée au Québec (stabilisation au bitume moussé) qui est de plus en plus utilisée tant ici qu'à l'extérieur du pays;
- constitue une méthode écologique, car elle réutilise les matériaux en place;
- constitue une méthode économique au regard des méthodes conventionnelles de reconstruction de chaussée parce qu'elle ne requiert pratiquement pas de nouveaux matériaux;
- est une méthode rapide de construction qui permet un retour rapide de la circulation;
- vise à redonner à la chaussée une durée de vie de 20 ans, au même titre qu'une construction neuve, à un coût similaire ou moindre.

SUIVI OU RÉSULTATS

À la suite des travaux qui se sont terminés en 1996, un suivi sur deux ans, à la fréquence de quatre séries de lecture par année, a été entrepris. Le rapport d'étape no 2 laisse entrevoir des résultats intéressants pour la réhabilitation des chaussées. Toutefois, la méthodologie du traitement et les coûts seront à réévaluer avant de publier le rapport final. Les rapports d'étape sont publiés à tous les six mois pendant les deux années suivant les travaux. Les observations faites visent à apporter des renseignements sur les dégradations et la capacité structurale de la chaussée de façon à établir le comportement de la route en fonction des facteurs liés à l'environnement et au trafic.

Les premiers résultats d'octobre 1996 se résumaient ainsi :

- état de la surface : aucune fissure;
- uni : 2,3 (indice de roulement, IRI : très bon);
- orniérage moyen : 0,0 mm;
- capacité structurale : 0,42 mm (une réduction de 42 % de la déflexion moyenne);
- capacité de support : 11 t (moyenne).

Et ceux de juillet 1997 se résumaient comme suit :

- état de la surface : une fissure dans un joint de construction;
- uni : 2,6 (indice de roulement, IRI : très bon);
- orniérage moyen : 0,0 mm;
- capacité structurale : 0,45 mm (déflexion moyenne);
- capacité de support : 11,7 t (moyenne).

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

De plus, pour un coût inférieur de 1,30 \$/m², on n'intervient que sur 200 mm d'épaisseur et les résultats à ce jour indiquent un comportement structural supérieur à celui d'une reconstruction conventionnelle.

Réhabilitation de chaussées par stabilisation au liant ciment-bitume

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Laval Responsable technique : Luc Lahaie, Ville de Laval Autres intervenants : Sintra inc., CIMAT, Bétonsol, Laboratoire de béton ltée Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	La Ville de Laval, comme plusieurs municipalités, a sur son territoire des artères collectrices n'ayant pas les capacités structurales pour supporter l'augmentation du trafic lourd, notamment dans les secteurs à haute densité industrielle et commerciale. L'entretien de ces rues est onéreux et les méthodes conventionnelles de réfection ne sont plus appropriées pour rencontrer à long terme les objectifs économiques, scientifiques et environnementaux au regard du maintien des réseaux de circulation. L'artère retenue pour la réalisation de cet essai requiert une réfection complète. Le choix de celle-ci par les partenaires du projet permettra non seulement à la Ville de reconstruire ce boulevard, mais sera déterminant dans la démonstration de l'efficacité et de la rentabilité de cette nouvelle technologie européenne. Le contexte de l'application souhaitée est un DJMA de 11 300 véh./jour, ce qui se traduit par un DTN de 500 et un ECAS de 3 500 000 sur une période de 20 ans. La technique de la stabilisation des fraisats d'enrobé bitumineux corrigés avec l'ajout de pierre concassée 20-0mm se développe au Québec depuis près de 10 ans.
DESCRIPTION	Ce projet d'expérimentation d'une nouvelle technologie vise la réfection d'un tronçon de 14 300 m² par mélange granulaire recyclé de granulats de béton bitumineux concassé et de granulats de béton de ciment concassé. Ce mélange sera stabilisé en usine et permettra le renforcement de la chaussée du boulevard Le Corbusier entre les boulevards Saint-Martin et du Souvenir. Le projet comprendra trois planches de référence pour comparaison avec la technique utilisée.
ASPECT INNOVATEUR	Ce procédé, de type Stabicol 90, développé en France, a fait l'objet d'une étude comparative en laboratoire dont les résultats confirment une bonne capacité de support par rapport aux technologies conventionnelles. Le banc d'essai proposé du boulevard Le Corbusier est approprié pour l'atteinte des objectifs de réduction

des coûts et de réutilisation des résidus de planage visés par l'expérience. La structure proposée est suffisante pour corriger la faiblesse structurale notée et éliminer la criblure de pierre directement sous le pavage; ce matériau étant reconnu pour son excès de fines pour accélérer la détérioration des chaussées.

Le liant Stabicol 90 est un liant composite, fruit du mariage des deux grands liants de base dans l'industrie routière, soit la technique des chaussées rigides avec comme liant le ciment et la technique des chaussées souples avec comme liant le bitume. Le liant Stabicol 90 permet donc la venue d'une nouvelle classe de techniques routières que l'on pourrait qualifier de semi-rigides ou de semi-souples, en plus de présenter des avantages environnementaux et économiques. L'aspect novateur tient ici à la préparation en usine et à l'utilisation du liant dans une couche de renforcement de la chaussée. Ce projet encourage non seulement les efforts de recherche des secteurs privé et public, mais favorise la réutilisation de matériaux recyclés et réduit par conséquent le volume de déchets de matériaux. Selon Sintra, la comparaison des coûts entre le projet présenté et une reconstruction traditionnelle ou un traitement de béton moussé qui tient compte de la performance à moyen et long terme peut avantager la technologie proposée.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les étapes de l'expérimentation ont commencé avant les travaux par : une évaluation de la cote visuelle de la chaussée et du degré d'avancement des différentes dégradations rencontrées, un relevé du confort de roulement, l'évaluation de la capacité structurale par déflectomètre Dynaflect, une détermination de la nature des matériaux en place et de l'épaisseur des couches par des fouilles dans la chaussée et une évaluation de la granulométrie des forages.

Pendant les travaux, les étapes d'évaluation de la granulométrie des granulats récupérés, d'essais de densité en place sur les matériaux stabilisés et sur les enrobés bitumineux, d'essais de laboratoire complets et de mesure du module de résilience des couches constituant la chaussée préalablement à la mise en place des couches supérieures ont été effectuées.

À la fin des travaux on a procédé à l'évaluation de l'état de la surface, à l'évaluation des profils longitudinal et transversal et à l'évaluation de la capacité structurale. Le suivi d'expérimentation sera fait pendant deux ans par une mesure de la performance comportant le relevé de l'uni, le relevé du confort au roulement, le relevé des dégradations, des ornières, des fissures, de l'arrachement, des pelades, l'évaluation des effets du gel sur la chaussée et l'évaluation de la capacité structurale à l'aide des appareils Dynaflect.

Une comparaison des résultats des différents tests effectués sur les trois planches témoins et de ceux obtenus sur la chaussée expérimentée a été effectuée pour apprécier la performance de la nouvelle technique. Des rapports progressifs annuels et un rapport final seront présentés par l'entrepreneur effectuant les travaux et par l'expert-conseil responsable du suivi. Un rapport de performance de l'expert-conseil comparera la technique expérimentée dans le cadre du champ de réhabilitation de chaussées en béton bitumineux.

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

Enrobés bitumineux en milieu résidentiel

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalités : Lévis, Québec, Sainte-Foy, Boucherville et Charlesbourg Responsable technique : Sera repris pour chaque municipalité Autre intervenant : Technisol Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Réalisation en cours
PROBLÉMATIQUE	Depuis de nombreuses années, le ministère des Transports (MTQ) joue un rôle de premier plan dans la conception et l'amélioration des mélanges bitumineux. Cependant, les mélanges élaborés par ce ministère visent des routes où les sollicitations et la densité du trafic diffèrent de celles du milieu résidentiel ou municipal. Le projet propose donc d'adapter ou de développer des mélanges du MTQ aux spécificités des conditions urbaines. En partenariat avec l'entreprise Technisol, les municipalités réalisent un projet expérimental pour le développement de différentes méthodes de formulation LC (laboratoire des chaussées). Devant la croissance des coûts, la détérioration des chaussées et la limitation des budgets, il est absolument nécessaire d'optimiser la réhabilitation des chaussées et la construction de nouvelles chaussées et de leur donner les moyens de résister non seulement aux charges imposées par la circulation mais aussi aux contraintes imposées par les conditions climatiques.
DESCRIPTION	Ce projet vise l'élaboration de nouveaux mélanges d'enrobés bitumineux adaptés au milieu résidentiel. Le projet soumis fait suite à une détermination par le monde municipal du besoin d'optimiser les méthodes de formulation en fonction des composantes pour des applications en couche unique, en multicouches ou en couche d'usure. Les municipalités participant à ce projet sont, outre Lévis, Québec, Boucherville, Sainte-Foy et Charlesbourg. Chaque municipalité participante construira une planche d'essai. Les planches permettront de vérifier le comportement des différents mélanges produits. Le bitume confère à l'enrobé sa flexibilité et sa capacité de résister à certaines dégradations causées par plusieurs facteurs dont le trafic, les conditions climatiques du site, etc. Un pourcentage élevé de bitume est donc requis dans les mélanges bitumineux pour atteindre les caractéristiques recherchées dans la formulation des enrobés sans nuire à la stabilité du mélange.

ASPECT INNOVATEUR

Actuellement, les données sur les constituants des mélanges bitumineux concernent les qualités et les propriétés des granulats de la région où se feraient les travaux et des liants disponibles chez les fournisseurs. La méthode de formulation LC vise à fixer un maximum de bitume pour assurer la durabilité de l'enrobé. L'étude vise à fixer les différents paramètres propres à la formulation LC pour les enrobés de type EB 10C, soit l'évolution des vides requis en fonction du nombre de girations de la presse à cisaillement giratoire (PCG). Cet appareil est un outil de compactage d'un échantillon qui permet d'obtenir, lors de la formulation, des renseignements sur la maniabilité et la compactibilité du mélange. Un mélange trop maniable est considéré comme ayant tendance à présenter des ornières.

Ce projet encourage donc les efforts de recherche des secteurs privé et public pour trouver des solutions adaptées au monde municipal. Pour ce projet d'expérimentation, le développement, le transfert technologique et l'optimisation des techniques sont les principaux domaines dans le cadre desquels des retombées sont attendues.

SUIVI OU RÉSULTATS

La méthodologie adoptée comprend une étude bibliographique, une définition des constituants, une formulation des mélanges et des essais en laboratoire. De plus, chaque planche fera l'objet d'un suivi de comportement sur une période de trois ans comprenant les relevés suivants :

- examens visuels des planches d'essai et relevés des caractéristiques de surface;
- relevés des dégradations, des ornières et des fissures;
- essais de pénétration résiduelle sur des carottes prélevées dans les planches d'essai.

Une comparaison des résultats des différents tests effectués sur les planches d'essai avec ceux réalisés en laboratoire sera effectuée pour juger de la performance de la nouvelle technique. Des rapports progressifs annuels et un rapport final seront présentés par le consultant effectuant les travaux expérimentaux.

Responsables techniques :
Pierre Perreault (Sainte-Foy)
Ève Francoeur (Charlesbourg)
Alain Francoeur (Lévis)
Jean Binette (Boucherville)
Serge Fortin (Québec)

**Technique de réfection de chaussée mixte
Concassage en place par Rubblizing et S-Base**

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
Autres intervenants : Fondatec et Sintra inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Les chaussées présentant une structure fortement dégradée et ayant une vie utile résiduelle presque nulle nécessitent une intervention de réhabilitation pour qu'elles soient efficaces. Il faut optimiser les techniques de réhabilitation tout en présentant des impacts positifs sur la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles.

Par conséquent, la Ville de Montréal souhaite expérimenter de nouvelles technologies de réfection permettant d'économiser, de recycler et de prolonger la vie utile des structures endommagées.

DESCRIPTION

Le site retenu pour la mise en œuvre de la technique est l'avenue Victoria. Le projet commence à la rue Mackenzie pour se terminer au boulevard Jean-Talon. La superficie recouverte totalise approximativement 4 700 m². L'avenue Victoria est une chaussée fortement sollicitée supportant un trafic d'environ 300 à 1 000 ECAS par jour dans la voie la plus utilisée.

Le projet permet d'expérimenter une technique de réhabilitation pour les chaussées mixtes fortement sollicitées. Elle consiste, d'une façon générale, à remplacer la structure de chaussée existante par une fondation utilisant une technique de concassage de la dalle de béton de ciment par Rubblizing. Puis, on utilise un enrobé bitumineux à module élevé, le S-Base, comme couche de base sous-jacente à un enrobé bitumineux à granulométrie discontinue et le S-Rug, comme couche d'usure. Les étapes de construction sont les suivantes :

1. planage et enlèvement du revêtement bitumineux recouvrant la dalle de béton;
2. concassage de la dalle de béton de ciment par Rubblizing;
3. pose d'un liant d'enrobage de type Colnet à un taux de 1,2 l/m²;
4. pose d'une couche de base de type S-Base de 80 mm d'épaisseur;
5. pose d'un liant d'enrobage de type Colnet à un taux de 0,35 l/m²;
6. pose de la couche de roulement de type S-Rug de 30 mm d'épaisseur.

ASPECT INNOVATEUR

Les principaux aspects innovateurs de cette technique sont :

- le recyclage du béton de ciment par concassage en place;
- l'utilisation d'un enrobé bitumineux à module élevé au niveau de la couche de base (S-Base);
- l'utilisation d'un enrobé à granulométrie discontinue au niveau de la couche de roulement (S-Rug).

Par ailleurs, la technique proposée utilise des matériaux recyclés stabilisés en centrale comme fondation supérieure, de même que des granulats de béton de ciment concassé et de fraisat d'enrobés bitumineux comme sous-fondation de chaussée.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le contexte de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001, duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les relevés suivants ont été effectués afin d'évaluer la performance de la technique réalisée, soit : capacité structurale, profils longitudinaux et transversaux, module de résilience, macrotexture de la surface de roulement, microtexture de la surface de roulement et relevé visuel.

Les résultats à la suite des travaux de construction se résument ainsi :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 3 089 MPa;
- module de résilience moyen de la fondation (59 mm) : 4 198 MPa;
- uni : 3,5 (indice de roulement IRI : bon);
- glissance : 0,78 mm (hauteur de sable), 78 (BPN sec), 60 (BPN humide);
- capacité structurale : 0,74 mm (déflexion moyenne).

Technique de réfection de chaussée mixte

Base stabilisée à la mousse de bitume avec ajout de ciment

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Fondatec et Construction Soter inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Les chaussées présentant une structure fortement dégradée et ayant une vie utile résiduelle presque nulle nécessitent une intervention de réhabilitation pour qu'elles soient efficaces. Il faut optimiser les techniques de réhabilitation tout en présentant des impacts positifs sur la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles.

Par conséquent, la Ville de Montréal souhaite expérimenter de nouvelles technologies de réfection permettant d'économiser, de recycler et de prolonger la vie utile des structures endommagées.

DESCRIPTION

Le site retenu pour la mise en œuvre de la technique est situé sur le boulevard Cavendish. Le projet commencera à la rue Terrebonne pour se terminer à environ 70 m au nord de la rue Somerled. La superficie recouverte totalisera approximativement 5 000 m². Le boulevard Cavendish est une chaussée moyennement sollicitée supportant un trafic de moins de 300 ECAS par jour dans la voie la plus utilisée.

Le projet permet d'expérimenter une technique de réhabilitation pour les chaussées mixtes moyennement sollicitées. Elle consiste, d'une façon générale, à remplacer la structure de chaussée existante par une fondation utilisant une technique de stabilisation à la mousse de bitume à laquelle est ajoutée une faible proportion de ciment Portland. La structure est préparée à partir de matériaux recyclés et de fraisat de béton bitumineux.

La chaussée existante, incluant la dalle de béton, est complètement excavée et transportée pour recyclage. Les matériaux de sous-fondation sont généralement excavés, pour une excavation totale de 500 mm. Une fondation de grave recyclée composée de 50 % de béton de ciment concassé et de 50 % de pierre concassée est mise en place avant la pose de 200 mm de grave stabilisée au bitume moussé additionné de ciment Portland. La grave stabilisée est composée de 70 % de grave recyclée et de 30 % de fraisat. La structure est complétée avec un revêtement bitumineux composé d'une couche de base de MB-20 de 60 mm

d'épaisseur et d'une couche d'usure de MB-10 de 40 mm d'épaisseur.
La durée de vie anticipée de cette réfection est de 20 ans.

ASPECT INNOVATEUR

Les principaux aspects innovateurs de cette technique sont :

- l'utilisation du ciment pour améliorer le comportement du matériau stabilisé;
- l'utilisation d'un système de contrôle de la poussière de ciment et de l'homogénéité du ciment dans le mélange; le contrôle de la poussière de ciment étant particulièrement important pour l'application de la technique en milieu urbain.

Par ailleurs, la technique proposée utilise des matériaux recyclés stabilisés en centrale comme fondation supérieure, de même que des granulats de béton de ciment concassé et de fraisat d'enrobés bitumineux comme sous-fondation de chaussée.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le contexte de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001, duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les relevés suivants ont été effectués afin d'évaluer la performance de la technique réalisée, soit : capacité structurale, profils longitudinaux et transversaux, module de résilience, indice de portance en laboratoire (essai CBR) et relevé visuel.

Les résultats à la suite des travaux de construction se résument ainsi :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 7 659 MPa;
- module de résilience moyen de la fondation (60 mm) : 4 116 MPa;
- uni : 2,8 (indice de roulement IRI : très bon);
- capacité structurale : 0,47 mm (déflexion moyenne).

**Technique de réfection de chaussée mixte
Rubblizing avec enrobé recyclé à l'émulsion polymère**

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autres intervenants : Fondatec et Talon Sebeq Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	Les chaussées présentant une structure fortement dégradée et ayant une vie utile résiduelle presque nulle nécessitent une intervention de réhabilitation pour qu'elles soient efficaces. Il faut optimiser les techniques de réhabilitation tout en présentant des impacts positifs sur la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles. Par conséquent, la Ville de Montréal souhaite expérimenter de nouvelles technologies de réfection permettant d'économiser, de recycler et de prolonger la vie utile des structures endommagées.
DESCRIPTION	Le site retenu pour la mise en œuvre de la technique est la rue Appleton. Le projet commencera à la rue Côte-des-Neiges pour se terminer au chemin Hudson. La superficie recouverte totalisera approximativement 4 250 m². La rue Appleton est une chaussée faiblement utilisée supportant un trafic de moins de 25 ECAS par jour dans la voie la plus utilisée. Le projet permet d'expérimenter une technique de réhabilitation pour les chaussées mixtes faiblement sollicitées. Elle consiste, d'une façon générale, à remplacer la structure de chaussée existante par une fondation utilisant une technique de concassage de la dalle de béton de ciment par Rubblizing avec ajout d'un enrobé recyclé à l'émulsion polymère recouvert d'un enrobé bitumineux conventionnel. Les travaux de réhabilitation commencent par le planage et l'enlèvement de tout matériau bitumineux se trouvant sur la dalle de béton. Par la suite, la dalle de béton existante est concassée en place par la technique du Rubblizing. La surface concassée est compactée et nivelée avant l'application d'une couche de liant d'accrochage constitué d'une émulsion polymère. La structure de chaussée est complétée avec une couche d'enrobé bitumineux recyclé à froid, en centrale mobile ou fixe, avec ajout d'une émulsion polymère HF-150.

La couche d'enrobé recyclé est recouverte d'un liant d'accrochage avant la mise en place de la couche de roulement constituée d'un enrobé à chaud de type MB-10.

La durée de vie anticipée de cette réfection est de 20 ans.

ASPECT INNOVATEUR

Les principaux aspects innovateurs de cette technique sont :

- le recyclage du béton de ciment par concassage en place;
- le recyclage du revêtement bitumineux par préparation d'un enrobé bitumineux à froid avec les fraisats de planage.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le contexte de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001, duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les relevés suivants ont été effectués afin d'évaluer la performance de la technique réalisée, soit : capacité structurale, profils longitudinaux et transversaux, module de résilience, indice de portance en laboratoire (essai CBR) et relevé visuel.

Les résultats à la suite des travaux de construction se résument ainsi :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 5 532 MPa;
- module de résilience moyen de la fondation (60 mm) : 2 095 MPa;
- uni : 2,0 (indice de roulement IRI : très bon);
- capacité structurale : 2,54 mm (déflexion moyenne).

**Technique de réfection de chaussée mixte
Recyflex avec EBC et Gripfibre**

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
Autres intervenants : Fondatec et Construction DJL inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Les chaussées présentant une structure fortement dégradée et ayant une vie utile résiduelle presque nulle nécessitent une intervention de réhabilitation pour qu'elles soient efficaces. Il faut optimiser les techniques de réhabilitation tout en présentant des impacts positifs sur la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles.

Par conséquent, la Ville de Montréal souhaite expérimenter de nouvelles technologies de réfection permettant d'économiser, de recycler et de prolonger la vie utile des structures endommagées.

DESCRIPTION

Le site retenu pour la mise en œuvre de la technique est situé sur deux rues distinctes. La première section de rue est située sur le boulevard Cavendish. Le projet commence à 70 m au nord de la rue Somerled pour se terminer à environ 132 m au nord de la rue Somerled.

La seconde section de rue est située sur la 36^e Avenue. Le projet commence sur la rue Sherbrooke et se termine au nord de la rue Sherbrooke.

La superficie recouverte totalisera approximativement 5 000 m². Le boulevard Cavendish et la 36^e Avenue ont des chaussées moyennement sollicitées supportant un trafic de moins de 300 ECAS par jour dans la voie la plus utilisée.

Le projet permet d'expérimenter une technique de réhabilitation pour les chaussées mixtes moyennement sollicitées. Elle consiste en la réfection de la chaussée en utilisant un matériau granulaire recyclé stabilisé en centrale à l'aide d'émulsion de bitume et ajout de ciment Portland.

La surface de la chaussée existante est planée et le béton bitumineux est transporté pour recyclage, alors que la dalle de béton est complètement excavée et transportée pour recyclage. Les matériaux de sous-fondation sont également excavés, pour une excavation totale de 420 mm. Une sous-fondation de 250 mm d'épaisseur constituée de grave recyclée elle-même composée de 50 % de béton de ciment concassé et de 50 % de pierre concassée est mise en place. La fondation possède une épaisseur de 130 mm et est constituée de grave stabilisée

à l'émulsion de bitume additionnée de ciment Portland. La grave stabilisée est composée de 70 % de béton concassé et de 30 % de fraisat. La structure est complétée par un revêtement constitué d'un MB-2 de 70 mm d'épaisseur et d'un Gripfibre 0-6 à granulométrie discontinue de 10 mm d'épaisseur.

ASPECT INNOVATEUR

Les principaux aspects innovateurs de cette technique sont :

- l'utilisation de chaux hydratée pour améliorer le comportement du matériau stabilisé;
- l'utilisation d'une couche d'usure constituée d'un enrobé bitumineux posé à froid à granulométrie discontinue et ajout de fibres.

Par ailleurs, la technique proposée utilise des matériaux recyclés stabilisés en centrale comme fondation supérieure, de même que des granulats de béton de ciment concassé et de fraisat d'enrobés bitumineux comme sous-fondation de chaussée.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le contexte de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001, duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les relevés suivants ont été effectués afin d'évaluer la performance de la technique réalisée, soit : capacité structurale, profils longitudinaux et transversaux, module de résilience, indice de portance en laboratoire (essai CBR) et relevé visuel.

Les résultats se résument ainsi pour le boulevard Cavendish :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 7 659 MPa;
- module de résilience moyen de la fondation (62 mm) : 1 077 MPa;
- uni : 2,5 (indice de roulement IRI : très bon);
- capacité structurale : 0,96 mm (déflexion moyenne).

et se résument ainsi pour la 36^e Avenue :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 3 089 MPa;
- module de résilience moyen de la fondation (64 mm) : 8 392 MPa;
- uni : 3,5 (indice de roulement IRI : bon);
- capacité structurale : 0,39 mm (déflexion moyenne).

Technique de réfection de chaussée mixte - Recyflex avec chaux hydratée et Gripfibre

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Fondatec et Construction DJL inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Les chaussées présentant une structure fortement dégradée et ayant une vie utile résiduelle presque nulle nécessitent une intervention de réhabilitation pour qu'elles soient efficaces. Il faut optimiser les techniques de réhabilitation tout en présentant des impacts positifs sur la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles.

Par conséquent, la Ville de Montréal souhaite expérimenter de nouvelles technologies de réfection permettant d'économiser, de recycler et de prolonger la vie utile des structures endommagées.

DESCRIPTION

Le site retenu pour la mise en œuvre de la technique est la 36^e Avenue. Le projet commence à l'autoroute 40 pour se terminer à 175 m au nord de la rue Sherbrooke. La superficie recouverte totalise approximativement 5 000 m². La 36^e Avenue a une chaussée moyennement sollicitée supportant un trafic de moins de 300 ECAS par jour dans la voie la plus utilisée.

Le projet permet d'expérimenter une technique de réhabilitation pour les chaussées mixtes moyennement sollicitées. Elle consiste en la réfection de la chaussée en utilisant un matériau granulaire recyclé stabilisé en centrale à l'aide d'émulsion de bitume et de chaux hydratée.

La chaussée existante, incluant la dalle de béton, est complètement excavée et transportée pour recyclage. Les matériaux de sous-fondation sont également excavés, pour une excavation totale de 500 mm. Une sous-fondation de grave recyclée composée de 50 % de béton de ciment concassé et de 50 % de pierre concassée est construite avant la mise en place de 100 mm de grave stabilisée à l'émulsion de bitume additionnée de chaux hydratée. La grave stabilisée est composée de 70 % de béton concassé et de 30 % de résidus de planage. La structure est complétée avec un mélange bitumineux de type MB-2 de 80 mm d'épaisseur et une couche de Gripfibre 0-6 à granulométrie discontinue de 10 mm d'épaisseur.

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

ASPECT INNOVATEUR

La durée de vie anticipée de cette réfection est de 20 ans.
Les principaux aspects innovateurs de cette réfection sont :

- l'utilisation de chaux hydratée pour améliorer le comportement du matériau stabilisé;
- l'utilisation d'une couche d'usure constituée d'un enrobé bitumineux posé à froid à granulométrie discontinue et ajout de fibres.

Par ailleurs, la technique proposée utilise des matériaux recyclés stabilisés en centrale comme fondation supérieure, de même que des granulats de béton de ciment concassé et de fraisat d'enrobés bitumineux comme sous-fondation de chaussée.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le contexte de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001, duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les relevés suivants ont été effectués afin d'évaluer la performance de la technique réalisée, soit : capacité structurale (FWD), profils longitudinaux et transversaux, module de résilience, macrotexture de la surface de roulement, microtexture de la surface de roulement, indice de portance en laboratoire (essai CBR) et relevé visuel.

Les résultats à la suite des travaux de construction se résument ainsi :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 4 738 MPa;
- module de résilience moyen de la fondation (62 mm) : 5 073 MPa;
- uni : 4,1 (indice de roulement IRI : bon);
- indice de portance CBR (matériau recyclé) : 33 (0,10 po), 47 (0,20 po);
- glissance : 1,46 mm (hauteur de sable), 95 (BPN sec), 74 (BPN humide);
- capacité structurale : 0,40 mm (déflexion moyenne).

Technique de réfection de chaussée mixte

Base stabilisée à la mousse de bitume et matériaux recyclés (Option A)

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Fondatec et Construction Soter inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Les chaussées présentant une structure fortement dégradée et ayant une vie utile résiduelle presque nulle nécessitent une intervention de réhabilitation pour qu'elles soient efficaces. Il faut optimiser les techniques de réhabilitation tout en présentant des impacts positifs sur la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles.

Par conséquent, la Ville de Montréal souhaite expérimenter de nouvelles technologies de réfection permettant d'économiser, de recycler et de prolonger la vie utile des structures endommagées.

DESCRIPTION

La superficie recouverte totalisera approximativement 6 460 m². Ces chaussées sont moyennement sollicitées, supportant un trafic de moins de 300 ECAS par jour dans la voie la plus utilisée. Les rues Saint-Castin, Hamelin et Victor-Doré sont les chaussées étudiées dans le contexte de ce projet.

Le projet permet d'expérimenter une technique de réhabilitation pour les chaussées mixtes moyennement sollicitées. Elle consiste à utiliser des matériaux granulaires recyclés stabilisés.

La technique consiste à excaver, sur 475 mm d'épaisseur, les matériaux en place (béton bitumineux, béton de ciment et matériaux sous-jacents) et à expédier le béton bitumineux et le béton de ciment dans un centre de recyclage. La fondation inférieure consiste en une couche de 200 mm d'épaisseur de matériaux granulaires constitués d'au plus 50 % de matériaux recyclés (béton de ciment et béton bitumineux). La fondation supérieure consiste en une couche de 200 mm d'épaisseur. Celle-ci est constituée d'un mélange stabilisé en centrale, composé de 50 % de fraisat de béton bitumineux recyclé provenant des opérations de planage et donc fourni par la Ville de Montréal à l'entrepreneur et de 50 % de granulats de carrière de calibre 20-0. Le liant d'enrobage est du bitume moussé.

La durée de vie anticipée de cette réfection est de 20 ans.

ASPECT INNOVATEUR

Les principaux aspects innovateurs de cette technique sont :

- la réutilisation de la dalle de béton après concassage en usine et du béton bitumineux après planage;
- la fondation stabilisée contenant 50 % de matériaux recyclés;
- l'application en milieu urbain.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le contexte de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001, duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les relevés suivants ont été effectués afin d'évaluer la performance de la technique réalisée, soit : capacité structurale, profils longitudinaux et transversaux, module de résilience, indice de portance en laboratoire (essai CBR) et relevé visuel.

Les premiers résultats se résument ainsi :

rue Saint-Castin :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 5 532 MPa;
- uni : 4,2 (indice de roulement IRI : bon);
- capacité structurale : n/d mm (déflexion moyenne).

rue Hamelin :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 4 738 MPa;
- uni : 4,4 (indice de roulement IRI : bon);
- capacité structurale : n/d mm (déflexion moyenne).

rue Victor-Doré :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 5 532 MPa;
- uni : 3,8 (indice de roulement IRI : bon);
- capacité structurale : n/d mm (déflexion moyenne).

**Technique de réfection de chaussée mixte
Base stabilisée à la mousse de bitume et matériaux recyclés (Option B)**

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autres intervenants : Fondatec et Construction DJL inc. Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	Les chaussées présentant une structure fortement dégradée et ayant une vie utile résiduelle presque nulle nécessitent une intervention de réhabilitation pour qu'elles soient efficaces. Il faut optimiser les techniques de réhabilitation tout en présentant des impacts positifs sur la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles. Par conséquent, la Ville de Montréal souhaite expérimenter de nouvelles technologies de réfection permettant d'économiser, de recycler et de prolonger la vie utile des structures endommagées.
DESCRIPTION	Le site retenu pour la mise en œuvre de la technique est situé sur la rue Laval. Le projet commencera à la rue Rachel pour se terminer à la rue Mont-Royal. La superficie recouverte totalise approximativement 4 150 m². La rue Laval est une chaussée moyennement sollicitée supportant un trafic de moins de 300 ECAS par jour dans la voie la plus utilisée. Le projet permet d'expérimenter une technique de réhabilitation pour les chaussées mixtes moyennement sollicitées, qui porte sur l'utilisation de matériaux granulaires recyclés stabilisés. La technique consiste à excaver, sur 475 mm d'épaisseur, les matériaux en place (béton bitumineux, béton de ciment et matériaux sous-jacents) et à expédier le béton bitumineux et le béton de ciment dans un centre de recyclage. La fondation inférieure consiste en une couche de 200 mm d'épaisseur de matériaux granulaires constitués d'au plus 50 % de matériaux recyclés (béton de ciment et béton bitumineux). La fondation supérieure consiste en une couche de 200 mm d'épaisseur constituée d'un mélange stabilisé en centrale, composé de 30 % de fraisat de béton bitumineux recyclé provenant des opérations de planage et de 70 % de béton de ciment concassé. La fraisat est fournie par la Ville de Montréal à l'entrepreneur. Le liant d'enrobage est une émulsion de bitume.

ASPECT INNOVATEUR

La durée de vie anticipée de cette réfection est de 20 ans.
Les principaux aspects innovateurs de cette technique sont :

- la réutilisation de la dalle de béton après concassage en usine et du béton bitumineux après planage;
- la fondation stabilisée contenant 100 % de matériaux recyclés;
- l'application en milieu urbain.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le contexte de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001, duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les relevés suivants ont été effectués afin d'évaluer la performance de la technique réalisée, soit : capacité structurale, profils longitudinaux et transversaux, module de résilience, indice de portance en laboratoire (essai CBR) et relevé visuel.

Les résultats se résument ainsi :

- état de la surface : aucune dégradation particulière;
- module réversible moyen du revêtement (ELMOD) : 9 868 MPa;
- uni : 2,8 (indice de roulement IRI : très bon);
- capacité structurale : n/d mm (déflexion moyenne).

**Technique d'entretien correctif majeur sur chaussée mixte
Géogridle Roadtex et enrobé SP10PE**

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) et Sintra inc. Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	La réfection conventionnelle des chaussées mixtes est suivie assez rapidement de la remontée en surface des fissures et des joints de la dalle de béton sous-jacente. Les fissures réfléchies contribuent ensuite à accélérer la dégradation de la surface de roulement. Les nouvelles techniques de réfection doivent, entre autres, viser à résoudre ce problème. Parmi les chaussées mixtes, en 1995, quelque 182 km de chaussées nécessitaient une correction majeure. Dans trois ans, quelque 93 km se seront ajoutés à cet inventaire. Après cette période, nous évaluons à environ 54 km les chaussées mixtes qui s'ajouteront annuellement à cet inventaire.
DESCRIPTION	Le projet permet d'expérimenter une technique de réfection pour chaussées mixtes fortement sollicitées, qui consiste, d'une façon générale, à remplacer le revêtement bitumineux existant sur 5 000 m² par un complexe bitumineux armé d'une géogridle en fibre de verre à grande résistance en traction. De manière plus précise, les étapes du projet sont les suivantes : 1. planage et enlèvement du matériel bitumineux surmontant la dalle de béton; 2. réparation des fissures de la dalle de béton offrant un mauvais transfert de charges; 3. pose d'une couche d'accrochage de type Colnet au taux de 1,2 l/m²; 4. pose d'une couche de reprofilage (SP 10 PE) au taux de 50 kg/m²; 5. pose d'une géogridle en fibre de verre Roadtex WG 2306 G1; 6. pose de l'enrobé SP 10 PE sur une épaisseur entre 80 et 130 mm. La durée de vie anticipée de cette réfection est de 15 ans.

ASPECT INNOVATEUR

La technique proposée comporte trois aspects innovateurs, soit la couche d'accrochage de type Colnet, la géogridde en fibre de verre Roadtex ainsi que l'enrobé bitumineux SP 10 PE. La couche d'accrochage assure la liaison entre la couche de reprofilage et la surface de la dalle de béton et contribue ainsi à diminuer les contraintes de fatigue. Le liant d'accrochage de type Colnet a la particularité d'adhérer à la surface sans coller aux pneus des véhicules.

La géogridde en fibre de verre a pour fonctions principales de diminuer le déplacement des fissures par un effet de fretage et d'augmenter fortement la résistance en traction de la couche d'enrobés. La pose de la géogridde directement sur la couche de reprofilage, préalablement mise en place assure, d'une part, la fusion de la grille et de l'enrobé bitumineux et, d'autre part, positionne avantageusement la géogridde dans le tiers inférieur de l'enrobé afin de lui permettre de jouer son rôle de renforcement. Les expériences sur ce type de géogridde permettent de lui donner un pouvoir de renforcement égal à un minimum de 3 cm d'enrobés.

L'enrobé SP 10 PE provient du développement de la méthode de formulation Superpave des enrobés du programme américain SHRP. La modification apportée à l'enrobé original consiste en l'apport de polyéthylène et en l'utilisation d'un bitume de base 150-200. L'ajout de polyéthylène permet d'améliorer les performances de l'enrobé en ce qui touche sa résistance à l'orniérage, alors que l'utilisation d'un bitume de base 150-200 rend l'enrobé moins fragile et donc moins susceptible de se fissurer à basse température. Ce type de mélange a été testé avec succès par le laboratoire central du MTQ à Québec.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le cadre de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. Le rapport journalier de l'avancement des travaux fait état de problèmes de mise en place de la géogridde, qui a finalement été éliminée, et de la non-utilisation de la couche d'accrochage Colnet. Seul l'enrobé SP10PE est conservé par rapport au projet original.

De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001 duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les premiers résultats se résument ainsi :

- état de la surface : zones d'hétérogénéité répertoriées;
- uni : 2,4 (indice de roulement Mays, IR : très bon);
- orniérage moyen : 0,0 mm;

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

- glissance : 0,5 mm (hauteur de sable), 63 (BPN), 74 (CFT);
- capacité structurale : 0,45 mm (déflexion moyenne).

Les résultats de 1997 se présentent comme suit :

- état de la surface : 74 m de fissures transversales simples et 12 m² de ressuage
- uni : 2,9 (indice de roulement Mays, IR : très bon);
- orniérage moyen : entre 0,0 et 1,9 mm;
- glissance : 0,71 mm (hauteur de sable), 51 (BPN), n/d (CFT);
- capacité structurale : n/d (déflexion moyenne).

**Techniques d'entretien correctif majeur sur chaussée mixte
Enrobé recyclé à froid et couche d'usure**

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) et Talon Sébeq Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	La réfection conventionnelle des chaussées mixtes est suivie assez rapidement de la remontée en surface des fissures et des joints de la dalle de béton sous-jacente. Les fissures réfléchies contribuent ensuite à accélérer la dégradation de la surface de roulement. Les nouvelles techniques de réfection doivent, entre autres, viser à résoudre ce problème. Parmi les chaussées mixtes, en 1995, quelque 182 km de chaussées nécessitaient une correction majeure. Dans trois ans, quelque 93 km se seront ajoutés à cet inventaire. Après cette période, nous évaluons à environ 54 km les chaussées mixtes qui s'ajouteront annuellement à cet inventaire.
DESCRIPTION	Le projet présenté permet d'expérimenter une technique de correction majeure sur 5 000 m² pour chaussées mixtes qui supportent un niveau de sollicitation qualifié de modéré. D'une façon générale, la technique consiste à stabiliser et à réparer les fissures déficientes de la dalle de béton, à mettre en place un enrobé bitumineux, recyclé à froid, suivi d'une couche de roulement constituée d'un enrobé polymère à chaud de type MB-10. De manière plus précise, les étapes du projet sont les suivantes : 1. planage et enlèvement complet de la couche bitumineuse ainsi que correction simultanée du profil du support de béton; 2. traitement des fissures principales de la dalle de béton par injection des vides sous la dalle et par réparation en surface du béton dégradé; 3. traitement des fissures de retrait thermique à la surface de la dalle dont l'ouverture excède 10 mm; 4. épandage d'une couche de liaison constituée d'une émulsion polymère de type HF-150 au taux de 1,5 l/m²; 5. mise en place d'une couche d'enrobés bitumineux recyclés à froid par ajout d'une émulsion polymère régénérante de type HF-150; 6. épandage d'une couche de liaison constituée d'une émulsion polymère de type HF-150 au taux de 1,0 l/m²; 7. mise en place d'une couche de roulement en enrobé polymère à chaud de type MB-10.

La durée de vie anticipée de cette réfection est de 15 ans.

ASPECT INNOVATEUR

La technique comporte plusieurs aspects innovateurs, notamment en ce qui touche le traitement des fissures principales de la dalle de béton, l'utilisation d'une couche de base en enrobés recyclés à froid ainsi que la fabrication en usine de liants conformes aux nouvelles normes « Performance Grade » du programme SHRP. Le traitement spécifique des surfaces fissurées ou déficientes comporte deux éléments distincts, soit l'injection sous les dalles et la réparation du béton dégradé en surface. L'injection des vides sous les dalles vise à éliminer les mouvements verticaux induits par les charges dynamiques de la circulation. La détection des vides, des zones délaminées ou détériorées, est réalisée au moyen d'un relevé de Georadar sur l'ensemble de la surface à corriger.

La réparation de la surface aux endroits déficients, par l'utilisation d'un béton latex, assure un support stable et uniforme. La réparation consiste d'abord à enlever le béton dégradé sur l'épaisseur requise, mais idéalement comprise entre 50 et 90 mm, et à délimiter par la suite la réparation par des parois verticales distancées de 300 mm et centrées par rapport à la zone dégradée. La cavité est ensuite comblée par un béton à 5 % de latex et le joint est reformé par la réalisation d'un trait de scie directement au-dessus de la réparation. Les deux procédés présentés, soit l'injection sous les dalles et la réparation en surface du béton dégradé, contribuent à assurer un transfert de charge aux fissures et ainsi à offrir une résistance à leur remontée dans le nouveau revêtement bitumineux.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le cadre de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. Le rapport journalier de l'avancement des travaux ne fait pas état de problèmes de pose des différentes couches de scellement et d'enrobé. De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001 duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les premiers résultats de 1996 se résument ainsi :

- état de la surface : une fissure transversale réfléchie;
- uni : 2,9 (indice de roulement Mays, IR : très bon);
- orniérage moyen : 0,0 mm;
- glissance : 0,3 mm (hauteur de sable), 57 (BPN);
- capacité structurale : 0,48 mm (déflexion moyenne).

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

Les résultats de 1997 se présentent comme suit :

- état de la surface : 107 m de fissures transversales simples;
- uni : 3,9 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : entre 0,0 et 2,3 mm;
- glissance : 0,49 mm (hauteur de sable), 50 (BPN);
- capacité structurale : n/d (déflexion moyenne).

Techniques d'entretien correctif majeur sur chaussée mixte Microplast - Bétonplast-C - Gripfibre

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) et Construction DJL inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

La réfection conventionnelle des chaussées mixtes est suivie assez rapidement de la remontée en surface des fissures et des joints de la dalle de béton sous-jacente. Les fissures réfléchies contribuent ensuite à accélérer la dégradation de la surface de roulement. Les nouvelles techniques de réfection doivent, entre autres, viser à solutionner ce problème.

Parmi les chaussées mixtes, en 1995, quelque 182 km de chaussées nécessitaient une correction majeure. Dans trois ans, quelque 93 km se seront ajoutés à cet inventaire. Après cette période, nous évaluons à environ 54 km les chaussées mixtes qui s'ajouteront annuellement à cet inventaire.

DESCRIPTION

Le projet permet d'expérimenter une technique de correction majeure de chaussée sur 5000 m², combinant la mise en place des enrobés Microplast, Bétonplast-C et Gripfibre, destinée aux chaussées moyennement sollicitées. La technique proposée consiste à réaliser les étapes suivantes :

1. planage à froid et enlèvement de tout le matériel bitumineux existant jusqu'à une profondeur de 10 mm dans la dalle de béton;
2. pose d'une couche d'accrochage à l'émulsion RS-1 au taux de 0,35 l/m²;
3. mise en place de l'enrobé Microplast 0/5 mm sur 20 mm d'épaisseur;
4. pose d'une seconde couche d'accrochage à l'émulsion RS-1 au taux de 0,35 l/m²;
5. mise en place de l'enrobé à module élevé Bétonplast-C sur 60 mm d'épaisseur;
6. mise en place de la couche de roulement en enrobé à froid Gripfibre 0/6 mm discontinu sur 10 mm d'épaisseur.

La durée de vie anticipée de cette réfection est de 15 ans.

ASPECT INNOVATEUR

La superposition des trois types d'enrobés, Microplast, Bétonplast-C et Gripfibre ayant chacun leurs fonctions spécifiques, assure un ensemble étanche et performant qui comporte plusieurs aspects innovateurs.

L'enrobé bitumineux Microplast, d'une granularité continue 0/5 mm, est dense et riche en liant. Ses propriétés lui permettent d'assurer l'étanchéité de la base rigide et de retarder la remontée des fissures sous-jacentes.

L'enrobé bitumineux Bétonplast-C, d'une granularité continue 0/14 mm, possède un module de rigidité élevé, qui lui confère la propriété de renforcer le support existant et de contribuer ainsi à la résistance mécanique de l'ensemble. Les propriétés de flexibilité et de cohésion du bitume polymère donnent à l'enrobé une grande résistance à la fatigue et à l'orniérage.

L'enrobé bitumineux coulé à froid Gripfibre, d'une granularité discontinue 0/6 mm, contient des fibres souples synthétiques qui permettent l'utilisation d'une granulométrie discontinue sans risque de ségrégation. Il en résulte des caractéristiques de surface particulières qui offrent des propriétés d'imperméabilité, de durabilité et de rugosité.

Les trois enrobés présentés sont formulés avec les bitumes Evatech. Ces bitumes sont des liants modifiés par l'addition de copolymères et d'additifs chimiques qui apportent au liant bitumineux une amélioration de la cohésion.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le cadre de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. Le rapport journalier de l'avancement des travaux fait état de l'enlèvement de la couche d'accrochage suivant le Microplast par les pneus de camions.

De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001 duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les premiers résultats de 1996 se résument ainsi :

- état de la surface : une fissure transversale réfléchie;
- uni : 4,4 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : 0,0 mm;
- glissance : 1,3 mm (hauteur de sable), 69 (BPN);
- capacité structurale : 0,54 mm (déflexion moyenne).

Les résultats de 1997 se présentent comme suit :

- état de la surface : 237 m de fissures transversales simples;
- uni : 4,8 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : entre 0,0 et 4,5 mm;
- glissance : 0,85 mm (hauteur de sable), 60 (BPN);
- capacité structurale : n/d (déflexion moyenne).

L'enrobé bitumineux Bétonplast-C, d'une granularité continue 0/14 mm, possède un module de rigidité élevé, qui lui confère la propriété de renforcer le support existant et de contribuer ainsi à la résistance mécanique de l'ensemble. Les propriétés de flexibilité et de cohésion du bitume polymère donnent à l'enrobé une grande résistance à la fatigue et à l'orniérage.

L'enrobé bitumineux coulé à froid Gripfibre, d'une granularité discontinue 0/6 mm, contient des fibres souples synthétiques qui permettent l'utilisation d'une granulométrie discontinue sans risque de ségrégation. Il en résulte des caractéristiques de surface particulières qui offrent des propriétés d'imperméabilité, de durabilité et de rugosité.

Les trois enrobés présentés sont formulés avec les bitumes Evatech. Ces bitumes sont des liants modifiés par l'addition de copolymères et d'additifs chimiques qui apportent au liant bitumineux une amélioration de la cohésion.

Technique d'entretien correctif majeur sur chaussée mixte Flexiplast, Bétonplast-C et Gripfibre

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) et Construction DJL inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

La réfection conventionnelle des chaussées mixtes est suivie assez rapidement de la remontée en surface des fissures et des joints de la dalle de béton sous-jacente. Les fissures réfléchies contribuent ensuite à accélérer la dégradation de la surface de roulement. Les nouvelles techniques de réfection doivent, entre autres, viser à résoudre ce problème. Parmi les chaussées mixtes, en 1995, quelque 182 km de chaussées nécessitaient une correction majeure. Dans trois ans, quelque 93 km se seront ajoutés à cet inventaire. Après cette période, nous évaluons à environ 54 km les chaussées mixtes qui s'ajouteront annuellement à cet inventaire.

DESCRIPTION

Le projet permet d'expérimenter une technique de correction majeure de chaussées sur 5 000 m² destinée aux chaussées moyennement sollicitées et combinant la mise en place d'un enrobé conventionnel et des enrobés modifiés Bétonplast-C et Gripfibre, ainsi que d'une membrane bitumineuse Flexiplast intercalée entre l'enrobé conventionnel et les enrobés modifiés. De façon spécifique, les étapes du projet sont les suivantes :

1. planage à froid et enlèvement de tout le matériel bitumineux existant jusqu'à une profondeur de 10 mm dans la dalle de béton;
2. injection de coulis stabilisateur sous les portions de dalle où le battement est supérieur à 50/100 mm;
3. épandage d'une couche d'accrochage à l'émulsion RS-1 à 0,35 l/m²;
4. mise en place d'une couche de correction en enrobé bitumineux MB-6 sur 20 mm d'épaisseur;
5. mise en œuvre du procédé Flexiplast comprenant une membrane au bitume polymère Elastoplast et un enrobé coulé à froid Gripfibre totalisant une épaisseur d'environ 10 mm;
6. mise en place de l'enrobé à module élevé Bétonplast-C sur 50 mm d'épaisseur;

ASPECT INNOVATEUR

L'ensemble de la technique prend avantage à utiliser les propriétés spécifiques à chaque enrobé ou procédé afin d'assurer l'étanchéité et la performance du système. Certains des éléments composant la technique de même que l'ensemble de la technique apportent un aspect innovateur à la réfection majeure des chaussées mixtes.

Le procédé Flexiplast est constitué à la base d'une membrane épaisse (1,5 à 3 mm) de bitume Elastoplast recouverte par un enrobé Gripfibre à granularité continue 0/6 mm coulé à froid. L'ensemble du complexe totalise une épaisseur d'environ 10 mm. Les propriétés antifissures de la membrane sont apportées par l'utilisation d'un bitume modifié de type SBS possédant un très grand intervalle de plasticité.

L'épaisseur importante de la membrane est nécessaire pour assurer un découplage efficace des couches et une excellente imperméabilité. L'étanchéité de la membrane est assurée à long terme par la conservation de l'intégrité de la membrane même lorsque les fissures sont remontées à la surface. Le recouvrement de la membrane par l'enrobé à froid Gripfibre permet l'isolation thermique de la membrane lors de la pose du revêtement de base à température élevée.

L'enrobé bitumineux Bétonplast-C, d'une granularité continue 0/14 mm, possède un module de rigidité élevé qui lui confère la propriété de renforcer le support existant et de contribuer à la résistance mécanique de l'ensemble. Les propriétés de flexibilité et de cohésion du bitume polymère donnent à l'enrobé une bonne résistance à la fatigue et à l'orniérage.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le cadre de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. Le rapport journalier de l'avancement des travaux fait état de la difficulté de pose du mélange Bétonplast.

De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001 duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les premiers résultats de 1996 se résument ainsi :

- état de la surface : une fissure transversale réfléchie;
- uni : 3,7 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : 0,0 mm;
- glissance : 1,2 mm (hauteur de sable), 72 (BPN);
- capacité structurale : 0,46 mm (déflexion moyenne).

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

Les résultats de 1997 se présentent comme suit :

- état de la surface : 148 m de fissures transversales simples et 165 m de fissures longitudinales simples;
- uni : 3,8 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : entre 0,8 et 3,2 mm;
- glissance : 0,95 mm (hauteur de sable), 60 (BPN);
- capacité structurale : n/d (déflexion moyenne).

Utilisation des techniques Novatherm et Gripfibre sur une chaussée modérément sollicitée

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) et Construction DJL inc.
PROBLÉMATIQUE	Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance La réfection conventionnelle des chaussées mixtes est suivie assez rapidement de la remontée en surface des fissures et des joints de la dalle de béton sous-jacente. Les fissures réfléchies contribuent ensuite à accélérer la dégradation de la surface de roulement. Les nouvelles techniques de réfection doivent, entre autres, viser à résoudre ce problème. Parmi les chaussées mixtes, en 1995, quelque 182 km de chaussées nécessitaient une correction majeure. Dans trois ans, quelque 93 km se seront ajoutés à cet inventaire. Après cette période, nous évaluons à environ 54 km les chaussées mixtes qui s'ajouteront annuellement à cet inventaire.
DESCRIPTION	Le projet présenté par la Ville de Montréal consiste en la correction majeure de chaussées mixtes (dalle de béton de ciment revêtue d'un enrobé bitumineux) sollicitées de façon modérée, selon la technique Novatherm et Gripfibre. Les travaux sont prévus sur le boulevard Saint-Joseph, entre la 2^e Avenue et la 6^e Avenue, couvrant ainsi une superficie routière totale d'environ 5 000 m². La technique de réfection retenue par la Ville de Montréal combine la mise en place du procédé Novatherm et de l'enrobé Gripfibre applicables aux chaussées moyennement sollicitées. Le projet regroupe les étapes suivantes : - planage de rive sur une profondeur de 0 à 25 mm; - réalisation du procédé Novatherm, comprenant l'ajout d'un enrobé correcteur, sur une épaisseur totale d'environ 60 mm; - mise en place de la couche de roulement en enrobé à froid discontinu Gripfibre (0-6 mm), sur 10 mm d'épaisseur. La durée de vie anticipée de cette réfection est de 15 ans.

ASPECT INNOVATEUR

La combinaison du procédé Novatherm et de l'enrobé Gripfibre permet d'améliorer les propriétés du mélange bitumineux en place, de réutiliser les matériaux en place et d'offrir une surface de roulement possédant des caractéristiques particulières. Aussi, certains des éléments composant la technique apportent un aspect innovateur à la réfection majeure des chaussées mixtes.

Le procédé Novatherm est un procédé de restauration à chaud des enrobés en place et s'apparente donc à la technique de thermo-régénération. Novatherm est caractérisé par la réutilisation des matériaux bitumineux en place et tout particulièrement par l'ajout de liant et de granulats permettant de revaloriser le mélange existant et d'en modifier la granulométrie. L'enrobé correcteur entraîne une épaisseur additionnelle de 10 à 15 mm.

L'enrobé bitumineux coulé à froid Gripfibre, d'une granularité discontinue 0/6 mm, contient des fibres synthétiques souples qui permettent l'utilisation d'une granulométrie discontinue sans risque majeur de ségrégation. Le projet devrait permettre de vérifier les caractéristiques de surface particulières résultantes telles l'imperméabilité, la durabilité et la rugosité. Le liant utilisé est une émulsion de bitume modifiée au polymère assurant une bonne cohésion et une adhésivité à long terme.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le cadre de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. Le rapport journalier de l'avancement des travaux fait état de beaucoup de rejet de pierre lors de la pose de la couche de Gripfibre 0/6 discontinue.

De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001 duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les premiers résultats de 1996 se résument ainsi :

- état de la surface : aucune fissure;
- uni : 3,6 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : 0,0 mm;
- glissance : 1,2 mm (hauteur de sable), 70 (BPN), 86 (CFT);
- capacité structurale : 0,44 mm (déflexion moyenne).

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

Les résultats de 1997 se présentent comme suit :

- état de la surface : 69 m de fissures transversales simples et 13 m de fissures longitudinales simples;
- uni : 4,1 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : entre 0,3 et 3,0 mm;
- glissance : 0,90 mm (hauteur de sable), 56 (BPN);
- capacité structurale : n/d (déflexion moyenne).

Technique d'entretien correctif majeur sur chaussée mixte fortement sollicitée Novatherm et Gripfibre

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) et Construction DJL inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

La réfection conventionnelle des chaussées mixtes est suivie assez rapidement de la remontée en surface des fissures et des joints de la dalle de béton sous-jacente. Les fissures réfléchies contribuent ensuite à accélérer la dégradation de la surface de roulement. Les nouvelles techniques de réfection doivent, entre autres, viser à résoudre ce problème.

Parmi les chaussées mixtes, en 1995, quelque 182 km de chaussées nécessitaient une correction majeure. Dans trois ans, quelque 93 km se seront ajoutés à cet inventaire. Après cette période, nous évaluons à environ 54 km les chaussées mixtes qui s'ajouteront annuellement à cet inventaire.

DESCRIPTION

Le projet permet d'expérimenter une technique de correction majeure sur 5 000 m² de chaussée, combinant la réalisation du procédé Novatherm (thermo-régénération) et la mise en place de l'enrobé Gripfibre, applicable aux chaussées fortement sollicitées. De manière plus précise, les étapes du projet sont les suivantes :

1. planage de rive sur une profondeur de 0 à 25 mm;
2. réalisation du procédé Novatherm comprenant l'ajout d'un enrobé correcteur sur une épaisseur totale d'environ 60 mm;
3. mise en place de la couche de roulement en enrobé à froid Gripfibre 0/6 mm discontinu sur 10 mm d'épaisseur.

La durée de vie anticipée de cette réfection est de 15 ans.

ASPECT INNOVATEUR

La combinaison du procédé Novatherm et de l'enrobé Gripfibre permet d'améliorer les propriétés du mélange bitumineux en place, de réutiliser les matériaux en place et d'offrir une surface de roulement possédant des caractéristiques

particulières. Aussi, certains des éléments composant la technique apportent un aspect innovateur à la réfection majeure des chaussées mixtes.

Le procédé Novatherm est un procédé de restauration à chaud des enrobés en place et s'apparente donc à la technique de thermorégénération. Novatherm est caractérisé par la réutilisation des matériaux bitumineux en place et tout particulièrement par l'ajout de liant et de granulats permettant de revaloriser le mélange existant et d'en modifier la granulométrie.

L'enrobé correcteur entraîne une épaisseur additionnelle de 10 à 15 mm. L'enrobé bitumineux coulé à froid Gripfibre, d'une granularité discontinue 0/6 mm, contient des fibres souples synthétiques qui permettent l'utilisation d'une granulométrie discontinue sans risque majeur de ségrégation. Le projet devrait permettre de vérifier les caractéristiques de surface particulières résultantes telles l'imperméabilité, la durabilité et la rugosité. Le liant utilisé est une émulsion de bitume modifiée au polymère assurant une bonne cohésion et une adhésivité à long terme.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le cadre de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. Le rapport journalier de l'avancement des travaux ne fait pas état de problèmes notables de mise en place lors de la pose des enrobés.

De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001 duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les résultats de 1996 se résument ainsi :

- état de la surface : aucune fissure;
- uni : 3,0 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage : 0 mm (moyenne);
- glissance : 0,9 mm (hauteur de sable), 68 (BPN), 81 (CFT);
- capacité structurale : 0,39 mm (déflexion moyenne).

Les résultats de 1997 se présentent comme suit :

- état de la surface : 207 m de fissures transversales simples et 79 m de fissures longitudinales simples;
- uni : 3,2 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : entre 0,3 et 4,1 mm;
- glissance : 0,73 mm (hauteur de sable), 54 (BPN), n/d (CFT);
- capacité structurale : n/d (déflexion moyenne).

**Technique d'entretien correctif majeur sur chaussée
Chape en béton armé de fibre**

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) et Demix Construction
PROBLÉMATIQUE	Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance La réfection conventionnelle des chaussées mixtes est suivie assez rapidement de la remontée en surface des fissures et des joints de la dalle de béton sous-jacente. Les fissures réfléchies contribuent ensuite à accélérer la dégradation de la surface de roulement. Les nouvelles techniques de réfection doivent, entre autres, viser à résoudre ce problème. Parmi les chaussées mixtes, en 1995, quelque 182 km de chaussées nécessitaient une correction majeure. Dans trois ans, quelque 93 km se seront ajoutés à cet inventaire. Après cette période, nous évaluons à environ 54 km les chaussées mixtes qui s'ajouteront annuellement à cet inventaire.
DESCRIPTION	Le projet permet d'expérimenter une solution consistant à remplacer sur 5 000 m² le revêtement bitumineux en place par une chape en béton armé de fibres d'acier qui est applicable aux chaussées fortement sollicitées. La séquence détaillée des opérations est la suivante : 1. planage complet du revêtement bitumineux et de la dalle de béton sur une épaisseur de 80 mm; 2. traitement des fissures stables dont l'ouverture excède 3 mm et réparation des fissures instables; 3. pose d'une chape de béton armé de fibres d'acier d'une épaisseur de 80 mm liaisonnée à la dalle existante avec un coulis de ciment. La durée de vie anticipée de cette réfection est de 20 ans.
ASPECT INNOVATEUR	L'utilisation d'une chape de béton armé de fibres d'acier comme recouvrement d'une dalle de béton existante s'inspire de la technologie du béton armé de fibres d'acier du domaine industriel et commercial appliquée couramment pour la

confection de planchers de grande surface.

La chape est faite d'un béton offrant une résistance à la compression de l'ordre de 32 MPa, constitué d'une pierre de type « Trap Rock » de 20 mm et d'un sable naturel. Le béton est armé de 40 kg/m³ de fibres d'acier ondulées Demix Eurosteel 50/100. La durée de vie de la chape est étroitement liée à la vie résiduelle de la dalle existante. L'ajout d'une chape adhérente de 75 mm d'épaisseur après réparation des fissures a pour effet de rendre la chaussée pratiquement insensible aux effets du trafic lourd. Les fibres d'acier intégrées dans le béton permettent de limiter la fissuration et d'atténuer les remontées de fissures.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le cadre de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. Le rapport journalier de l'avancement des travaux fait état de problèmes de dalle inférieure en mauvais état, d'une conception de couronne décentrée et de fissures causées par la circulation adjacente lors de la pose.

De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001 duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les premiers résultats se résument ainsi :

- état de la surface : présence de plusieurs fissures;
- uni : 3,7 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage : 1,0 mm (moyenne);
- glissance : 0,3 mm (hauteur de sable), 66 (BPN), 84 (CFT);
- capacité structurale : 0,43 mm (déflexion moyenne).

Les résultats de 1997 se présentent comme suit :

- état de la surface : 1 070 m de fissures transversales simples, 803 m de fissures longitudinales simples et 48 m² de faïençage;
- uni : 4,1 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : entre 0,0 et 4,9 mm;
- glissance : 0,22 mm (hauteur de sable), 53 (BPN);
- capacité structurale : n/d (déflexion moyenne).

**Technique d'entretien correctif majeur sur chaussée mixte
Planage complet/partiel et revêtement conventionnel
(Planche témoin)**

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) et Laforge Canada inc. Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	La réfection conventionnelle des chaussées mixtes est suivie assez rapidement de la remontée en surface des fissures et des joints de la dalle de béton sous-jacente. Les fissures réfléchies contribuent ensuite à accélérer la dégradation de la surface de roulement. Les nouvelles techniques de réfection doivent, entre autres, viser à résoudre ce problème. Parmi les chaussées mixtes, en 1995, quelque 182 km de chaussées nécessitaient une correction majeure. Dans trois ans, quelque 93 km se seront ajoutés à cet inventaire. Après cette période, nous évaluons à environ 54 km les chaussées mixtes qui s'ajouteront annuellement à cet inventaire.
DESCRIPTION	Le planage, partiel ou complet, et un nouveau revêtement sont des pratiques usuelles en milieu urbain pour la réhabilitation des chaussées. Le projet vise à expérimenter deux techniques d'entretien correctif majeur sur 5 000 m². La première porte sur le planage complet du revêtement bitumineux existant et la pose d'un nouvel enrobé. Les étapes du projet sont les suivantes : 1. planage complet du revêtement bitumineux existant; 2. réparation des fissures dégradées avec un mélange bitumineux; 3. réparation locale de la dalle (si nécessaire); 4. pose d'un nouveau revêtement bitumineux de type MB-12,5 avec bitume haute performance de catégorie 2. La seconde vise le planage partiel du revêtement bitumineux existant et la pose d'un nouvel enrobé. Les étapes du projet sont les suivantes : 1. planage du revêtement bitumineux existant sur 60 mm d'épaisseur;

2. réparation des fissures dégradées avec un mélange bitumineux;
3. réparation locale de la dalle (si nécessaire);
4. pose d'un nouveau revêtement bitumineux de type MB-12,5 avec bitume haute performance de catégorie 2.

ASPECT INNOVATEUR

Ces deux techniques n'ont aucun contenu innovateur et serviront de témoin. Elles ont été retenues parce qu'elles constituent des techniques d'intervention conventionnelles à la Ville de Montréal, et elles doivent servir de base comparative aux nouvelles technologies.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'intervention réalisée dans le cadre de ce projet fait l'objet d'une étude de suivi de comportement sur une période de cinq années complètes suivant la réalisation des travaux. Le rapport journalier de l'avancement des travaux ne fait pas état de problèmes notables de mise en place lors de la pose des enrobés.

De ce programme de suivi découlera la préparation de cinq rapports progressifs (12/1996, 12/1997, 12/1998, 12/1999, 12/2000), d'un rapport final et d'un rapport de performance en décembre 2001 duquel seront tirées les diverses interprétations.

Les premiers résultats des relevés faits un an après les travaux se résument ainsi pour le planage complet :

- état de la surface : 246 m de fissures transversales simples;
- uni : 3,1 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : entre 0,9 et 4,3 mm;
- glissance : 0,4 mm (hauteur de sable), 45 (BPN), 44 (CFT);
- capacité structurale : 0,40 mm (déflexion moyenne);

et ainsi pour le planage partiel :

- état de la surface : 206 m de fissures transversales simples et 29 m de fissures longitudinales simples;
- un i : 2,8 (indice de roulement Mays, IR : très bon);
- orniérage moyen : entre 0,2 et 4,6 mm;
- glissance : 0,35 mm (hauteur de sable), 42 (BPN), 37 (CFT);
- capacité structurale : 0,40 mm (déflexion moyenne).

Les résultats de 1997 pour le planage complet, soit deux ans après les travaux se présentent comme suit :

- état de la surface : 288 m de fissures transversales simples et 24 m de fissures longitudinales simples;

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

- uni : 3,9 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : entre 1,4 et 5,9 mm;
- glissance : 0,39 mm (hauteur de sable), 36 (BPN), n/d (CFT);
- capacité structurale : n/d (déflexion moyenne);

et ainsi pour le planage partiel :

- état de la surface : 238 m de fissures transversales simples et 115 m de fissures longitudinales simples;
- uni : 3,6 (indice de roulement Mays, IR : bon);
- orniérage moyen : entre 1,3 et 7,8 mm;
- glissance : 0,38 mm (hauteur de sable), 35 (BPN), n/d (CFT);
- capacité structurale : n/d (déflexion moyenne).

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

Essais de nouveaux enrobés bitumineux et de nouveaux liants d'accrochage (Champ 97-6)

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier Autres intervenants : DJL, Sintra inc. et Les Pavages Dorval inc., Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris
PROBLÉMATIQUE	En décembre 1988, la Ville de Montréal s'est officiellement donné une politique de gestion de l'entretien du réseau des chaussées et des trottoirs. Cette politique stipule que la priorité soit accordée à l'entretien préventif, ensuite à l'entretien correctif et finalement au programme de réhabilitation. Depuis, un programme d'essais et de technologies nouvelles a été entrepris pour évaluer les techniques à appliquer dans les prochaines années en conservation et en réhabilitation de chaussées.
DESCRIPTION	Ce projet d'expérimentation de quatre nouvelles technologies vise la réfection de tronçons de rues de la ville de Montréal en utilisant de nouveaux liants d'accrochage et d'enrobés bitumineux. Le projet soumis fait suite à un appel de propositions de travaux d'infrastructures routières. Des 13 propositions présentées, quatre ont été retenues par le comité d'évaluation. Le projet comprend les contrats suivants : - Contrat no 1 : couche d'accrochage Griplast et pose d'un enrobé bitumineux EB-10S (Construction DJL inc.); - Contrat no 2 : couche d'accrochage composée d'émulsion conventionnelle de type RS-1 et pose d'un enrobé bitumineux à base de scories d'acier (Hitech 400) (Les Pavages Dorval inc.); - Contrat no 3 : couche d'accrochage à l'émulsion polymère et pose d'un enrobé bitumineux mince Tapiplast 0/10 mm (Construction DJL inc.); - Contrat no 4 : couche d'accrochage Colnet et pose d'un enrobé bitumineux EB-10S (Sintra inc.).
ASPECT INNOVATEUR	Ce projet en quatre volets encourage donc non seulement les efforts de recherche des secteurs privé et public, mais il favorise l'utilisation de matériaux recyclés

comme les scories d'acier. Avant de passer à la pose du liant et des enrobés, les étapes préparatoires de planage (de 20 à 40 mm) doivent être exécutées pour chaque technique proposée.

Le contrat no 1 propose un enrobé coulé à froid en couche d'accrochage. Le contrat no 2 propose une technique dont l'aspect novateur est principalement la modification du bitume de l'enrobé par l'addition de deux types de polymères et par une huile de procédé permettant des températures de pose aussi basses que 90 °C.

Le contrat no 3 propose un enrobé reposant principalement sur l'utilisation d'une granulométrie fortement discontinue et d'un liant modifié aux polymères Eva.

Finalement, le contrat no 4 propose une technique dont l'aspect innovateur repose principalement sur le fait que le procédé Colnet donne une couche d'accrochage n'adhérant pas aux pneus des véhicules devant circuler sur le chantier.

SUIVI OU RÉSULTATS

Chaque contrat comprendra une planche de référence pour comparaison avec la technique utilisée sur le site choisi. De plus, chaque contrat fera aussi l'objet d'un suivi de comportement sur une période de trois ans et comportant les relevés suivants :

- relevé de l'uni;
- relevé de glissance;
- relevé des dégradations, des ornières, des fissures et de l'arrachement.

Des rapports progressifs annuels et un rapport final seront présentés par l'entrepreneur effectuant les travaux et par l'expert-conseil responsable du suivi.

Un rapport de performance de l'expert-conseil comparera les techniques expérimentées dans le présent projet.

Domaine des chaussées - interventions ponctuelles diverses (Champ 97-8)

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris
PROBLÉMATIQUE	Le vieillissement des infrastructures routières de la ville de Montréal nécessite des interventions de plus en plus fréquentes. Les budgets étant restreints, certains travaux urgents doivent être réalisés localement pour maintenir la qualité du réseau à un niveau acceptable pour les usagers en attendant que les travaux sur l'ensemble du tronçon puissent être réalisés. Il s'agit donc de trouver des technologies et des matériaux de remplacement aux procédés actuels afin de combler les besoins les plus urgents et d'optimiser les interventions de réparation et d'entretien.
DESCRIPTION	Le présent projet permettra le développement de techniques innovatrices en matière de matériaux et de corrections spécifiques. Il vise à développer, expérimenter et évaluer les coûts et les bénéfices de nouvelles technologies dans des cadres diversifiés. Le projet comprend l'expérimentation de trois matériaux différents. a) Béton de soufre « Spolcast » pour la réparation de trottoirs et de chaussées aux arrêts d'autobus. Cette partie des travaux permettra d'effectuer la réparation de sections de trottoirs et de chaussées pour des superficies respectives de 300 m² et de 400 m² à l'aide d'un nouveau type de béton. Le béton de soufre « Spolcast » est fabriqué comme un enrobé bitumineux conventionnel en mélangeant à chaud des granulats avec le soufre polymérisé « SulPol ». Le gain de résistance de ce béton s'effectue plus rapidement que celui du béton conventionnel, car il est obtenu par le refroidissement du matériau et non à la suite de sa réaction d'hydratation. Par ailleurs, le béton « Spolcast » a l'avantage de bien résister aux sels de déglacage et peut être modifié ou corrigé en étant chauffé à 130 °C. Ce projet encourage non seulement les efforts de recherche dans un secteur en demande, mais il favorise l'utilisation de matériaux recyclés comme le soufre.

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

- b) Enrobé Hitech 100 pour chaussées fortement sollicitées (Les Pavages Dorval inc.).

Les corrections limitées et ponctuelles réalisées avec ce nouvel enrobé bitumineux s'effectueront sur des tronçons de chaussées aux arrêts d'autobus et aux intersections sur une surface de 400 m².

Le liant bitumineux qui entre dans la composition de cet enrobé est préparé à partir d'un bitume pur de classe PG 58-28 auquel on ajoutera des polymères SBS et SBR. Cet ajout apportera au mélange une meilleure tenue à l'eau, lui donnera une très bonne stabilité et augmentera sa durée de vie. Ce liant bitumineux a été développé spécialement pour corriger les chaussées fortement sollicitées aux arrêts d'autobus et aux intersections.

Par ailleurs, l'innovation présentée par l'enrobé Hitech 100 provient de la méthode d'incorporation et du pourcentage de polymère dans le liant utilisé. Le bitume conventionnel sera modifié sur le site de la centrale d'enrobage par l'ajout des polymères.

- c) Enrobé Enrocolor pour le traitement de traverses piétonnières (Construction DJL inc.).

Cette dernière phase consiste à effectuer des réparations ponctuelles sur des traverses piétonnières dont la superficie totale sera de 300 m².

L'utilisation de l'enrobé Enrocolor consiste à colorer les traverses piétonnières achalandées afin de rendre la circulation plus sécuritaire. L'innovation présentée par cet enrobé provient du fait qu'il est coloré dans la masse et non en surface. Il est donc plus durable que les colorations de surface comme la peinture, notamment en période hivernale. Cette intervention est également moins complexe, moins onéreuse et nécessite un délai de réalisation plus court que la réalisation de traverses en béton ou en pavé de béton.

ASPECT INNOVATEUR

Le projet permet d'expérimenter trois matériaux innovateurs pour la réfection d'infrastructures routières.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'ensemble du projet fera l'objet d'une étude de comportement sur une période de trois ans suivant la réalisation des travaux. L'objectif de ce suivi est de vérifier l'efficacité de chacune des techniques dans le contexte environnemental montréalais. Le Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) a été mandaté à cette fin.

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

De plus, chacun des suivis prévoit la présentation de trois rapports progressifs et d'un rapport final. Ceux-ci seront rédigés par l'expert-conseil du CRCAC attribué à chaque projet. Un premier rapport sera présenté dès la fin des travaux. Les deuxième et troisième rapports seront présentés un an et deux ans après la réalisation des travaux. Le rapport final fera état des relevés faits trois ans après la réalisation des travaux. Il contiendra aussi une synthèse des observations et relevés faits pendant toute la durée de l'étude.

Réhabilitation de chaussées au moyen de béton compacté au rouleau

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Québec
 Responsable technique : Pierre Gauthier, Ville de Québec
 Autres intervenants : Le Centre de recherche interuniversitaire sur le béton de l'Université Laval (CRIB), Démix Construction et le Service d'expertise en matériaux

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

La pulvérisation de la chaussée suivie de sa recompaction est une technique couramment utilisée. Elle permet de reconstruire la fondation supérieure de la route. Une autre technique de réfection commence également à se développer au Québec. Celle-ci consiste à pulvériser la chaussée pour ensuite la retraiter avec du bitume. La technique proposée dans le présent projet est similaire à la précédente en ce sens qu'il s'agit de pulvériser et de traiter la chaussée, mais cette fois avec des liants hydrauliques. À la suite de ce traitement, le tout est finalement compacté à l'aide de rouleaux compacteurs. L'utilisation de la chaussée existante pulvérisée comme agrégat confère à cette technique un caractère hautement novateur et prometteur.

D'après les travaux de recherche réalisés en laboratoire par des chercheurs en technologie du béton de l'Université Laval, les résultats obtenus d'essais effectués sur des bétons compactés au rouleau (BCR) sont très encourageants. Par conséquent, il devenait intéressant de procéder à des essais *in situ*.

DESCRIPTION

Le projet présenté par la Ville de Québec consiste à réparer six tronçons d'une chaussée détériorée en utilisant la technologie des BCR. Les tronçons visés sont situés sur la rue Borne dans le parc industriel Saint-Malo à Québec. Ceux-ci sont donc appelés à supporter une circulation lourde à vitesse réduite.

Il est prévu de réhabiliter la demi-largeur de chaque tronçon en pulvérisant la chaussée et en traitant les matériaux pulvérisés à l'aide d'un coulis de ciment. Le tout est ensuite compacté et recouvert d'une mince couche de béton bitumineux. Aux fins de comparaison, un tronçon de BCR sera réalisé à partir de matériaux recyclés. Le tronçon sera confectionné dans la continuité des autres sections d'essai de la rue Borne. Dans le contexte du présent projet, deux variables principales seront étudiées :

- la quantité de liant (250 kg et 200 kg de ciment/m²);

- l'effet de différentes corrections granulométriques (10 % et 25 % de granulats d'apport).

ASPECT INNOVATEUR

L'aspect innovateur de la technique se situe principalement dans l'emploi d'un liant hydraulique en coulis pour le traitement du matériau pulvérisé.

La réalisation de tronçons en BCR permettra d'adapter cette technologie au climat québécois et de procurer une certaine expertise dans la mise en œuvre de ce type de technologie.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le projet a permis de confirmer que la technique de pulvérisation et retraitement à l'aide d'un coulis de ciment peut être utilisée pour réhabiliter des revêtements en asphalte. Cette technique redonne à la chaussée une surface de roulement acceptable et augmente la capacité portante de la structure.

Les mélanges produits à l'aide d'une unité mobile de production et à l'aide d'une usine fixe ont également démontré que ces deux méthodes de production pouvaient constituer, dans certains cas, des solutions de remplacement intéressantes comparées à la technique de pulvérisation et de retraitement en place.

L'ensemble des résultats obtenus dans le contexte des essais effectués sur les matériaux de la rue Borne a permis de confirmer que les bétons produits avec des matériaux recyclés contenant des particules d'asphalte pulvérisé possèdent des propriétés mécaniques très différentes de celles des bétons compactés au rouleau et des bétons ordinaires.

Ces résultats démontrent également qu'il est possible de produire des bétons n'ayant que des résistances à la compression de l'ordre de 8 MPa et des résistances à la flexion de l'ordre de 2,5 MPa. Il mérite également d'être souligné que les bétons produits avec des matériaux recyclés possèdent des modules élastiques de l'ordre de 10 GPa. Ces bétons sont donc nettement plus flexibles que des bétons conventionnels, ce qui représente un avantage certain pour la construction de revêtements routiers.

Le suivi prolongé relatif au présent projet permettra d'évaluer le comportement en service de la chaussée sous différentes conditions climatiques. En effet, bien qu'il soit connu que le matériau possède une déformabilité appréciable à température ambiante, le comportement des bétons à très basses températures est encore source d'interrogations.

Réfection du Chemin du Roy à l'aide d'un géocomposite isolant

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Saint-Augustin-de-Desmaures
 Responsable technique : Michel Beauchemin
 Autres intervenants : Tecsalt - Département de génie civil de l'Université Laval, Solmax

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Le comportement des chaussées dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont les matériaux utilisés dans le corps de chaussée, le sol naturel, la géologie du site, le drainage, le climat et le trafic routier.

Selon sa rigueur, le climat est responsable du gel des chaussées et même parfois de celui du terrain naturel. Lors du dégel, l'excès d'eau dans la chaussée conduit à une perte de résistance au cisaillement plus ou moins prononcée selon la capacité drainante de l'ensemble route-terrain naturel. Cette capacité drainante dépendra des caractéristiques géométriques de la chaussée et de la géologie du site.

Il est également important, d'un point de vue économique, de bien connaître les mécanismes qui contrôlent le regain de résistance vers la fin de la période de dégel afin de lever les limitations de tonnage en vigueur durant cette période. L'efficacité du drainage dépend de la forme du front de gel qui, à son tour, est fonction des caractéristiques géométriques (remblais routiers, fossés, inclinaison du socle rocheux imperméable) et de la distribution de la teneur en glace à la fin de la période du gel. L'augmentation de la teneur en eau, résultant d'un mauvais drainage de la fondation, est donc plus problématique si les sols sont gélifs, car il se produit des soulèvements importants durant l'hiver.

La capacité de support des fondations routières dépend également de la teneur en eau (donc de l'efficacité du drainage) et de l'intensité du chargement ainsi que de sa fréquence. Le problème du gel-dégel/dégradation dans les systèmes routiers est très complexe, car les facteurs sont pratiquement tous interdépendants.

Au Québec, les municipalités ne disposent pas toujours des outils nécessaires pour construire leurs routes en fonction du gel. Certains produits sont mis à l'essai dans les rues sans tenir compte du comportement global de la chaussée lors des cycles de gel-dégel ni des limites de performance de ces produits. Effectivement, il est possible de corriger des effets (fissurations, affaissements, faiblesses multiples) sans traiter les problèmes fondamentaux de façon systématique et rationnelle.

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

DESCRIPTION

Le projet présenté par la municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures consiste à utiliser une nouvelle approche de réhabilitation pour le Chemin du Roy basée sur l'influence du gel et du dégel des chaussées. Le logiciel FROST1-D permet de modéliser le comportement de la route et de quantifier le soulèvement différentiel à l'aide de la théorie du potentiel de ségrégation. Le but ultime consiste à améliorer les connaissances afin d'optimiser la réhabilitation de nos chaussées et de leur donner les moyens de résister non seulement aux charges imposées par la circulation mais aussi aux contraintes imposées par les conditions climatiques.

ASPECT INNOVATEUR

Un nouveau matériau de réhabilitation, le ISOLOTEX, constitué d'une membrane doublée d'un géotextile sur ses deux faces permettra de limiter le soulèvement lors du gel de la chaussée. Ce matériau sera intégré à la structure de la chaussée pendant les travaux de reconstruction de la route. Cette expérimentation appliquée constitue une première du genre en milieu urbain au Québec. Elle offre la possibilité d'établir un diagnostic de l'état des chaussées et de prévoir les problèmes de gel et de dégel.

SUIVI OU RÉSULTATS

L'utilisation du nouveau géocomposite ISOLOTEX, en banc d'essai, fera l'objet d'un suivi de performance au cours des trois prochaines années de façon à statuer sur son efficacité et à permettre son développement commercial par la suite. La conception de la chaussée est ici fondée sur une approche rationnelle permettant de calculer ses déformations en fonction des caractéristiques physiques de ses différents éléments (matériaux de fondation, sous-fondation, tranchée, isolant et infrastructure). La modélisation numérique a aussi permis de tenir compte de la géométrie complexe d'une chaussée en milieu semi-urbain. Pour évaluer le comportement de la chaussée ainsi reconstruite, les actions suivantes seront entreprises :

- mise en place de piézomètres afin de mesurer l'élévation de la nappe d'eau;
- mesures de la capacité portante à l'aide d'un déflectomètre. Des prises de mesures auront lieu trois fois par année : en automne, au début du dégel et après le dégel complet;
- mise en place de gelmètres ou de thermistances afin de mesurer les températures en fonction du temps et ainsi déterminer la vitesse effective de pénétration du gel et établir la forme et l'étendue du front de gel;
- contrôle de l'absorption d'eau par le polystyrène expansé. Un échantillon sera retiré à la fin de chaque printemps, et analysé;

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Réfection et réhabilitation

- relevés périodiques des niveaux de surface avant, pendant et après le cycle de gel-dégel afin de vérifier le comportement global de chaque planche d'essai;
- pour fins de comparaison, une section de référence non isolée sera aussi instrumentée et suivie.

Un rapport d'étape sera préparé après chaque période hivernale et fera état de tous les éléments pertinents au comportement d'une chaussée, soit le soulèvement, la fissuration, l'affaissement, la profondeur et la localisation du gel, la forme du front de gel, et le niveau de la nappe d'eau. Ces données pourront être traitées avec le logiciel FROST-1D pour prévoir le comportement thermique d'une chaussée (front de gel et de dégel) et traiter les données de terrain. Ainsi, il sera possible de concilier la prévision avec la réalité.

Évaluation technico-économique du gain en durée de vie engendré par l'utilisation d'un système multicouche isolant, drainant et renforcé dans une structure de chaussée

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Saint-Hyacinthe
 Responsable : Michel Brodeur, Ville de Saint-Hyacinthe
 Autres intervenants : SAGEOS, CERIU

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Chaque année au Québec, des sommes considérables sont dépensées pour l'entretien et la réhabilitation des infrastructures routières. En effet, les conditions climatiques et hydriques du Québec sont particulièrement difficiles et ne favorisent pas la durabilité de nos routes. Un sol support généralement gélif, les conditions de gel et la présence d'eau dans les fondations ont pour effet d'accélérer la détérioration de nos routes. En surface, les principales manifestations de ce phénomène sont l'apparition d'un profil ondulé et de diverses dégradations affectant directement la qualité de roulement.

La plupart des routes du Québec ont été construites sans drainage efficace, et sans prendre en considération les problèmes de gélivité et de faible portance du sol support. Ces infrastructures peuvent montrer des signes importants de vieillissement après seulement la moitié de leur durée de vie anticipée. Cette expérimentation a pour objectif de démontrer qu'un coût initial plus élevé peut représenter des économies à long terme lorsque l'on considère l'aspect du gain en durée de vie utile.

DESCRIPTION

Six structures de chaussée contiguës seront utilisées comme base expérimentale pour effectuer une analyse du coût à long terme engendré par l'utilisation de l'une ou l'autre des différentes solutions expérimentées.

Deux de ces sections sont représentatives des pratiques actuelles de la municipalité de Saint-Hyacinthe pour l'entretien des infrastructures routières (pulvérisation et reconstruction sans aucun élément de protection).

Trois sections incorporent différents types de géosynthétiques composites, comprenant un système d'isolation thermique et un élément favorisant le drainage (Isolotex, Thermaflex, F400).

La dernière section est constituée d'un système multicouches isolant-drainant-renforcé, mettant à profit des copeaux d'écorce de bois comme matériau d'isolation thermique.

Ainsi, chacune des quatre solutions incorporant des éléments de protection dispose de :

- une couche procurant une capacité drainante horizontale (grâce au géotextile);
- une couche d'isolation thermique (polystyrène expansé, polystyrène extrudé, composite à bulles d'air);
- une couche de renforcement (géotextile non-tissé à renfort tissé), ou une couche anti-poinçonnement (géotextile approprié), lorsque le matériau sous-jacent le requiert.

Enfin, un élément de drainage latéral est installé sur ces quatre sections pour agir comme écran de rive et parfaire le drainage de la fondation.

On doit préciser qu'une des particularités de ce projet, en plus de celle relative à l'étude du gain en durée de vie, est l'utilisation de copeaux d'écorce de bois pour isoler l'une des structures de chaussée évaluées. Ce matériau est un déchet solide pouvant être valorisé et qui, de part sa grande disponibilité, peut être acquis à faible coût.

ASPECT INNOVATEUR

- analyse technico-économique sur le gain en durée de vie;
- comparaison entre plusieurs systèmes multicouches;
- utilisation des copeaux d'écorce de bois comme matériau isolant.

RÉSULTATS ET SUIVI

Le programme de suivi a été établi en fonction des périodes critiques de changement de conditions climatiques. Un total de 90 jours de suivi, s'étalant sur une période de quatre ans, a été planifié pour cette activité. On a pris soin de réserver des journées pour les périodes de gel-dégel et les périodes d'averses importantes. Voici quelques-uns des paramètres qui seront étudiés : distribution de la pression totale, humidité de la fondation, distribution de la température, niveaux piézométriques, profondeur du front de gel, variation de l'épaisseur de la couche d'écorces de bois, débits évacués par les drains, teneur en composés phénoliques de l'eau expulsée des copeaux de bois, capacité structurale, données météorologiques, gain en durée de vie utile, etc.

Au cours de cette recherche, 4 rapports sont prévus : rapport postconstruction, rapport d'étape après 12 mois, rapport d'étape après 24 mois et rapport final.

Méthodologie de diagnostic au niveau réseau de l'indice de gel

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalités : Sainte-Foy, Jonquière et Montréal Responsable technique : Sera repris pour chaque municipalité Autres intervenants : Département de génie civil de l'Université Laval et Tecslut Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Réalisation des travaux
PROBLÉMATIQUE	Le comportement des chaussées en milieu urbain dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont les matériaux utilisés dans le corps de chaussée, le sol naturel, la géologie du site, le drainage, le climat, la présence de réseau d'utilités publiques et le trafic routier. Au Québec, les municipalités doivent construire leurs routes à partir de méthodes rationnelles et d'outils pertinents. Les effets (fissurations, affaissements, faiblesses multiples) doivent être traités en tenant compte des problèmes fondamentaux tels que le gel de façon systématique en statuant sur la susceptibilité au gel de l'infrastructure visée.
DESCRIPTION	Le projet présenté par la municipalité de Sainte-Foy en partenariat avec les villes de Montréal et de Jonquière consiste à caractériser la susceptibilité au gel des sols d'infrastructure des rues à l'échelle d'une ville. Une carte reproduisant les différentes zones de susceptibilité au gel des rues sera préparée dans le but d'aider à la gestion d'un réseau routier municipal. La détermination des classes de gélivité servira de base pour établir les méthodes de travaux appropriées à chaque zone. Le logiciel FROST-1D, basé sur la théorie du potentiel de ségrégation (SP), permettra de modéliser le comportement de la route à partir du soulèvement différentiel été-hiver. Les travaux d'expérimentation portent sur 60 km de différents tronçons de rues.
ASPECT INNOVATEUR	Selon sa rigueur, le climat est responsable du gel des chaussées et même parfois de celui du terrain naturel. En milieu urbain, le sous-sol est moins homogène qu'en milieu rural et présente des soulèvements différentiels dont les causes sont difficiles à préciser de façon rationnelle. Dans un contexte de planification du réseau routier, il est donc souhaitable de savoir si les secteurs d'intervention sont sujets aux effets du gel afin de concevoir une chaussée selon une approche

rationnelle. La méthode innovatrice de calcul du soulèvement en milieu naturel durant la période de gel transitoire, basée sur le concept du potentiel de ségrégation, est un modèle bidimensionnel de transfert de chaleur et de masse permettant d'obtenir une distribution spatiale et temporelle de la teneur en eau pendant le gel des chaussées.

SUIVI OU RÉSULTATS

La technique permettra de déterminer, pour un réseau routier, les techniques d'entretien ou de réhabilitation applicables à chaque classe de chaussée sans risque d'estimer des coûts excessifs et de consentir des investissements potentiels peu durables. Un rapport de performance de l'expert-conseil discutera, au point de vue économique, de la technique expérimentée dans le cadre du champ du diagnostic des chaussées en béton bitumineux et du contrôle du gel.

Responsables techniques : Pierre Perreault (Sainte-Foy)
Richard Morin (Montréal)
Claude Malenfant (Jonquière)

Réfection de chaussée à l'aide d'un nouveau mélange à base de fibres d'amiante

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Thetford Mines
 Responsable technique : Richard Laflamme, Ville de Thetford Mines
 Autres intervenants : Laboratoire Sol et Béton L.S.B.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Le ministère des Transports du Québec a commencé en 1990, avec l'aide de la compagnie française S.I.R., le pavage de certaines sections de l'autoroute Jean-Lesage en incorporant au mélange bitumineux des fibres d'amiante. Les mélanges français sont très résistants à l'orniérage, mais ne sont adaptés que pour les couches d'usure et, de plus, ils sont aussi coûteux à produire. L'augmentation des coûts vient principalement des granulométries spéciales qu'imposent les mélanges français de type «Médiflex» et «Compoflex». Ainsi, peu de fournisseurs québécois possèdent les réserves de pierre nécessaires à la composition de ces mélanges.

Les ingénieurs du ministère des Transports du Québec ont aussi réalisé, en milieu rural, des planches d'essai avec des mélanges bitumineux constitués de fibres d'amiante. Les résultats obtenus sont prometteurs, puisque les mélanges s'adaptent très bien à nos conditions climatiques.

DESCRIPTION

La planche d'essai proposée à Thetford Mines sera réalisée dans un environnement différent (milieu urbain) avec une modification granulométrique des mélanges afin d'optimiser les comportements et les coûts et aussi pour tenir compte des contraintes qu'imposent le choix du site d'expérimentation.

Bien que les mélanges français possèdent une bonne résistance à l'orniérage, les municipalités n'ont pas nécessairement besoin de ce gain structural, puisque leurs routes ne sont pas soumises à des charges aussi fréquentes et aussi lourdes que celles que l'on rencontre sur le réseau routier provincial.

L'objectif du projet est donc de développer un nouveau pavage à base de fibres d'amiante différent de ceux développés par la compagnie française S.I.R. ou élaborés par le programme américain SHARP. Ces pavages permettront, entre autres, d'utiliser les agrégats disponibles, c'est-à-dire sans concassage ou retamissage, tels qu'ils se retrouvent chez les fournisseurs de pierres. En outre, le pourcentage de bitume dans les mélanges de pavage en amiante sera optimisé

pour diminuer les coûts de production.

L'ajout de fibres d'amiante dans le béton bitumineux permet d'augmenter de près de 1 % le pourcentage de bitume, ce qui procure les avantages suivants :

- autoréparation du pavage lors de la saison estivale;
- durabilité accrue du nouveau pavage;
- diminution de la fissuration et du désenrobage à la surface du pavage;
- résistance à l'orniérage plus grande que les mélanges conventionnels.

ASPECT INNOVATEUR

L'expérimentation de nouvelles granulométries dans les mélanges de béton bitumineux à base de fibres d'amiante permettra, à l'ensemble des producteurs de granulat, de prendre une part plus active dans la réalisation de ces nouveaux mélanges, puisque les réserves de granulat pourront être utilisées immédiatement sans concassage ni retamissage. Ainsi, l'ajustement des mélanges permettra d'utiliser les agrégats disponibles chez la plupart des producteurs de pavage et rendra possible, éventuellement, une plus grande utilisation de ce type de mélange. Ainsi, si les résultats de l'expérience à Thetford Mines sont concluants, les mines d'amiante pourront exporter leurs produits.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les travaux ont été réalisés durant l'été 1995. Les résultats partiels d'octobre 1996 ne révélaient aucune dégradation observable. Un rapport final sera produit après 3 années d'observation.

Auscultation des réseaux routiers par thermographie et radar

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalités : Aylmer, Beauport, Brossard, Dollard-des-Ormeaux, Gatineau, Hull, Lorraine, Mont-Royal, Montréal-Ouest, Repentigny, Rosemère, Saint-Bruno-de-Montarville, Saint-Hyacinthe, Sainte-Foy Soutient technique : Michel Laroque, Tecsult Personne-ressource : Sera reprise pour chaque municipalité Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés
PROBLÉMATIQUE	Les méthodes traditionnelles d'auscultation (dynaflex, roulemètre, inspections visuelles, etc.) ne permettent pas aux gestionnaires municipaux de diagnostiquer de façon rapide et économique l'état des infrastructures routières. Ces méthodes ne traduisent pas l'état en profondeur des chaussées selon une base rigoureuse, ce qui permettrait de poser un diagnostic éclairé. Les quelques systèmes actuels, qui tiennent compte de cet aspect important de gestion, basent leur analyse sur des courbes de dégradation (variation de l'indice de qualité d'une chaussée dans le temps) étrangères, souvent américaines, car il n'existe aucune donnée québécoise. Par ailleurs, les méthodes actuelles permettant de connaître avec précision l'état des chaussées sont destructrices (carottage, fosses d'exploration). Elles ne sont donc pas employées de façon systématique par les municipalités à cause de leurs coûts prohibitifs et des désagréments qu'elles engendrent. Les résultats de l'analyse de l'état des réseaux routiers se limitent souvent à l'établissement du taux de sévérité des dégradations, sans établir de priorité d'intervention axée sur la prévention et la protection des actifs. Les gestionnaires municipaux ne disposent pas d'outils intégrant tous les éléments décisionnels pour l'établissement des interventions optimales de réfection et d'entretien des chaussées en tenant compte de variables comme l'état des infrastructures souterraines, les budgets disponibles, le degré de détérioration de la chaussée, etc. Les outils actuels, même les plus élaborés, ne considèrent pas ces aspects.
DESCRIPTION	Le projet visait à appliquer deux nouvelles technologies de pointe (radar et thermographie) dans l'auscultation des chaussées, de façon à optimiser le diagnostic de dégradation et à établir les méthodes de réfection appropriées au meilleur coût. Il visait aussi à regrouper tous les éléments décisionnels pour l'établissement des interventions optimales de réfection et d'entretien des chaussées en tenant compte de variables comme l'état des infrastructures souterraines, les budgets disponibles, le degré de détérioration de la chaussée, etc. Le projet était piloté sur le plan technique, par la firme de consultants BBL (Beauchemin, Beaton Lapointe inc.). Les étapes de travail étaient les suivantes : - travail préparatoire;

- modification du système-expert;
- adaptation des outils de la thermographie et du radar;
- collecte des données;
- vérification des courbes de dégradation;
- rapports;
- transfert technologique;
- gestion.

L'approche préconisée a fait appel à plusieurs municipalités afin de compiler le plus de données et de caractéristiques propres aux besoins et aux conditions du Québec. Cette compilation spécifique a été faite tant pour des besoins de gestion des municipalités, quant à l'entretien et à la réfection des infrastructures, que pour des caractéristiques des infrastructures, des sols ambiants, de la circulation, etc.

Ces dernières données ont permis de valider les technologies de thermographie et de radar dans toutes les conditions et d'établir des familles de rues et des courbes de dégradation spécifiques aux conditions du Québec. Compte tenu des différentes conditions climatiques, structurales et géotechniques rencontrées dans le sud du Québec et des contraintes budgétaires, le consultant recommandait l'auscultation d'environ 200 km répartis dans une quinzaine de municipalités (régions de Québec, de Montréal, de l'Outaouais et des Laurentides). Le consultant avait aussi incorporé au projet un système-expert permettant d'établir de façon éclairée les priorités d'intervention en fonction des contraintes extérieures. Cet outil permet maintenant d'optimiser les investissements à être injectés au cours des prochaines années dans la réfection des infrastructures routières.

ASPECT INNOVATEUR

Le projet a contribué à l'amélioration des outils actuellement sur le marché pour l'auscultation des chaussées et la réfection des réseaux routiers. Il utilise des méthodes plus rapides donnant des résultats plus spécifiques et plus exhaustifs en comparaison des méthodes destructives conventionnelles d'auscultation (carottage, fosses d'exploration, etc.), qui sont aussi généralement plus coûteuses. Il assure, par ailleurs, une optimisation des méthodes conventionnelles d'analyse en les incorporant dans le système-expert (déflexion, carottage, confort de roulement, etc.).

Ce projet visait donc ultimement à assurer une meilleure utilisation des fonds publics relativement à l'entretien des réseaux routiers et, par le fait même, à améliorer l'état général des chaussées québécoises.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le rapport final du volet administratif souligne les points suivants :

- la période idéale pour réaliser de telles interventions s'étend du mois d'avril au mois de novembre;

- le nombre de kilomètres auscultés n'était pas suffisamment élevé pour permettre d'obtenir des courbes de dégradation claires et ajustées aux conditions du Québec; par contre, des tendances ont pu être observées et les équations de départ ont été ajustées;
- un programme de suivi permettrait de bâtir une banque de données spécifiques aux conditions du Québec;
- les commentaires des utilisateurs du système-expert permettront d'améliorer cet outil.

Le rapport final du volet scientifique souligne les points suivants :

- les objectifs d'adaptation et de validation des technologies du radar et de la thermographie au niveau réseau ont été rencontrés, soit :
 - 1- les épaisseurs de revêtement bitumineux et de la fondation peuvent être mesurées par radar de façon continue;
 - 2- les anomalies rencontrées aux fondations (eau, contamination, décollement) peuvent être relevées par analyse radar;
 - 3- au moins 90 % des tronçons de chaussées peuvent être auscultés efficacement par le radar et la thermographie avec une précision de 85 à 95 % des épaisseurs de chaussées en mode réseau et projet.
- l'objectif d'adaptation d'un système-expert en gestion de chaussées a été rencontré, soit :
 - 1- l'état des services municipaux et des utilités publiques a été incorporé;
 - 2- l'utilisateur peut interférer au besoin sur le type de réparation recommandé, le type d'utilité publique ou des trottoirs pour proposer une intervention et en ajouter les coûts de réparation;
 - 3- la susceptibilité au gel de la chaussée a été établie par des relevés d'uni réalisés en hiver et en été, permettant à l'utilisateur son intégration dans le système.

Personnes responsables :

René Soucy (Aylmer)
Roger Robert (Beauport)
Mark Laroche (Brossard)
Serge Campanelli (Dollard-des-

Ava Couch (Mont-Royal)
Denis Tremblay (Repentigny)
Pierre Tessier (Rosemère)
Sylvain Rioux (Saint-Bruno-de-Ormeaux)

Montarville)

Jean-Yves Massé (Gatineau)
Yves Patry (Hull)
Daniel Robitaille (Lorraine)

Jean-René Cusson (Saint-Hyacinthe)
René Lortie (Sainte-Foy)

Patrick Mann (Montréal-Ouest)

Techniques innovatrices pour la reconnaissance des chaussées

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalités : Candiac, Sainte-Catherine, Mirabel, Saint-Jérôme Responsable technique : Sera repris pour chaque municipalité Autre intervenant : Fondatec inc. Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	Toutes les municipalités du Québec sont concernées par l'entretien des routes. Le réseau est vieillissant et le contexte économique peu favorable impose la recherche de techniques efficaces et efficaces. Les études de structures routières sont encore largement effectuées à l'aide de puits d'exploration peu profonds creusés à l'aide d'une rétrocaveuse. Ce procédé, quoique efficace comporte des inconvénients importants pour la circulation locale tout en laissant des cicatrices évidentes à la surface de la rue. Des coûts élevés de réalisation sont également associés à cette opération, et cette dernière demeure difficilement exécutable en hiver. À ce jour, aucune expérience de forage routier n'a été réalisée en période hivernale, et ces nouvelles technologies permettront de définir et d'optimiser le rendement d'échantillonnage en été et en hiver. La solution proposée, si elle est concluante, pourrait s'avérer l'alternative avantageuse à la méthode conventionnelle.
DESCRIPTION	Les quatre municipalités désirent expérimenter de nouvelles technologies pour la reconnaissance des chaussées. Les essais sont proposés dans le cadre d'un partenariat, et les infrastructures concernées par le projet sont des routes municipales pour lesquelles on prévoit faire des travaux de réfection d'ici quelques années. L'échantillonnage constitue la première phase des études de conception routière. Le projet consiste à mettre au point une méthode innovatrice de forage par battage pour les matériaux non gelés et une autre par rotation pour les matériaux gelés de façon à permettre la récupération d'échantillons en continu de toutes les couches constituant le corps de la chaussée. L'expérimentation prévue permettra d'optimiser ces techniques.

ASPECT INNOVATEUR

Le procédé d'échantillonnage à gros diamètre est intéressant parce qu'il peut répondre au besoin de plusieurs municipalités. Sans remettre en question les méthodes traditionnelles, les précisions recherchées visent à mieux connaître les modalités et les frais d'exploitation de l'échantillonnage en été par le procédé de battage, et en hiver par les procédés rotatifs, de façon à faire les derniers ajustements ou les ajouts nécessaires pour améliorer l'efficacité des nouvelles techniques proposées.

Les techniques innovatrices pourraient être économiques à l'utilisation par rapport au coût de l'échantillonnage conventionnel. L'économie pourrait être appréciable, surtout au regard des travaux de signalisation et des délais occasionnés à la circulation. Les échantillonneurs à gros diamètre seront également simples et économiques à entretenir, lorsque le développement aura établi les conditions optimales d'opération.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le suivi des projets se réalisera sur une période d'un an. L'idée d'utiliser des échantillonneurs à gros diamètre dans les études de caractérisation de chaussée s'inscrit dans une nouvelle approche visant à rechercher des méthodes optimales d'un point de vue économique et technique. Une méthode conventionnelle usuelle prévoit l'excavation d'un puits de 1 m² pour accéder aux différentes couches et procéder à l'échantillonnage le plus représentatif possible. Une autre méthode conventionnelle, la tarière mécanique à vis hélicoïdale, sera aussi intégrée aux discussions du rapport final.

À la suite de ces travaux d'échantillonnage, tous les prélèvements seront indiqués et analysés en laboratoire de façon à présenter leurs différentes granulométries.

Responsables techniques : Michel Parent (Sainte-Catherine)
 Mario Lajeunesse (Mirabel)
 Gaétan Demers (Candiac)
 Richard Bégin (Saint-Jérôme)

Auscultation de chaussée par la combinaison du radar, de la thermographie et du Désyroute

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autre intervenant : ThermoRadar inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

L'évaluation structurale des chaussées mixtes, du type de celles qui composent la grande partie du réseau montréalais, demeure fort complexe. Actuellement, dans l'évaluation de l'état de la structure des chaussées, la Ville de Montréal ne retient que les analyses faites à partir de relevés de déflexion réalisés exclusivement à l'aide d'appareils de mesure de déflexion dynamique comme le Dynaflect ou le Falling Weight Deflectometer (FWD). Ces analyses donnent des résultats intéressants, mais limités, et les coûts sont élevés.

Des analyses faites à partir d'autres types de relevés, tels que le géoradar, la thermographie, l'analyseur d'ondes de surface, ou combinant plusieurs de ces méthodes, présentent des résultats prometteurs. Toutefois, la preuve n'est pas encore faite que ces équipements sont opérationnels et que les résultats découlant de ces analyses sont valables. L'étude comparative entre les résultats obtenus avec les nouvelles technologies non destructives proposées par différents consultants et ceux que la Ville ou un autre intervenant neutre (MTQ) ont obtenus à partir des relevés Dynaflect ou FWD vise à vérifier la fiabilité des relevés et à valider les résultats obtenus pour chacune des technologies évaluées.

DESCRIPTION

Les paramètres à analyser sont répartis en trois groupes distincts selon la priorité accordée conformément au programme d'étude comparative des techniques d'auscultation :

- paramètres principaux;
- paramètres complémentaires;
- paramètres environnementaux.

Cette technique d'auscultation de chaussées intègre le radar, la thermographie infrarouge, la vidéo, un équipement d'acquisition de données assisté par ordinateur et, quant aux dégradations visibles en surface, le Désyroute. Grâce à cette combinaison de technologie d'auscultation, on entend démontrer la fiabilité des résultats de ses relevés non destructifs pour l'analyse des chaussées.

ASPECT INNOVATEUR

L'intégration de ces technologies et équipements dans une même auscultation fournira l'information pertinente à la Ville de Montréal pour optimiser la réhabilitation de son réseau routier. Elle réduira ainsi, par un ciblage ponctuel, l'utilisation des méthodes conventionnelles d'auscultation par déflexion dynamique. Ces technologies permettent d'établir les constats suivants :

- épaisseur des différentes couches composant la structure des chaussées (mixtes ou flexibles);
- état de la dalle de béton selon la désagrégation ou la délamination (mixtes);
- décollements entre les couches bitumineuses ou entre les couches bitumineuses et la dalle de béton (mixtes);
- type, étendue et largeur qualitative des fissures et anomalies visibles en surface (mixtes ou flexibles);
- vides ou pertes de support sous les dalles de béton (mixtes);
- présence de contamination au niveau des fondations granulaires (mixtes ou flexibles);
- présence d'eau au niveau des fondations;
- présence de roc au niveau des fondations;
- état des ouvrages connexes (trottoirs, bordures, etc.).

SUIVI OU RÉSULTATS

L'étude visait à établir une méthodologie optimale d'auscultation utilisant simultanément les technologies du radar, de la thermographie infrarouge et du Désyroute. Rappelons également que l'étude s'est effectuée sur des chaussées flexibles (7 km) et mixtes (20,5 km).

Sur le plan technique, les résultats démontrent l'efficacité du radar dans l'évaluation des épaisseurs de pavage en comparaison avec les épaisseurs de carottage avec 7,9 % d'erreur. Pour ce qui est des fondations granulaires, la corrélation s'est révélée moins évidente avec 27,7 % d'erreur. Cependant, si on tient compte du peu de données disponibles lors de la présente étude pour établir cette corrélation et des résultats d'une étude antérieure réalisée en 1995, une erreur moyenne de 15 % est envisageable au niveau des fondations.

En ce qui concerne les déficiences, le radar s'est révélé efficace en montrant sa capacité à détecter principalement pour les chaussées flexibles et mixtes la présence de contamination dans les fondations, la présence d'eau et également le décollement et la délamination ou désagrégation de la dalle de béton. Pour les chaussées mixtes, le radar a également permis de déterminer avec précision la présence de vides ou de cavités sous la dalle de béton.

La thermographie infrarouge a été utilisée de façon ciblée lorsqu'elle était applicable et a servi à confirmer les zones et l'étendue des dégradations en ce qui

concerne la délamination et la désagrégation de la dalle de béton.

L'utilisation du Désyroute permet de réduire substantiellement, sinon d'éliminer, la subjectivité dans l'évaluation des dégradations de surface par rapport à une évaluation strictement visuelle. En effet, bien que le Désyroute fasse l'observation des dégradations visuellement, leur interprétation, l'évaluation des tronçons routiers de même que l'établissement de la cote visuelle se font à l'aide d'un programme informatique tenant compte du nombre, de l'étendue et de la sévérité des différentes anomalies, et ce, de façon constante d'un tronçon à l'autre.

L'ensemble de toutes ces informations recueillies sur une même page permet à un expert dans le domaine de sélectionner plus facilement la ou les méthodes appropriées de réhabilitation.

L'application conjointe des trois technologies et l'analyse des résultats ont permis d'adapter la méthode d'auscultation et d'analyse initialement développée au contexte propre à la Ville de Montréal. Les recommandations qui découlent de cette adaptation sont les suivantes :

- utiliser le radar et le Désyroute pour tous les tronçons, autant pour les chaussées flexibles que pour les chaussées mixtes;
- utiliser la thermographie infrarouge de manière encore plus ciblée (c'est-à-dire où l'évaluation Désyroute et radar décèlent des déficiences potentielles de la dalle de béton) pour les chaussées mixtes;
- planifier le tracé d'acquisition des relevés de manière à réduire au strict minimum les déplacements non productifs;
- réduire les coûts d'auscultation et d'analyse en réduisant le nombre de paramètres recueillis lors du relevé Désyroute et en accélérant ainsi l'acquisition des données par Désyroute;
- réduire le carottage au seul besoin de l'identification des matériaux en place et de leurs caractéristiques et non plus pour fins de calibration des données radar, compte tenu que les constantes diélectriques sont maintenant davantage connues pour la Ville de Montréal et relativement stables pour un même matériau;
- cibler au besoin le carottage seulement pour fins de validation de l'étendue de certaines anomalies, telle la perte de support en cavité, qui pourraient avoir un impact important sur la sécurité du public et des ouvrages.

Une analyse préliminaire a été effectuée pour déterminer une relation entre les résultats du déflectomètre et les épaisseurs établies par radar, par le biais du nombre structural de la chaussée. L'étude s'est révélée peu concluante compte tenu du peu d'informations disponibles dans le contexte de ce projet. Cependant, l'exercice mérite d'être réalisé à plus grande échelle de manière à pouvoir calibrer les données radar par rapport au déflectomètre et ainsi réduire substantiellement les coûts associés à l'analyse des chaussées par déflexion. Les données radar étant mesurées en continu contrairement au déflectomètre qui, lui, présente des résultats plutôt ponctuels. Si une telle étude se révélait concluante, cela permettrait d'aller chercher le maximum d'information pertinente de technologies reconnues et éprouvées, et qui deviendraient ainsi complémentaires dans l'établissement d'un diagnostic de chaussée au meilleur coût.

Auscultation de chaussée par la technique géoradar

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : GIE Technologies et le Groupe Cartier ltée

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

L'évaluation structurale des chaussées mixtes, du type de celles qui composent la grande partie du réseau montréalais, demeure fort complexe. Actuellement, dans l'évaluation de l'état de la structure des chaussées, la Ville de Montréal ne retient que les analyses faites à partir de relevés de déflexion réalisés exclusivement à l'aide d'appareils de mesure de déflexion dynamique comme le Dynaflect ou le Falling Weight Deflectometer (FWD). Ces analyses donnent des résultats intéressants, mais limités, et les coûts sont élevés.

Des analyses faites à partir d'autres types de relevés, tels que le géoradar, la thermographie, l'analyseur d'ondes de surface, ou combinant plusieurs de ces méthodes, présentent des résultats prometteurs. Toutefois, la preuve n'est pas encore faite que ces équipements sont opérationnels et que les résultats découlant de ces analyses sont valables. L'étude comparative entre les résultats obtenus avec les nouvelles technologies non destructives proposées par différents consultants et ceux que la Ville ou un autre intervenant neutre (MTQ) ont obtenus à partir des relevés Dynaflect ou FWD vise à vérifier la fiabilité des relevés et à valider les résultats obtenus pour chacune des technologies évaluées.

DESCRIPTION

Les paramètres à analyser sont répartis en trois groupes distincts selon la priorité accordée conformément au programme d'étude comparative des techniques d'auscultation :

- paramètres principaux;
- paramètres complémentaires;
- paramètres environnementaux.

Cette technique d'auscultation de chaussées intègre le radar, la thermographie infrarouge, la vidéo, un équipement d'acquisition de données assisté par ordinateur et, quant aux dégradations visibles en surface, le Désyroute. Grâce à cette combinaison de technologies d'auscultation, on entend démontrer la fiabilité des résultats de ses relevés non destructifs pour l'analyse des chaussées.

ASPECT INNOVATEUR

L'intégration de ces technologies et équipements dans une même auscultation fournira l'information pertinente à la Ville de Montréal pour optimiser la réhabilitation de son réseau routier. Elle réduira ainsi, par un ciblage ponctuel, l'utilisation des méthodes conventionnelles d'auscultation par déflexion dynamique. Ces technologies permettent d'établir les constats suivants :

- épaisseur des différentes couches composant la structure des chaussées (mixtes ou flexibles);
- état de la dalle de béton selon la désagrégation ou la délamination (mixtes);
- décollements entre les couches bitumineuses ou entre les couches bitumineuses et la dalle de béton (mixtes);
- type, étendue et largeur qualitative des fissures et anomalies visibles en surface (mixtes ou flexibles);
- vides ou pertes de support sous les dalles de béton (mixtes);
- présence de contamination au niveau des fondations granulaires (mixtes ou flexibles);
- présence d'eau au niveau des fondations;
- présence de roc au niveau des fondations;
- état des ouvrages connexes (trottoirs, bordures, etc.).

SUIVI OU RÉSULTATS

Un aspect très attrayant de la technique est que les données recueillies par le géoradar ont permis de développer, au sein de ce projet, un indice de portance des chaussées (IPC), habituellement estimé à partir des mesures effectuées à l'aide de déflectomètres. Une estimation de la portance globale de la chaussée, déduite des données obtenues en continu du géoradar, augmente la fiabilité des conclusions quant à l'aptitude structurale d'une section à soutenir le trafic qui y circule et assure l'optimisation des stratégies d'intervention par la prise en compte des caractéristiques structurales d'une façon continue et non ponctuelle.

Cette étude exploratoire a établi la capacité sans équivoque du géoradar à mesurer les épaisseurs des structures mixtes et flexibles et à fournir un indice de portance structural obtenu par la sommation pondérée des épaisseurs selon l'état de détérioration des matériaux constitutifs.

Cette étude repose sur des considérations théoriques saines et des jugements d'ingénierie raisonnables pour l'analyse des signaux du géoradar et aussi pour l'établissement d'un IPC qui repose sur le concept du nombre structural de l'AASHTO, et donc de la performance des chaussées. L'IPC est un indicateur de performance obtenu sans interaction avec la circulation, donc le risque pour le personnel ou les usagers de la route est limité. Il a été obtenu sans contact avec la route et repose sur la méthode d'analyse structurale la plus étudiée et la plus populaire dans le monde. Il est finalement obtenu rapidement, à peu de frais et d'une façon continue.

Auscultation de chaussée à l'aide du système d'acquisition et d'interprétation Biris

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autre intervenant : GIE Technologie

Avancement des travaux au 30 avril 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

L'évaluation structurale des chaussées mixtes, du type de celles qui composent la grande partie du réseau montréalais, demeure fort complexe. Actuellement, dans l'évaluation de l'état de la structure des chaussées, la Ville de Montréal ne retient que les analyses faites à partir de relevés de déflexion réalisés exclusivement à l'aide d'appareils de mesure de déflexion dynamique comme le Dynaflect ou le Falling Weight Deflectometer (FWD). Ces analyses donnent des résultats intéressants, mais limités, et les coûts sont élevés.

Des analyses faites à partir d'autres types de relevés, tels que le géoradar, la thermographie, l'analyseur d'ondes de surface, ou combinant plusieurs de ces méthodes, présentent des résultats prometteurs. Toutefois, la preuve n'est pas encore faite que ces équipements sont opérationnels et que les résultats découlant de ces analyses sont valables. L'étude comparative entre les résultats obtenus avec les nouvelles technologies non destructives proposées par différents consultants et ceux que la Ville ou un autre intervenant neutre (MTQ) ont obtenus à partir des relevés Dynaflect ou FWD vise à vérifier la fiabilité des relevés et à valider les résultats obtenus pour chacune des technologies évaluées.

DESCRIPTION

Les paramètres à analyser sont répartis en trois groupes distincts selon la priorité accordée conformément au programme d'étude comparative des techniques d'auscultation :

- paramètres principaux;
- paramètres complémentaires;
- paramètres environnementaux.

Le BIRIS, un système autonome d'acquisition, de détermination, de localisation et d'interprétation des défauts des chaussées, a été développé par le groupe GIE. Selon le consultant, cette nouvelle technologie présente de grands avantages économiques. Les solutions techniques innovatrices apportées aux capteurs

traditionnels, à l'architecture du système de traitement et les solutions en ce qui touche le logiciel permettent l'acquisition d'information plus fiable et plus complète ainsi qu'un traitement des données et une classification des défauts de la chaussée.

ASPECT INNOVATEUR

D'après le consultant, la technologie utilisée pour la prise des données est basée sur la méthode de triangulation optique à faisceau laser. Le capteur BIRIS spécialement développé à cette fin par le Conseil national de recherche du Canada (CNRC), assure une résolution supérieure à tout autre système et permet la réalisation d'une structure modulaire facile à entretenir. Cette technologie unique fournit des renseignements complets en trois dimensions ainsi que la valeur de l'intensité réfléchie par la chaussée, donc l'image photométrique de la route. Cet aspect confère au capteur BIRIS un net avantage par rapport aux autres capteurs existants, car l'information est fournie par un capteur unique. La technologie a comme première préoccupation la diminution du coût de fabrication et finalement la diminution du prix d'utilisation de l'équipement, ce qui correspond à un meilleur rapport performance/prix.

Le système est monté sur un véhicule spécialement conçu pour recevoir tout l'équipement nécessaire pour assurer l'autonomie et le bon fonctionnement pendant un quart de travail (huit heures). Les renseignements fournis par les caméras sont traités, classifiés, codés et stockés à bord du véhicule en temps réel. Des équipements optionnels peuvent être ajoutés selon des besoins particuliers (système GPS, système de navigation, capteurs supplémentaires, etc.).

SUIVI OU RÉSULTATS

L'application du BIRIS à l'auscultation des chaussées de la Ville de Montréal durant la période estivale de 1997, à l'intérieur du programme d'expérimentation de nouvelles technologies, a permis de déterminer trois indices principaux pour caractériser la condition structurale de la chaussée.

Il semble que le premier indice représente, selon la valeur de l'IRI, une indication quant à la stabilité de la dalle des chaussées mixtes. Le second indice est représentatif de l'aptitude structurale de la chaussée flexible et s'exprime comme le rapport entre la densité des fissures dans les traces de roues et la densité des fissures hors des traces de roues. Enfin, le troisième indice est celui de l'orniérage qui exprime généralement soit une instabilité de l'enrobé soit une usure ou une rupture structurale. L'aptitude du BIRIS à mesurer le profil en trois dimensions permettrait, à l'aide d'un programme à cet effet, de discerner ces deux causes de l'orniérage. Il en résulterait alors le renforcement/ confirmation ou la remise en question d'un diagnostic d'instabilité de la dalle obtenu du premier indice qui repose sur l'IRI.

Une règle basée sur ces indicateurs de stabilité de la dalle, de ratio de fissuration dans et hors des traces de roues et d'orniérage permettant de porter un diagnostic sur la condition structurale de la chaussée a été évaluée dans cette étude. De plus, une règle basée sur la variabilité de l'orniérage et sur la stabilité de la dalle exprimée par l'IRI a été développée en conséquence et sa fiabilité établie à partir des mesures de déflexion effectuées sur 11 sections, ce qui, forcément, représente un échantillon de taille limitée. Un modèle de calcul de la cote visuelle à partir des relevés des fissures, de l'IRI, des ornières et du trafic a également été fourni.

Il découle de cette étude que le BIRIS représente un système dont la capacité est bien établie pour :

- 1) mesurer avec précision les défauts de fissuration, l'uni et l'orniérage;
- 2) quantifier rationnellement la cote visuelle avec une approximation qui semble fort convenable vu le biais inhérent à la cote visuelle;
- 3) situer valablement, sous réserve de la taille de l'échantillon de l'étude, le degré de déflexion selon l'IRI et l'écart-type de l'orniérage.

Auscultation de chaussée à l'aide de la technique du radar en complément à celle du Falling Weigh Deflectometer (FWD)

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autre intervenant : Fondatec inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

L'évaluation structurale des chaussées mixtes, du type de celles qui composent la grande partie du réseau montréalais, demeure fort complexe. Actuellement, dans l'évaluation de l'état de la structure des chaussées, la Ville de Montréal ne retient que les analyses faites à partir de relevés de déflexion réalisés exclusivement à l'aide d'appareils de mesure de déflexion dynamique comme le Dynaflect ou le Falling Weight Deflectometer (FWD). Ces analyses donnent des résultats intéressants, mais limités, et les coûts sont élevés.

Des analyses faites à partir d'autres types de relevés, tels que le géoradar, la thermographie, l'analyseur d'ondes de surface, ou combinant plusieurs de ces méthodes, présentent des résultats prometteurs. Toutefois, la preuve n'est pas encore faite que ces équipements sont opérationnels et que les résultats découlant de ces analyses sont valables. L'étude comparative entre les résultats obtenus avec les nouvelles technologies non destructives proposées par différents consultants et ceux que la Ville ou un autre intervenant neutre (MTQ) ont obtenus à partir des relevés Dynaflect ou FWD, vise à vérifier la fiabilité des relevés et à valider les résultats obtenus pour chacune des technologies évaluées.

DESCRIPTION

Les paramètres à analyser sont répartis en trois groupes distincts selon la priorité accordée conformément au programme d'étude comparative des techniques d'auscultation :

- paramètres principaux;
- paramètres complémentaires;
- paramètres environnementaux.

La technique proposée est basée sur les relevés faits par l'équipement de Penetradar. Il s'agit de l'équipement retenu par la Federal Highway Association (FHWA) après avoir donné un mandat d'évaluation des équipements de radar routier à l'Illinois Institute of Technology. L'université Texas A & M a également

effectué une étude comparative des équipements de radar routier en 1991 et a conclu que l'équipement de Penetradar constitue l'équipement de choix pour l'évaluation des chaussées et la mesure des épaisseurs.

ASPECT INNOVATEUR

La technique proposée consiste à obtenir les renseignements concernant l'état de la dalle en combinant des techniques d'auscultation non destructives de la chaussée; ces techniques sont le radar routier, le relevé visuel de l'état de la surface de même qu'un relevé au FWD. Toutefois, dans le cas du relevé au FWD, il s'agit d'un relevé effectué à des intervalles plus grands (de type « réseau ») que celui effectué selon les procédures de la Ville de Montréal (de type « projet ») et sans essai particulier au droit des fissures.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les éléments de l'approche proposée consistaient donc à effectuer un relevé visuel et un relevé au radar routier. Les informations recueillies à cette étape ont permis de définir les interventions subséquentes. Ces dernières consistaient à effectuer des relevés au FWD afin d'établir, par rétrocalcul, les modules réversibles de la dalle de béton et, par le fait même, la qualité de celle-ci. Cette combinaison de technologies permet d'effectuer un relevé en continu de l'état de la chaussée et de déterminer l'épaisseur des couches, la présence de vide sous la dalle ou d'eau dans la fondation granulaire ou l'infrastructure. Par ailleurs, dans le but de valider les résultats obtenus avec le radar routier et le FWD, des fosses exploratoires ont été effectuées. Chaque technique d'auscultation est utilisée de façon à s'assurer que le diagnostic final de l'état de la chaussée soit précis et permette de définir la solution de réfection la plus adéquate.

La présente étude a permis d'évaluer 21 km de chaussée du réseau de la Ville de Montréal en utilisant une approche dite « RÉSEAU ». Cette approche consiste en une évaluation globale du réseau routier de la Ville. Pour ce faire, la méthodologie préconisée dans le futur par Fondatec inc. est la suivante :

- relevé visuel des dégradations de surface;
- relevé vidéo;
- relevé radar (en continu);
- relevé structural au FWD à faible fréquence d'essais.

Cette approche a permis de dresser un portrait d'ensemble du degré de détérioration et du type de dégradation des chaussées à l'étude.

Les résultats indiquent que les dalles de béton, dont les modules réversibles sont de l'ordre de 10 000 à 15 000 MPa et plus dans le secteur de la fissure (soit sur une distance approximative de 5 m de part et d'autre de celle-ci), présentent une surface de dalle ayant peu ou pas de désagrégation de surface (inférieure à 10 mm de profondeur) dans la majorité des cas. La dalle dans ces secteurs est donc structurellement acceptable et n'a pas été altérée par les sels de déglacage ou par les effets du gel. Lorsque les modules réversibles sont inférieurs à 10 000 MPa, la dalle présente un état de désagrégation relativement important (profondeur supérieure à 10 mm) dans certains cas. La présence d'un module réversible faible associée à une surface de béton saine est fort probablement expliquée par une faiblesse structurale de la dalle (causée par une dégradation de la partie inférieure de la dalle) ou par une rupture en fatigue. Les chaussées présentant une surface de béton altérée et une dalle de béton de module réversible de plus de 10 000 MPa sont, quant à elles, indicatives de chaussée ayant fait l'objet d'une détérioration associée à l'action des cycles de gel et dégel ou à l'action des sels de déglacage sur une plus ou moins grande profondeur, mais elles n'offrent pas de faiblesses significatives du point de vue de l'état structural des matériaux.

Auscultation de chaussée à l'aide de l'appareil « Seismic Pavement Analyzer »

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC)

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

L'évaluation structurale des chaussées mixtes, du type de celles qui composent la grande partie du réseau montréalais, demeure fort complexe. Actuellement, dans l'évaluation de l'état de la structure des chaussées, la Ville de Montréal ne retient que les analyses faites à partir de relevés de déflexion réalisés exclusivement à l'aide d'appareils de mesure de déflexion dynamique comme le Dynaflect ou le Falling Weight Deflectometer (FWD). Ces analyses donnent des résultats intéressants, mais limités, et les coûts sont élevés.

Des analyses faites à partir d'autres types de relevés, tels que le géoradar, la thermographie, l'analyseur d'ondes de surface, ou combinant plusieurs de ces méthodes, présentent des résultats prometteurs. Toutefois, la preuve n'est pas encore faite que ces équipements sont opérationnels et que les résultats découlant de ces analyses sont valables. L'étude comparative entre les résultats obtenus avec les nouvelles technologies non destructives proposées par différents consultants et ceux que la Ville ou un autre intervenant neutre (MTQ) ont obtenus à partir des relevés Dynaflect ou FWD vise à vérifier la fiabilité des relevés et à valider les résultats obtenus pour chacune des technologies évaluées.

DESCRIPTION

Les paramètres à analyser sont répartis en trois groupes distincts selon la priorité accordée conformément au programme d'étude comparative des techniques d'auscultation :

- paramètres principaux;
- paramètres complémentaires;
- paramètres environnementaux.

L'appareil proposé, le « Seismic Pavement Analyser (SPA) », a été développé par le Center for Geotechnical and Highway Materials Research de l'université du Texas à El Paso, par les docteurs Soheil Nazarian, Mark R. Baker et Kevin Crain, dans le cadre du projet SHRP (Strategic Highway Research Program). Il réunit

tous les éléments et les méthodes d'analyses les plus performants dans le domaine de l'analyse des ondes pour connaître d'une manière non destructive les principaux facteurs contribuant à la détérioration des chaussées.

ASPECT INNOVATEUR

L'appareil SPA est conçu pour évaluer la détérioration de la condition d'une chaussée. Il peut mesurer certaines dégradations telles que la présence de vides ou la perte de support sous une chaussée rigide, l'infiltration d'humidité dans une chaussée flexible, la fissuration fine, la délamination du revêtement et le vieillissement du béton bitumineux. Le SPA détecte ces dégradations en estimant la vitesse de propagation des ondes de compression et de cisaillement dans les différentes couches de matériaux composant la structure de la chaussée ainsi que dans l'infrastructure à partir des méthodes suivantes : ondes ultrasoniques de volume, ondes ultrasoniques de surface, réponse impulsionnelle, impact écho, analyse spectrale des ondes de surface.

À cette fin, l'appareil gère, au moyen d'un ordinateur, la collecte des données et l'état des capteurs et réalise en temps réel plusieurs interprétations sur l'état de la structure de chaussée. Trois logiciels sont utilisés à cette fin :

- un logiciel d'acquisition de données;
- un logiciel d'interprétation de données;
- un logiciel d'archivage de données.

SUIVI OU RÉSULTATS

Au total, 20 km de chaussée dont environ 15 constitués d'une structure rigide et environ 5 constitués d'une structure flexible ont fait l'objet d'une auscultation détaillée à l'aide du SPA. La séquence des essais a été établie de manière à obtenir un essai pour chaque 10 m de chaussés et à couvrir l'ensemble des voies de circulation du tronçon évalué. Lors de la réalisation des essais, une analyse préliminaire des données est effectuée automatiquement par le SPA. Les résultats de cette analyse automatique ont permis la sélection de près d'une centaine de points nécessitant une investigation supplémentaire par carottage ou sondage de la chaussée. Les informations recueillies par cette investigation ont finalement été utilisées pour analyser de façon manuelle, soit par une intervention humaine, les données mesurées par le SPA et fournir des résultats corrigés.

L'analyse automatique des données lors de la réalisation des essais permet d'obtenir des résultats avec un minimum de traitement manuel et s'avère donc appropriée dans le contexte d'une auscultation d'un nombre appréciable de kilomètres de chaussée. Cependant, les résultats produits par cette analyse souffrent, dans le cas des chaussées auscultées dans le cadre de ce projet, d'un manque évident de fiabilité. Cette constatation a été tirée de l'analyse comparative des résultats produits de façon automatique et celle des résultats corrigés à la suite de l'analyse manuelle d'un certain nombre d'essais. En raison de la présence d'une quantité importante de défauts dans le cas des chaussées auscultées, le processus d'analyse automatique ne permet pas d'obtenir des résultats représentatifs des conditions en place. Le SPA est un appareil principalement développé pour évaluer les chaussées aux fins d'entretien. Une dégradation excessive à une échelle de l'ordre de l'espacement entre les récepteurs a donc pour résultat de contaminer l'information contenue dans les formes d'ondes et de mener à une interprétation peu fiable d'un modèle à trois couches. En pratique, la plupart des tronçons de chaussée correspondent pour le moins à un système de quatre ou cinq couches.

L'analyse manuelle des données enregistrées indique, par contre, que le SPA peut être utilisé pour évaluer adéquatement la condition d'une chaussée. Le caractère très exigeant de l'analyse manuelle selon le temps et l'expertise contraint actuellement l'utilisation de l'appareil pour l'auscultation des chaussées. Bien qu'une modification du processus de l'analyse automatique soit proposée par les concepteurs de l'appareil, cette modification, d'une part, exige un effort considérable de recherche et de développement et, d'autre part, ne garantit pas la production de résultats de fiabilité comparable à ceux de l'analyse manuelle.

À la lumière des résultats produits dans le cadre du projet de démonstration des possibilités du Seismic Pavement Analyzer (SPA), il apparaît que l'appareil offre un potentiel intéressant pour l'auscultation des chaussées de la Ville de Montréal. Cependant, ce potentiel est à développer afin de permettre au SPA de constituer une méthode d'auscultation produisant des résultats fiables et représentatifs des conditions en place.

INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES - Auscultation et diagnostic

Auscultation des réseaux routiers par la méthode microsismique et géoradar

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Saint-Léonard
Responsable technique : Monsieur Vilispreiss, Ville de Saint-Léonard
Autres intervenants : Géophysique GPR et Fondatec inc.

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

Les méthodes traditionnelles d'auscultation ne permettent pas aux gestionnaires municipaux de diagnostiquer de façon rapide et économique l'état des infrastructures routières. Ces méthodes ne traduisent pas l'état en profondeur des chaussées selon une base rigoureuse, qui permettrait de poser un diagnostic éclairé. Les quelques systèmes actuels qui tiennent compte de cet aspect important de gestion basent leur analyse sur des courbes de dégradation étrangères (variation de l'indice de qualité d'une chaussée dans le temps), souvent américaines, car il n'existe aucune donnée québécoise. Par ailleurs, les méthodes actuelles permettant de connaître avec précision l'état des chaussées sont destructrices (carottage, fosses d'exploration). Elles ne sont donc pas employées de façon systématique par les municipalités à cause de leurs coûts prohibitifs et des désagréments qu'elles engendrent.

Il serait profitable de doter les gestionnaires d'outils d'évaluation plus précis, plus rapides et plus économiques. L'information obtenue faciliterait la mise en place d'un programme préventif d'interventions. Actuellement, des tronçons de routes doivent être reconstruits parce que les villes ne disposent pas des données pouvant permettre de détecter à temps les secteurs nécessitant des travaux de réfection. Des économies pourraient être réalisées simplement en prolongeant la durée de vie du réseau routier par des interventions adéquates.

DESCRIPTION

Le projet présenté par la Ville de Saint-Léonard consiste en l'évaluation de la détérioration et de la qualité des dalles de béton à l'aide des techniques de géoradar et de microsismique. Ce projet vise l'application et l'intégration des deux méthodes afin de mieux cibler le degré et l'ampleur des réhabilitations à effectuer. L'évaluation se fera sur les voies de service est et ouest de l'autoroute 40, soit le boulevard Crémazie, du boulevard Lacordaire au boulevard Provencher. Près de 6 km de route seront sous investigation à raison de deux voies, sur une longueur de 1,5 km, pour chacune des deux directions. Cette route a été construite il y a 30 ans et a subi, il y a six ans, de nombreux rapiécages. Présentement, la couche de surface est très détériorée et la Ville désire obtenir l'information nécessaire pour déterminer la qualité de la fondation en béton et ainsi connaître l'ampleur des travaux à effectuer.

ASPECT INNOVATEUR

Utiliser la microsismique pour déterminer qualitativement et quantitativement la qualité des dalles de béton.

SUIVI OU RÉSULTATS

La validation des données microsismiques s'est faite à partir de relevés de déflexion (FWD), de carottage, de fosses exploratoires et d'informations sur les réparations effectuées en 1979 sur les dalles. Les conclusions sont les suivantes :

- la microsismique mesure les fissures longitudinales, c'est-à-dire les plus représentatives d'une détérioration et d'une perte de compétence du béton, alors que les mesures de déflexion sont tout à fait le contraire;
- étant donné que la qualité de la dalle peut varier considérablement sur une courte distance, on suppose que les deux méthodes n'acquièrent pas des données au même chaînage.

Le géoradar permet pour sa part d'obtenir des informations sur l'épaisseur du revêtement bitumineux ainsi que sur l'état des dalles de béton. Dans ce dernier cas, la faible propagation du signal radar laisse supposer la présence d'une dalle désagrégée ou fissurée. De plus, une telle dalle sur une fondation granulaire ne permet pas, dans bien des cas, de distinguer chacune des couches à cause de la similitude des propriétés de chaque matériau.

Par ailleurs, le géoradar a permis d'établir que les épaisseurs de béton bitumineux sont relativement homogènes, sauf sur un site.

Ainsi, relativement aux deux méthodes, soit l'appareil microsismique et le géoradar, on conclut que leur utilisation est justifiée par la qualité, la quantité et la nature non destructives des données qu'elles fournissent, lesquelles permettent généralement d'établir le type de réhabilitation à effectuer.

OUVRAGES D'ART

Champ 97-7 : phase III - Étude sur les réparations minces

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Dumoulin et ass. ainsi que le Groupe Lefebvre

Avancement des travaux au 30 août 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

L'entretien des ponts et des structures est une activité complexe qui requiert l'utilisation de techniques efficaces pour lutter contre des problèmes inhérents à ces infrastructures. Leur dégradation ne nécessite parfois que des réparations en surface. Il est important d'effectuer rapidement ces réparations afin d'empêcher que les dommages progressent plus en profondeur. De plus, les dégradations de surface, sans généralement compromettre l'intégrité structurale de l'ouvrage, peuvent réduire le sentiment de confiance des usagers. Toutefois, les réparations de surface sont coûteuses et restent fragiles en raison notamment de leur faible épaisseur. Il est donc important de développer et d'expérimenter de nouvelles techniques de réparations minces permettant de protéger et de prolonger la durée de vie de nos infrastructures.

DESCRIPTION

Ce projet consiste à expérimenter de nouvelles méthodes de réparations minces. Les travaux permettront d'abord de faire l'évaluation du comportement des réparations minces, d'une épaisseur de 15 à 125 mm, effectuées depuis 1991. Ensuite, les travaux devraient aussi permettre l'expérimentation de nouveaux produits et l'essai de techniques de réparations minces plus performantes, plus durables et moins coûteuses, permettant de redonner aux surfaces leurs qualités initiales. Les nouvelles techniques qui seront expérimentées sont les suivantes :

- application de Tapecrete;
- béton autoplaçant à teneur réduite en ciment;
- utilisation d'un agent réducteur de retrait (Éclipse) dans le béton projeté par voie sèche;
- utilisation d'un agent réducteur de retrait (Éclipse) dans le béton projeté par voie humide;
- utilisation de béton autoplaçant à haute performance;
- utilisation de différents mortiers : Sikarepair 224, Planitop 12 et Structuroc V.

Ces techniques devraient permettre de redonner aux surfaces de structures leurs qualités initiales d'uniformité, de solidité, d'étanchéité et de texture tout en tenant compte du caractère esthétique du produit et de l'utilisation de la technique en milieu urbain. Pour chacun des produits, il y aura une planche d'essai d'un mètre

carré. Une surface témoin sera utilisée aux fins de comparaison. Les ouvrages d'art visés sont les murs, les colonnes, les culées et la partie intérieure des ponts et des tunnels.

ASPECT INNOVATEUR

Utilisation de six nouveaux produits et comparaison de leur performance.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le programme de suivi consiste à réaliser une étude comparative visant à déterminer l'efficacité relative entre les produits spécialisés et les techniques d'entretien. Les paramètres de comparaison seront l'efficacité et la performance des techniques, l'étude des coûts-bénéfices et l'encombrement des voies de circulation lors de l'exécution des travaux. Le suivi sera effectué sur une période de cinq ans suivant la réalisation des travaux.

Protection des ouvrages de béton en utilisant des nouveaux produits

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Québec
 Responsables techniques : Luc Jolicoeur et Vincent Clément, Ville de Québec
 Autre intervenant : Département de génie civil, Université Laval
 Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Dans les régions où les conditions hivernales sont très difficiles, les coûts de réparation des ouvrages de béton (éclaboussures de neige fondue fortement concentrées en sel, embruns de saumure soulevés par les véhicules, cycles de gel-dégel, etc.) sont élevés. Il est en effet bien connu qu'un apport d'humidité et de sels fondants, le tout combiné à l'action du gel, est à l'origine de nombreux mécanismes de détérioration du béton. Les infrastructures soumises à ces conditions sont généralement : les trottoirs, les routes, les tabliers de pont, les viaducs, les murs de soutènement, les stationnements étagés et les structures maritimes. Dans la plupart des cas, l'écaillage de la surface du béton se manifeste dès les premières années de vie utile de la structure, tandis que la corrosion des aciers d'armature survient plutôt quelques années plus tard. Ce dernier problème peut cependant remettre en cause l'intégrité structurale de l'ouvrage et, dans ce cas, de coûteuses interventions de réfection sont nécessaires afin d'éliminer tout danger.

Depuis quelques années, certains produits visant à protéger le béton sont disponibles sur le marché. Certains agissent comme inhibiteurs de corrosion, tandis que d'autres préviennent les détériorations de surface. Ces produits n'ont toutefois pas encore été mis à l'épreuve dans les conditions climatiques très difficiles qui existent au Québec.

DESCRIPTION

Ce projet consiste à expérimenter cinq nouveaux produits destinés à prévenir les dommages causés par les cycles de gel-dégel combinés à la présence de sels fondants. Le site visé pour cette expérimentation est le mur de soutènement à l'approche du pont-tunnel Louis-Joseph-Samson. L'application de chaque produit sélectionné sera effectuée sur au moins deux sections d'environ 20 m² chacune. Dans le cadre de cette expérimentation, les surfaces non traitées serviront de témoins.

ASPECT INNOVATEUR

Les cinq inhibiteurs utilisés sont :

- A- migrateur de Locher et compagnie, SA et Socenex;
- B- Sika FerroGard 903 (migrateur) de Sika Canada inc.;
- C- Sika FerroGard 901 (adjuvant) de Sika Canada inc.;
- D- Postrite (migrateur) de Grace;
- E- DCI Darex (adjuvant) de Grace.

Les trois scellants utilisés sont :

- A- Masterseal SL/ISO-Flex 618 - 40 % (silane) de Master Builders Technologies Ltée;
- B- EucoGard 200 (siloxane) de Euclid Canada inc.;
- C- Acrytite (acrylique - silicone) de Sternson.

SUIVI OU RÉSULTATS

Sept planches d'essai ont été réalisées à l'automne 1997.

Comportement après 1 an

Les opérations pour l'année en cours ne sont pas encore complétées et, compte tenu du fait qu'aucun prélèvement ne sera effectué avant le printemps 1999, on se bornera ici à quelques commentaires de nature qualitative. Il est évidemment beaucoup trop tôt pour tirer des conclusions quant à l'efficacité respective des différents produits expérimentés, en particulier en ce qui a trait aux inhibiteurs.

Pour ces derniers, on devra attendre quelques années avant de dresser un bilan préliminaire, d'autant plus que les planches concernées ont été resurfacées avec un béton de bonne qualité.

L'application d'un scellant sur une des planches d'essai a fait pour ainsi dire la fissuration qui était apparente auparavant et a pratiquement redonné à cette portion du mur son aspect original. Il faudra voir la durée de l'effet au regard des coûts, mais, au-delà de l'effet protecteur, cela pourrait certes constituer un avantage important. Notons enfin que l'état des réparations en béton projeté est actuellement très satisfaisant.

Du point de vue pratique, la fabrication des planches d'essai a permis de démontrer que l'utilisation des inhibiteurs de corrosion (autant sous forme d'adjuvant que d'agent migrateur) et des scellants ne pose pas de problèmes particuliers de mise en œuvre pour des ouvriers familiers avec le domaine des réparations. À titre exclusivement informatif et de façon très approximative, les coûts des trois types de produits sont de l'ordre de 100 à 200 \$/m³ pour les adjuvants inhibiteurs, 5 à 10 \$/m² pour les inhibiteurs migrateurs et 5 à 10 \$/m²

pour les scellants (incluant la préparation de la surface et l'application pour les inhibiteurs migrateurs et les scellants). Il est clair que, dans une optique de prévention, les produits tels les scellants qui ne requièrent qu'un nettoyage avant l'application par vaporisation apparaissent très intéressants par rapport aux autres solutions où il est nécessaire de procéder à la réfection complète du recouvrement. Il faut toutefois être prudent relativement à toute tentative de comparaison stricte, car les techniques et produits considérés ici ne sont pas destinés aux mêmes fins et n'ont pas nécessairement des niveaux et des durées d'efficacité comparables. Seul le temps permettra de dresser un portrait plus global et d'effectuer, s'il y a lieu, des comparaisons pertinentes.

En terminant, une inspection récente indiquait que toutes les interventions affichent un très bon comportement après plus d'un an. Il est intéressant de souligner que l'aspect esthétique fortement amélioré de deux des trois sections imperméabilisées avec des scellants est demeuré stable.

Enfin, d'autres applications découlent de ce projet, en particulier un autre projet expérimental semble prometteur de réparations en béton projeté avec agrégats exposés. Ce dernier projet fait aussi partie du volet 2.3 du programme Travaux d'infrastructures Canada-Québec.

Suivi à moyen et à long terme

Un suivi des travaux est prévu officiellement jusqu'en septembre 1999. Des inspections visuelles, des relevés de la fissuration, des relevés photographiques, le prélèvement de carottes dans le but de mesurer la teneur en ions chlore, de même que des essais d'adhérence sont prévus à divers intervalles de temps.

Le CRIB de l'Université Laval a été mandaté pour faire le suivi des planches expérimentales. Des représentants du CRIB devront faire deux visites par année sur le site des réparations. Le calendrier d'intervention prévu est le suivant :

- Printemps 1998 : inspection visuelle, relevé de la fissuration et relevé photographique.
- Novembre 1998 : inspection visuelle, relevé de la fissuration, relevé photographique et remise du rapport d'étape.
- Printemps 1999 : inspection visuelle, relevé de la fissuration, relevé photographique, carottage des planches d'essai, essais d'adhérence et détermination du profil de concentration en ions chlore.
- Automne 1999 : dernière inspection visuelle, relevé de la fissuration, relevé photographique et remise du rapport final.

La période de suivi visée pour le projet est trop courte pour espérer en arriver à des conclusions définitives à l'automne 1999. Il est toutefois prévu que le suivi s'intègre par la suite aux activités de la Chaire industrielle sur le béton projeté et les réparations en béton de l'Université Laval, qui entrera alors dans sa seconde phase quinquennale (1999-2004) et à laquelle la Ville de Québec participe à titre de partenaire. Aux essais prévus au contrat et décrits précédemment s'ajouteront notamment des essais *in situ* pour bien caractériser l'évolution de la corrosion et de la réaction alcalis-granulats dans les planches expérimentales.

Compte tenu de la nature des interventions visées pour la présente étude et du peu de temps qui s'est écoulé depuis leur mise en œuvre, il est évidemment beaucoup trop tôt pour tirer quelque conclusion que ce soit concernant l'efficacité respective des différentes techniques expérimentées. Dans le cas des inhibiteurs notamment, on peut anticiper de façon conservatrice qu'une période d'au moins cinq à dix ans sera nécessaire pour évaluer la performance de chacun des systèmes mis à l'essai.

Technique de protection cathodique de l'acier d'armature lors de la réfection de l'escalier Frontenac

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Québec
 Responsables techniques : Luc Jolicoeur et Alain Tessier, Ville de Québec
 Autres intervenants : Arthur Turgeon et Serge Fortin, Ville de Québec ainsi que la firme Corexco

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

La corrosion des aciers d'armature des structures de béton armé est un problème coûteux et bien connu. L'épandage de sels fondants laisse sur le béton une importante quantité de sel à haute teneur en ions chlorure. Ces sels pénètrent dans le béton et, en présence d'humidité, d'oxygène et d'une concentration suffisante en ions chlorure, la corrosion de l'armature s'amorce et progresse rapidement. Les produits de corrosion, qui occupent environ deux fois le volume de l'acier original, exercent des contraintes de tension sur le béton environnant. Lorsque ces contraintes dépassent la résistance en tension du béton, celui-ci se fissure, puis, tôt ou tard, se désagrège. Il est donc impératif de le réparer avant que les armatures ne subissent des dommages irréparables remettant en cause l'intégrité structurale de l'ouvrage.

Construit il y a un peu plus de dix ans, l'escalier Frontenac présente un état de détérioration relativement avancé pour son âge. Les raisons de cet état de vétusté précoce reposent principalement sur la faible qualité du béton en place et l'absence totale de protection contre les dégâts des sels fondants. Durant l'hiver, cet escalier doit demeurer sécuritaire pour les piétons et, par conséquent, des quantités généreuses de sels fondants y sont appliquées régulièrement. Avec l'installation d'un système de protection cathodique, la Ville espère pouvoir prolonger de 25 ans la vie utile de cet ouvrage d'art.

DESCRIPTION

Le projet réalisé par la Ville de Québec consiste en la réfection et en la protection de quatre paliers et de quatre ensembles de limons de l'escalier Frontenac situé en plein cœur du Vieux-Québec, soit 66 % de l'ouvrage. Cet escalier, constitué de six paliers et de six escaliers distincts en béton armé, commence à proximité du funiculaire, à la terrasse Dufferin, pour se terminer sur la côte de la Montagne, face au parc Montmorency.

Les travaux prévus couvrent une surface de 600 m²; ils s'effectueront en utilisant la protection cathodique à courant imposé et par anodes sacrificielles. Sur les

600 m² de béton armé faisant l'objet de cette étude, plus de 400 m² recevront l'application d'une protection cathodique, et ce, après la réfection traditionnelle des limons. Les 200 m² restants seront réhabilités et munis d'une protection conventionnelle afin de servir de témoins pour l'étude. La protection conventionnelle consiste, dans ce cas, à étancher les rapiécages (faits de béton neuf) par l'application d'une membrane (ou scellant) destinée à retarder l'infiltration des ions chlorure provenant des sels fondants.

ASPECT INNOVATEUR

Il consiste dans le choix du zinc pur et du titane comme enduits conducteurs. Le zinc pur est utilisé pour les deux types de systèmes, soit un à courant imposé et par anodes sacrificielles, alors que le titane, un métal noble, est utilisé uniquement pour un système à courant imposé.

SUIVI OU RÉSULTATS

Un suivi technique de l'ouvrage sera effectué pendant une période de cinq ans. Il consiste tout d'abord à déterminer, avant même l'application des systèmes protecteurs, l'état de tous les limons étudiés, c'est-à-dire les limons qui recevront une protection cathodique et les limons témoins qui seront munis d'une protection conventionnelle. L'état des limons a été principalement déterminé en effectuant un relevé de délamination et de potentiel électrochimique. Chaque année du suivi, on procédera à l'établissement d'une nouvelle cartographie des potentiels électrochimiques. On pourra, par conséquent, détecter l'activité de corrosion des aciers d'armature ainsi que déterminer l'adhérence, la résistance de circuit et la performance contre la corrosion (par différents essais de caractérisation) des trois revêtements cathodiques (zinc sacrificiel, zinc à courant imposé et titane à courant imposé).

Le rapport d'étape de mars 1998 conclut qu'à la suite de l'analyse des résultats des différentes électrodes de référence on peut affirmer que le système de protection cathodique à courant imposé respecte les critères d'efficacité en vigueur.

Le consultant recommande toutefois de procéder à une dépolarisation tous les six mois pour s'assurer de l'efficacité du système à courant imposé. De plus, on devrait réaliser également un relevé de potentiels « instant off » tous les mois, à l'aide du système d'acquisition des données à distance, afin de vérifier le comportement du système et de voir au bon fonctionnement de ses composantes.

Étude de différents revêtements pour la réfection des garde-corps du pont Scott

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Québec
 Responsables techniques : Luc Jolicoeur et Michel Langlois, Ville de Québec
 Autres intervenants : La firme Métaltec inc., Normand Équipement inc. et le MTQ

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Les revêtements utilisés présentement sur les charpentes d'acier extérieures neuves ou lors d'une réfection ne donnent pas toujours satisfaction. C'est le cas pour le garde-corps du pont Scott qui enjambe la rivière Saint-Charles au centre-ville de Québec. La peinture actuelle, appliquée il y a quelques années seulement, ne donne pas les résultats escomptés. Étant donné la fréquence de renouvellement du revêtement, les coûts d'entretien deviennent très importants.

Par conséquent, la Ville de Québec désire augmenter la longévité de ses systèmes de peinture. Il existe différents revêtements utilisables sur les charpentes d'acier extérieures. Ces différents revêtements sont relativement récents; leur application dans les conditions urbaines rigoureuses (eau, sels déglçants, gel, etc.) n'a jamais été vérifiée. Le projet vise à expérimenter de nouveaux systèmes de peinture sous des conditions nordiques d'exposition.

DESCRIPTION

Le projet se réalisera en cinq grandes étapes :

- étude d'avant-projet incluant la vérification de l'état de la peinture des garde-corps;
- établissement final et précis des systèmes de revêtement à être testés;
- suivi de la mise en place des revêtements;
- suivi durant les prochaines années;
- publication des résultats.

La Ville de Québec compare le système de peinture existant aux quatre revêtements suivants :

- A- polyuréthane, série 8000 de la compagnie Glass Shield;
- B- latex acrylique Noxyde de la compagnie Morthys;
- C- produit interplus de la compagnie International;

ASPECT INNOVATEUR	D- produit PSX 700 de la compagnie Ameron. L'aspect innovateur particulier de ce projet est la comparaison de quatre produits différents dans les mêmes conditions d'utilisation. Les divers produits expérimentés n'ont jamais été comparés dans de telles conditions, et une analyse comparative rigoureuse permettra de déterminer leur différence de durabilité. De même, il sera possible de savoir si cette différence est significative.
SUIVI OU RÉSULTATS	Les travaux ont été réalisés à l'automne 1997. À la suite de l'installation des derniers garde-corps, de nombreuses retouches causées par la manipulation des pièces, étaient nécessaires et ont été réalisées au printemps 1998. La prochaine étape se réalise durant l'automne 1998, soit environ 1 an après l'application des peintures. Lors de cette inspection sommaire, une vérification visuelle complète de chacun des systèmes de peinture est prévue en plus de l'observation de toute anomalie qui pourrait être découverte. On pourra aussi vérifier l'effet d'une année d'exposition des pièces peintes à l'environnement (intempéries, sels, ultraviolets) et à l'usure normale (abrasion et chocs). Des photos montrant l'état des surfaces seront prises pour documenter le vieillissement de chacune des peintures. Il n'est pas prévu d'effectuer des mesures d'épaisseur lors de cette première inspection, car les épaisseurs de peinture ne devraient pas avoir été affectées à ce stade. Cependant, il est prévu d'effectuer des mesures d'adhérence sur chacun des systèmes de peinture. Ces essais étant destructifs, il faudra s'assurer d'effectuer les retouches adéquates sur les marques laissées par les tests. Si la peinture nécessaire aux retouches n'est pas disponible au moment de l'inspection, ces tests seront réalisés l'année suivante. Pour les années à venir, voici le calendrier des différentes interventions prévues. Automne 1998 - Inspection sommaire et rapport d'étape no 2. Automne 1999 - Inspection sommaire et rapport d'étape no 3. Automne 2000 - Inspection complète et rapport final. Lors de l'inspection finale, toutes les sections peintes seront inspectées et une évaluation finale comparative des systèmes de peinture employés sera effectuée. En plus d'effectuer les relevés des inspections sommaires, chacun des critères suivants sera évalué, et ce, pour chacun des systèmes de peinture :

- résistance aux intempéries,
- résistance aux ultraviolets,
- résistance aux chocs,
- résistance aux sels,
- résistance à l'abrasion.

OUVRAGES D'ART - Réfection et réhabilitation

Un classement comparatif sera établi entre chacun des systèmes et une cote globale leur sera attribuée. Cette cote sera donnée en considérant les besoins essentiels que doit remplir un bon système de peinture, soit : durabilité, facilité d'application et d'entretien et coût raisonnable.

Démonstration de l'efficacité du béton projeté haute performance par voie humide

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Québec
 Responsables techniques : Luc Jolicoeur et Vincent Clément, Ville de Québec
 Autres intervenants : Le Centre de recherche interuniversitaire sur le béton de l'Université Laval et le Service d'expertise en matériaux

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Non entrepris

PROBLÉMATIQUE

Les conditions climatiques du Québec sont particulièrement difficiles pour les infrastructures en béton. Associés à l'épandage de sels fondants, les nombreux cycles de gel-dégel contribuent à diminuer la durabilité des ouvrages en béton. Dans de telles conditions, les interventions de réfection sont souvent rendues nécessaires afin de préserver leur état.

Dans un contexte de réduction de dépenses, les techniques de réfection de structures en béton suscitent grandement l'intérêt des différents intervenants du milieu. Afin de limiter les travaux de reconstruction et l'ampleur des interventions de réparation, l'utilisation de béton projeté constitue une technique sur laquelle beaucoup d'espoirs sont fondés. En comparaison avec la mise en place de béton conventionnel, cette technique a l'avantage de ne pas nécessiter l'installation de coffrages et aussi de diminuer la durée et les coûts de l'intervention.

À ce jour, l'utilisation de béton projeté par voie humide a été très limitée au Québec faute de performances stables et durables. En expérimentant un nouvel adjuvant, le présent projet vise à diminuer le retrait du béton, qui constitue une problématique majeure des réparations par couches minces. Il permettra également d'améliorer les connaissances sur la durabilité du béton projeté par voie humide.

DESCRIPTION

La technique du béton projeté est une méthode de mise en place spécialisée qui consiste à projeter un béton contre une surface à l'aide d'un jet d'air sous pression. La réalisation d'une réparation à l'aide de la technique du béton projeté consiste généralement à enlever le béton détérioré, à préparer la surface réceptrice, à poser un treillis métallique et des ancrages et à appliquer le béton par projection.

Dans le cas du mur de soutènement qui fait l'objet de ce projet, soit le mur de la côte Salaberry, la totalité de la surface de béton doit être restaurée. Afin d'éviter la destruction complète du mur, les travaux viseront à construire une surépaisseur sur l'ensemble de la surface du mur. Cette technique s'avérera une solution économique qui éliminera les étapes de démolition et de préparation de la surface. Une superficie totale de 250 m² sera ainsi réparée.

Par ailleurs, une partie du mur sera finie d'une façon particulière afin d'intégrer la restauration à l'ensemble des structures historiques de la ville. Une partie de la restauration sera travaillée de façon à exposer les granulats en surface. Cette dernière intervention, qui est habituellement réservée au béton conventionnel, a été brièvement expérimentée en laboratoire et pourrait donner des résultats intéressants.

ASPECT INNOVATEUR

L'aspect innovateur du présent projet relève de l'utilisation d'un nouveau type d'agent réducteur de retrait dans un béton projeté par voie humide. Ce type d'agent n'a jamais été utilisé avec un tel béton pour lequel la fissuration causée par le retrait constitue un problème de taille. L'opération de finition qui consiste à exposer les granulats se révèle également être innovatrice, puisqu'elle est généralement réservée au béton conventionnel.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le suivi de la performance du béton sera effectué sur la base des essais mécaniques et de durabilité. Une attention sera portée aux caractéristiques du béton en présence de sels fondants et des cycles de gel-dégel de même qu'au potentiel de fissuration des mélanges de béton à haute performance.

À la suite des travaux de projection, les propriétés du béton frais et durci seront évaluées par divers essais réalisés en laboratoire et en chantier. Au chantier, des essais d'affaissement et de teneur en air seront réalisés afin de vérifier la qualité du béton mis en place. Des panneaux de caractérisation seront projetés et mûris selon les procédures habituelles afin de permettre la réalisation d'essais additionnels sur le béton. Notons qu'un premier mélange contiendra un volume d'agent réducteur de retrait, tandis que le second en sera dépourvu, puisqu'il servira de mélange de référence.

La planification technique et la réalisation de certains essais spécialisés en laboratoire seront effectuées par le Centre de recherche interuniversitaire sur le béton (CRIB) de l'Université Laval. Le Service d'expertise en matériaux (SEM) réalisera également certains essais en laboratoire.

À la suite de la réalisation des travaux, un rapport d'étape sera rédigé. L'étude et l'analyse des résultats seront effectuées sur une période de près de 12 mois, après

quoi un rapport final sera présenté.

Construction d'une dalle de pont avec du béton à haut dosage de fibres métalliques

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Saint-Jérôme
 Responsable : Richard Bégin, Ville de Saint-Jérôme
 Autres intervenants : Dessau et École polytechnique de Montréal

Avancement des travaux au 30 août 1998 : Réalisation en cours

PROBLÉMATIQUE

La rigueur du climat québécois fait en sorte que nos ouvrages d'art se dégradent plus rapidement qu'ailleurs. Une des principales causes de la dégradation des dalles de pont est la corrosion des aciers d'armature qui provient de l'utilisation massive des sels de déglacage. Ces sels pénètrent dans le béton par les fissures et corrodent les aciers d'armature qui, en prenant de l'expansion, accélèrent le processus de fissuration, facilitant ainsi une pénétration plus profonde des ions chlorures.

On constate aujourd'hui que la durabilité des dalles de ponts est limitée. Des solutions efficaces et économiques doivent être mises en œuvre pour résoudre les problèmes de durabilité des ouvrages d'art. Dans ce contexte, il est intéressant de se pencher sur la possibilité de réduire les quantités d'armature conventionnelle, principalement dans la partie supérieure des dalles où l'utilisation des sels de déglacage est à son maximum. L'apport en durabilité et en résistance des fibres métalliques utilisées à des dosages appropriés pourrait accroître de façon remarquable la longévité des dalles de pont et, on l'espère, éviter des réparations ou des remplacements.

DESCRIPTION

Le projet présenté par la Ville de Saint-Jérôme consiste à construire une dalle en béton à haut dosage en fibres métalliques (BFM). Ce projet vise à s'assurer, dans un premier temps, que les entrepreneurs et les fournisseurs de béton puissent fabriquer de façon industrielle du béton à haut dosage en fibres métalliques ayant le niveau de qualité requis. Pour atteindre les objectifs liés à un matériau de meilleure qualité, il faut s'assurer que la mise en œuvre du BFM en chantier est réalisée dans des conditions bien encadrées, ce qui permettra de déterminer les nouvelles spécifications devant faire partie des devis. Cette recherche a comme objectif ultime d'étudier la possibilité de réduire les quantités d'armatures conventionnelles situées près de la surface des dalles qui sont les premières à être attaquées par les sels de déglacage et à se corroder. L'objectif à long terme de

cette recherche consiste à étudier la possibilité de tenir compte de l'apport des fibres dans le calcul de la résistance des dalles.

ASPECT INNOVATEUR

Les premières utilisations des bétons fibres ont été effectuées à des dosages de moins de 40 kg/m³. La nouveauté de ce projet réside dans l'utilisation de fibres métalliques en grande quantité soit à 80 kg/m³. Ce sera la première fois en Amérique du Nord qu'un tel essai sera réalisé.

SUIVI OU RÉSULTATS

Tous les paramètres du programme de suivi ont pour objectif de mesurer la faisabilité en chantier d'un béton à haut dosage de fibres métalliques. Les principaux paramètres évalués sont :

- la qualité du béton mis en place;
- la facilité de mise en place et les difficultés rencontrées;
- la répartition des fibres à travers le béton mis en place;
- les performances mécaniques du béton durci mis en place par rapport aux mêmes propriétés pour les bétons faits en laboratoire;
- les coûts réels en fonction des estimations faites au préalable.

Le rapport final contiendra une description du projet et de ses objectifs, le détail des mélanges utilisés, l'ensemble des paramètres mesurés, les résultats et les observations ainsi que les conclusions et les recommandations.

Expérimentation de différents types de béton et de méthodes d'application pour la réfection du stationnement Webster

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Sherbrooke
 Responsable technique : Claude Cinq-Mars, Ville de Sherbrooke
 Autres intervenants : Les Consultants et Labo S.M. inc., les réseaux de centres d'excellence sur le béton à haute performance et les matériaux composites à haute performance, l'Université Laval ainsi que la firme Sherko

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance

PROBLÉMATIQUE

Construit en 1959, le stationnement étagé municipal Webster est important pour le maintien et le développement économique du centre-ville de Sherbrooke. Les rapports d'inspection (inspection visuelle et au marteau) faits en 1989 sur l'état du stationnement Webster ont conclu à la nécessité d'une réhabilitation de cet ouvrage en raison des détériorations observées sur la structure. De façon sommaire, les principales observations ont démontré que le béton est particulièrement délaminé, écaillé, fissuré, mettant à jour plusieurs armatures corrodées à divers degrés. Ces détériorations sont typiques de tous les ouvrages en béton exposés aux cycles de gel-dégel, à l'eau, aux sels fondants et à la circulation.

Une étude réalisée en 1995, portant sur l'évaluation de la capacité portante du stationnement, a par ailleurs démontré l'existence de faiblesses remettant en cause l'intégrité structurale de certaines composantes de l'ouvrage. Malgré ces constats, les experts estiment que la structure actuelle serait viable si des travaux de renforcement étaient réalisés et que son état ne justifie pas sa démolition.

DESCRIPTION

Le projet présenté par la Ville de Sherbrooke consiste en la réfection du stationnement étagé Webster situé en plein cœur de la ville. Celui-ci, constitué de quatre paliers en béton et de deux paliers en acier, renferme huit aires de stationnement pour une surface d'occupation totale de 14 800 m². En plus des travaux de réparation initialement prévus, ce programme propose des travaux de renforcement de la structure. Les travaux de réparation seront réalisés à l'aide de mélanges de béton à haute performance (BHP) développés pour les différents types de réparations envisagées et adaptés aux techniques de mise en place retenues (projection de BHP par voie humide et par voie sèche). Quant aux travaux de renforcement de la structure, ceux-ci feront appel à des matériaux innovateurs, tels que les matériaux composites d'avant-garde (MCA), le béton

ASPECT INNOVATEUR

autoplaçant et l'armature en fibre de carbone précontrainte.

De nouveaux mélanges de béton à haute performance, avec ou sans fibres, seront développés pour les différents types de réparations et adaptés aux techniques de mise en place choisies (projection de béton par voie sèche et humide). Il convient de spécifier que la projection par voie humide d'un béton à haute performance a été expérimentée pour la première fois au Québec. Des travaux réalisés par le Réseau de centres d'excellence sur le béton à haute performance ont démontré que le béton à haute performance projeté peut augmenter de façon substantielle la qualité des réparations.

Sur le plan structural, des matériaux composites en fibre de verre ou en fibre de carbone, le béton autoplaçant de même que des tiges d'armature en fibre de carbone précontrainte sont expérimentés afin de renforcer certaines composantes déficientes. L'emploi de matériaux composites lors de la construction ou de la réfection d'ouvrages d'envergure se fait d'ailleurs de plus en plus fréquente au Japon. Des corporations telles que Mitsubishi Kasei et Ohbayashi investissent beaucoup dans la recherche, le développement et l'utilisation de méthodes de construction et de réfection visant à rendre les ouvrages de génie beaucoup plus résistants aux séismes. Ces méthodes ont recours à l'emploi de matériaux composites à base de fibre de carbone.

SUIVI OU RÉSULTATS

Activités

Commentaires sur les résultats

PARTIE 1 - AUSCULTATION PAR MÉTHODES NON DESTRUCTIVES

- | | |
|--|---|
| 1- Vérification du taux de corrosion par méthode non destructive | <ul style="list-style-type: none"> . résultats obtenus très intéressants pour l'analyse globale de la problématique . technique difficile à appliquer sur élément (électrode à modifier) |
| 2- Vérification de la qualité du béton par tomographie acoustique | <ul style="list-style-type: none"> . images obtenues conformes aux observations faites lors du curetage . images avant/après travaux de réparation donnent des résultats intéressants à ce stade-ci; conformes aux essais d'arrachement |
| 3- Détermination de la position des fondations de la structure par technique radar | <ul style="list-style-type: none"> . résultats peu concluants; technique à revoir |

Activités	Commentaires sur les résultats
PARTIE 2 - TECHNIQUES DE RÉPARATION	
1- Utilisation d'un agent entraîneur d'air en poudre dans un béton projeté par procédé sec	. les résultats obtenus jusqu'à maintenant montrent clairement l'efficacité de cette technique : . dosage plus précis de l'adjuvant . réseau de bulles d'air de qualité . excellente résistance à l'écaillage . opérations de chantier simplifiées . contrôle de qualité simplifié . résistance à la compression et au retrait adéquate
2- Utilisation d'un béton projeté haute performance par procédé humide avec haut volume d'air initial	. la technique a été utilisée avec succès mais demande une attention particulière pour l'ajustement du mélange : . possibilité de pomper un béton ayant un rapport eau/liant très faible . bon réseau de bulles d'air après pompage . adhésion ancien/nouveau béton adéquate . résistance à la compression et au retrait adéquate
3- Utilisation de fibre d'acier et de polyoléfine pour contrôler la fissuration	. à ce stade-ci, aucune fissuration importante n'est apparue sur les éléments réparés; l'utilisation de fibre de polyoléfine a permis d'obtenir un comportement postfissuration du même ordre que celui obtenu par la fibre d'acier
Pertinence de l'utilisation d'un treillis métallique	. comportement à suivre dans les prochaines années pour conclure
4- Utilisation d'une enveloppe en fibre de verre avec curetage minimal du béton sous-jacent	. les coûts et la pollution, surtout par le bruit, associés au curetage du béton sont réduits . les poutres ne présentent aucun signe de détérioration; à suivre au cours des

Activités	Commentaires sur les résultats
5- Utilisation de matériau composite (fibre de verre ou fibre de carbone) pour augmenter la rigidité en flexion d'une poutre	prochaines années . le renforcement structural désiré est obtenu sans modification notable de la section originale des poutres . il n'y a aucun problème à signaler à ce jour; pas de fissure verticale ni diagonale, pas de flèche visible . les recherches effectuées depuis les travaux indiquent qu'il est possible d'optimiser les quantités de matériaux composites à utiliser, et ainsi de réduire les coûts . les observations régulières se poursuivront au cours des prochaines années
6- Utilisation d'une enveloppe en fibre de verre pour arrêter la progression de la corrosion	. conformément aux attentes, il n'y a aucun signe de corrosion en dessous des matériaux composites, à base de fibre de verre ou de carbone, pour toutes les poutres et toutes les colonnes . les travailleurs ont rapidement maîtrisé le mode d'installation des matériaux composites
7- Utilisation d'un béton autoplaçant	. difficile de reproduire en chantier le mélange optimisé en laboratoire, surtout en ce qui a trait à la fluidité . la vibration interne a été utilisée pour terminer la mise en place du béton dans le coffrage, ce qui n'était pas prévu . le béton échantillonné en chantier a présenté une très bonne résistance au gel-dégel ainsi qu'une bonne résistance mécanique et une bonne imperméabilité au chlore
8- Utilisation de matériaux composites en fibre de carbone pour augmenter	. le renforcement des colonnes a été réalisé sans augmenter le diamètre de

Activités	Commentaires sur les résultats
le support latéral de colonnes	celles-ci, préservant ainsi l'espace utilisable
8- Utilisation de matériaux composites en fibre de carbone pour augmenter le support latéral de colonnes (suite)	. les matériaux composites posés à la base des colonnes résistent bien aux divers impacts des véhicules . les colonnes ne présentent aucun signe de détérioration; à suivre au cours des prochaines années . les colonnes ne présentent aucun signe de détérioration; à suivre au cours des prochaines années
9- Vérification de la performance d'un béton haute performance projeté par voie humide en présence de sels déglacants	. les résultats des essais en laboratoire laissent présager un bon comportement; à suivre au cours des prochaines années
PARTIE 3 - INSTRUMENTATION	
1- Instrumentation de l'interface nouveau béton/ancien béton	. à ce stade-ci, aucun décollement de la couche du béton projeté n'est observé . les déformations observées sont principalement causées par les effets thermiques . fiabilité des instruments utilisés, surtout les extensomètres à corde vibrante dans les briquettes
2- Instrumentation des zones réparées accusant des fissures importantes avant réparation	. aucune ouverture de fissures dans les zones réparées jusqu'à maintenant . jusqu'ici les fibres de polyoléfine et celles en acier sont aussi efficaces que le treillis métallique . comportement à suivre dans les prochaines années pour tirer des conclusions
3- Utilisation de jauges de déformation à base de fibre optique	. les résultats obtenus concordent bien avec ceux obtenus avec les autres

Activités	Commentaires sur les résultats
dans le béton	instruments . fiabilité à long terme à vérifier avec le temps
4- Utilisation de jauges de déformation à base de fibre optique dans les matériaux composites	. les capteurs de déformation en fibre optique sont plutôt fragiles au moment de l'installation dans le matériau composite; il serait bon d'augmenter leur robustesse . parmi les dix capteurs utilisables à la fin des travaux, il n'en reste que cinq qui soient fonctionnels; les autres ont été endommagés lors de la phase II des travaux en 1997 . les lectures obtenues jusqu'à maintenant sont incohérentes; il faut trouver la source de ce problème.

Construction d'une passerelle pour piétons en béton de poudres réactives

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Sherbrooke Responsable technique : Claude Cinq-Mars, Ville de Sherbrooke Autres intervenants : Le groupe de Consultants Teknika, Béton Canada, le groupe Hervé Pomerleau et le Groupe Bouygues Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Suivi de performance
PROBLÉMATIQUE	Le Québec compte 8 430 ponts ou viaducs et leur remplacement entraînerait des investissements importants. Dans plusieurs cas, la réfection est la solution à privilégier. Par conséquent, le développement et l'expérimentation de nouveaux matériaux ayant des propriétés mécaniques exceptionnelles est particulièrement souhaitable. Apparentés aux bétons hautes performances (BHP) dans leur fabrication, les bétons de poudres réactives (BPR) subissent un traitement beaucoup plus élaboré qui leur confère des propriétés hors du commun, telle une résistance s'échelonnant de 200 MPa à 800 MPa, soit dix fois ce que l'on connaissait jusqu'à présent. Sous des forces extrêmes, là où un BHP se rompt en cassant brutalement comme du verre, un BPR se comporte comme l'aluminium ou le béton armé en absorbant les forces et en se déformant lentement. De plus, il faut trois fois moins de BPR pour la même application. Ainsi, pour des constructions d'envergure, on peut réduire considérablement la dimension des sections de poutres, colonnes et dalles de béton en conservant la même performance globale de l'ouvrage. Pour permettre le développement d'un tel matériau, il est nécessaire de procéder à une expérimentation afin de faire une première évaluation de la facilité de fabrication et de mise en œuvre ainsi que des performances de ce matériau, avant de voir à étendre l'application à la réfection. Cependant, étant donné le risque inhérent à de tels projets, il y a peu de bancs d'essai disponibles.
DESCRIPTION	Le projet présenté par la Ville de Sherbrooke consiste à construire une passerelle pour piétons, cyclistes et personnes handicapées au-dessus de la rivière Magog, au centre-ville de Sherbrooke. Cette passerelle, d'une longueur de 56 m et d'une largeur de 4 m, sera construite à l'aide d'une technologie de bétons de poudres réactives (BPR) à haute performance. Le produit est confiné dans des tubes d'acier inoxydable.
ASPECT INNOVATEUR	La technologie expérimentée utilise un tout nouveau type de béton : le BPR.

Élaborés en France, sous la direction scientifique du Groupe Bouygues, les bétons de poudres réactives donnent d'excellents résultats. Le BPR est un matériau deux fois plus résistant qu'aucune roche naturelle connue, avec une ductilité qui atteint la moitié de celle de l'acier.

Le projet de construction d'une passerelle en béton de poudres réactives est une première mondiale et comporte un intérêt considérable sur le plan technologique. Les technologies avancées pourront servir à la réfection des ponts et viaducs du Québec en diminuant la charge morte, permettant ainsi d'augmenter la capacité des ouvrages d'art.

En plus d'avoir la possibilité de réduire considérablement les quantités nécessaires, les coûts annuels d'entretien se voient également diminués. En effet, la plupart des sections de béton sont coulées dans des tubes d'acier inoxydable. Ainsi, la détérioration causée par les sels fondants est de beaucoup neutralisée par cette technique.

Le treillis tridimensionnel comprenant six voussoirs de 10 m de long a été réalisé en six semaines au cours de l'hiver 1997, soit depuis la préfabrication en contre-moule au traitement thermique final. Chaque voussoir se compose de huit diagonales en BPR, confiné dans des tubes d'acier, qui sont installés dans un bâti permettant le positionnement des câbles de précontrainte, puis placés dans un coffrage. Les voussoirs sont assemblés à deux hourdis dont le supérieur est constitué d'une dalle mince de 30 mm. Le malaxage industriel pour préparer le BPR et la vibration du béton utilisent des techniques conventionnelles. Les caractéristiques mécaniques de l'élément pressé et confiné atteignent 350 MPa après la cure thermique.

La construction de la passerelle se fait par assemblage au sol des éléments préfabriqués, puis par positionnement en demi-travée de 55 t au moyen de deux grues et d'un pilier temporaire pour finir par la mise en tension des câbles. Elle est instrumentée afin d'étudier dans le temps les effets du retrait, du fluage, de la postcontrainte et de la température extérieure sur le comportement global de la superstructure. Un suivi continu de deux ans permettra de valider les calculs structuraux et de formuler des recommandations pour la construction d'autres ouvrages de ce type ne faisant appel à aucune armature passive.

La technique du béton confiné dans une enveloppe mince combinée à la préfabrication et à la postcontrainte intérieure et extérieure ramène donc la construction de structures en treillis à base de BPR à un simple montage mécanique. La construction, en première mondiale, de cette passerelle en BPR a permis de réaliser un banc d'essai d'une toute nouvelle technologie en plus de parfaire les connaissances des intervenants dans la construction d'un ouvrage d'art.

SUIVI OU RÉSULTATS

Système d'ancrage de chapes minces en béton pour la réhabilitation de dalles - stationnement Wellington Sud

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Sherbrooke
 Responsable municipal : Marcel Blais - Ville de Sherbrooke
 Autres intervenants : Labo S.M. inc. - Université de Sherbrooke

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Réalisation en cours

PROBLÉMATIQUE

L'environnement dans lequel se situent plusieurs structures en béton armé (humidité, sels de déglacage, cycles de gel-dégel) fait en sorte que certains ouvrages se retrouvent aujourd'hui dans un état de dégradation avancé. Le béton à haute performance a été développé en vue d'une utilisation dans des conditions d'exposition difficiles.

Le béton à haute performance (BHP) est un produit de plus en plus utilisé pour les réparations et la construction de structures. Ce matériau offre une amélioration importante sur le béton conventionnel en ce qui a trait à certains paramètres physiques. Pour plusieurs applications, il permet d'accroître considérablement la durabilité des ouvrages. Ses avantages par rapport au béton usuel ont permis de multiplier ses applications au cours des dernières années, autant pour les réparations de structures existantes que pour les nouvelles constructions. Les recherches actuelles portent notamment sur son utilisation aux fins de réparations minces, soit sur une épaisseur généralement inférieure à 75 mm.

DESCRIPTION

Le projet consiste à utiliser une chape mince - environ 40 mm - composée de béton à haute performance (BHP) renforcé de fibres d'acier, fixée à la dalle existante à l'aide d'ancrages mécaniques, pour la réhabilitation des dalles en béton du stationnement Wellington Sud.

ASPECT INNOVATEUR

- Nouvelle application d'un matériau peu utilisé.
- Apport structural de la réparation de béton.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le système d'ancrage, ainsi que sa procédure de fixation, aura préalablement fait l'objet d'essais préliminaires en laboratoire par l'entreprise Labo S.M. inc., en collaboration avec l'Université de Sherbrooke.

Le projet fera l'objet d'un suivi du comportement (carottage, mesures des déformations, observations visuelles, humidité, etc.) sur une période de deux ans suivant la réalisation des travaux. L'objectif de ce suivi est de vérifier l'efficacité, la rentabilité et donc l'opportunité d'utiliser la technique pour la réfection de dalles en béton de ciment.

Champ 97-7 : phase II - Technique d'auscultation superficielle à grand rendement

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Montréal
 Responsable technique : Richard Bégin, Ville de Montréal
 Autres intervenants : Génipius, Dessau, Soprin ADS et Géophysique GPR

Avancement des travaux au 30 août 1998 : Début des travaux

PROBLÉMATIQUE

Les ponts, les tunnels et les murs de soutènement sont des infrastructures auxquelles il faut accorder une attention particulière. Ces ouvrages d'art doivent garantir la sécurité à tout type de circulation qu'elle soit routière, cycliste ou piétonnière. Il est donc important de déceler les déficiences susceptibles d'entraîner des incidents avant qu'ils ne surviennent. Planifier les programmes d'entretien préventif et correctif, afin d'assurer la pérennité des ouvrages ainsi que la sécurité des usagers, devient donc une priorité. C'est pourquoi cette recherche constitue un intérêt pour l'ensemble des municipalités du Québec.

DESCRIPTION

Les quatre techniques d'auscultation proposées par trois firmes de consultants devraient permettre de déceler sur les structures les zones affectées par des détériorations telles que la fissuration, la présence de vides, la délamination et la désagrégation. Les quatre techniques qui seront expérimentées sont les suivantes :

- relevés acoustiques : atténuation de l'amplitude et force d'impact;
- relevés géoradar : analyse des données de conductivité électrique;
- relevés géophysiques à l'aide d'équipements microsismiques;
- relevés infrarouges : arrosage préalable de la surface de la structure avec de l'eau chaude.

Le projet se déroulera en trois étapes : relevés à grand rendement sur le terrain, carottages et investigations et évaluation des résultats, et analyse finale. Les essais seront effectués sur trois types d'ouvrages, à savoir les ponts, les tunnels et les murs de soutènement.

ASPECT INNOVATEUR

Comparer l'efficacité de quatre nouvelles méthodes d'auscultation.

SUIVI OU RÉSULTATS

Les essais seront validés par des sondages au marteau et des carottages aux endroits appropriés. Les tests et analyses suivants seront effectués sur les carottes : analyse pétrographique, examen mégascopique, analyse de la teneur en ions chlorures et essai en compression et traction. De plus, une étude comparative de ces techniques d'auscultation sera réalisée dans le but de déterminer les limites d'application de chacune, d'évaluer la performance des techniques et de les comparer entre elles. Cette expérimentation permettra de déterminer la ou les techniques les plus prometteuses.

SYSTÈMES DE GESTION DES INFRASTRUCTURES

Intégration de la gestion des données d'infrastructures urbaines à l'aide d'une approche géomatique

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalités : Beauport, Blainville, Charlesbourg, La Baie, Laval, Longueuil, Rouyn-Noranda, Sainte-Foy, Sherbrooke, Trois-Rivières
 Responsable délégué : Claude Cinq-Mars, Ville de Sherbrooke
 Autres intervenants : Tecsalt, CERIU

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Réalisation en cours

PROBLÉMATIQUE

Afin de maximiser l'efficacité des divers systèmes de gestion des infrastructures utilisés au sein d'une municipalité et de gérer leurs interactions, une approche dite d'intégration est préconisée. Le concept d'intégration fait cependant l'objet de nombreuses interprétations, souvent divergentes, ce qui résulte en des efforts dispersés de développement. De plus, les approches présentement privilégiées visent fréquemment le développement d'applications (base de données et logiciels) fermées. Ce type d'application est généralement complexe et coûteux, difficilement transférable ou exportable à une ou plusieurs autres municipalités, et particulièrement contraignant sous les aspects de la mise à jour ou du remplacement de l'une ou de plusieurs composantes. De plus, cette façon de faire crée une dépendance envers les fournisseurs d'applications. Une autre raison qui amène les applications à être difficilement transférables d'une municipalité à une autre est qu'il y a absence de normalisation quant aux dictionnaires et structures de données. Le concept d'intégration va donc de pair avec la normalisation des dictionnaires de données d'infrastructures et des modèles conceptuels de données sous-jacents dans les municipalités.

DESCRIPTION

Le projet vise à expérimenter l'application d'une structure normalisable de la gestion, de l'entretien et de la réhabilitation des infrastructures municipales de base. Il vise à développer un code conceptuel applicable et adaptable à n'importe quelle ville et permettra de structurer et d'orienter le développement des systèmes intégrés d'aide à la décision (SIAD).

ASPECT INNOVATEUR

Le projet vise l'expérimentation de l'implantation des éléments structurants suivants :

- 1- structures des bases de données;
- 2- dictionnaires de données normalisé;

- 3- modèle conceptuel de données (MCD);
- 4- fonctionnalité de base du module d'intégration;
- 5- devis à obligations de performance « standard » applicable;
- 6- devis à obligation aux systèmes autonomes de gestion des infrastructures (SGI);
- 7- définition des fonctions individuelles ainsi que du mode d'interaction (types d'informations échangées, protocoles de communication) des composantes du système.

SUIVI OU RÉSULTATS

Ce projet sera réalisé en partenariat et il est dirigé par un comité directeur formé d'un représentant de chacune des villes participantes, soit Beauport, Blainville, Charlesbourg, La Baie, Laval, Longueuil, Rouyn-Noranda, Sainte-Foy, Sherbrooke et Trois-Rivières.

Le CERIU agira comme consultant et sera chargé, entre autres, du suivi et de la diffusion du projet.

Quant à Tecsalt, il agira à titre de consultant et sera responsable de la réalisation de la majeure partie des étapes du projet.

Les étapes du programme de travail se résument ainsi :

- détermination du contexte et du mode de fonctionnement actuel;
- détermination des éléments de la structure d'intégration nécessitant un développement;
- définition d'un prototype d'expérimentation;
- développement des éléments applicables;
- élaboration d'un devis type.

On évaluera également la capacité des fournisseurs spécialisés à s'adapter au concept élaboré. Ainsi, il est prévu de faire un bilan de la situation un an après la fin du projet afin de mesurer son degré d'utilisation dans le monde municipal.

Système-expert en gestion de chaussées
Processus décisionnel pour le choix des interventions d'entretien routier

INFORMATION GÉNÉRALE	Municipalité : Montréal Responsable technique : Gérald R. Pelletier, Ville de Montréal Autre intervenant : Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction inc. (CRCAC) Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Implantation de l'outil
PROBLÉMATIQUE	À la Ville de Montréal, les programmes d'entretien routier sont établis selon des critères permettant de définir les champs d'application de chacun des différents types d'interventions en entretien et en réfection de chaussées. Le réseau montréalais comporte 2 010 km de chaussées réparties sur quelque 16 300 tronçons de rues. La grande majorité des chaussées, soit près de 90 %, sont de type mixte. Tous les efforts consacrés par la Ville, depuis le début des années quatre-vingt-dix, dans le domaine du développement, de l'adaptation et du transfert technologique, visent à connaître des techniques d'interventions susceptibles de répondre à des besoins plus spécifiques selon différentes conditions de chaussées à traiter. Le traitement d'une telle quantité d'information pour établir les bons choix d'interventions afin de limiter les investissements, ne peut se faire sans des outils de gestion performants. Cependant, aucun des systèmes actuels d'aide à la gestion en entretien routier, ne peut répondre aux besoins inhérents au type de structures de chaussées et aux conditions climatiques rencontrés à Montréal.
DESCRIPTION	Le projet vise à développer un système-expert afin de supporter le système de gestion de l'entretien du réseau routier (GERR) dans le choix des techniques d'interventions. Le GERR est l'outil informatisé présentement utilisé à la Ville en gestion de l'entretien routier. L'objectif est de structurer le processus décisionnel en vue d'un choix plus éclairé des techniques pour les différents programmes d'interventions à réaliser en entretien. Dans le développement de ce système, l'expert-conseil devra prendre en considération les outils en développement à la Ville au regard du cadre de sa politique de gestion. L'outil à développer devra être dynamique, assurant ainsi une auto-évaluation de l'ensemble du processus selon les programmes réalisés et les mises à jour

annuelles de l'inventaire routier. De plus, il devra permettre l'intégration des connaissances et de l'expertise pertinentes aux technologies qui seront développées dans les différents programmes de développement, d'adaptation et de transfert technologiques. Le projet prévoit également le développement de familles de rues propres aux conditions montréalaises.

ASPECT INNOVATEUR

Peu de système-experts opérationnels, modélisant la prise de décision dans le choix de la technique de l'intervention la plus efficiente pour des conditions données, peuvent répondre aux besoins municipaux. De plus, ces systèmes sont mal adaptés aux types de structures de chaussées mixtes et aux conditions climatiques que l'on rencontre à Montréal. Dès lors, le développement d'un tel outil peut être considéré comme innovateur.

SUIVI OU RÉSULTATS

Dans le cadre de cette étude, la production et la diffusion des principaux rapports sont prévues comme suit :

par le consultant :

- rapport progressif accompagnant la livraison du système développé;
- rapports progressifs annuels de validation du système développé;
- rapport final de l'étude correspondant à la fin du mandat;

par la ville :

- rapport suivant la période de validation par la Ville de trois ans après la fin du mandat du consultant.

Implantation d'un système intégré des infrastructures municipales

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Saint-Augustin-de-Desmaures
 Responsable technique : Michel Beauchemin, Municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures
 Autres intervenants : Consultik ltée, Setra, INRS-Urbanisation, MTQ, Université Laval et l'école Polytechnique

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

Les systèmes de gestion informatisés des infrastructures de rues en usage dans les municipalités du Québec ne permettent actuellement qu'un inventaire géographique de ces infrastructures en fonction de données sur l'âge, l'historique des bris et les plaintes reçues. Des rapports d'inspection visuelle et vidéo de ces infrastructures ainsi qu'un système de pointage permettant de classer les priorités de leur réhabilitation peuvent également être considérés par ces systèmes. À partir de ces données, les ingénieurs municipaux prennent des décisions quant à leur entretien, à leur réhabilitation ou à leur remplacement. Or, comme les bases de données actuelles sont incomplètes et non intégrées dans un système de gestion unique, les gestionnaires ont beaucoup de difficultés à prendre des décisions éclairées permettant d'optimiser les interventions et les coûts afférents au maintien du bon état des infrastructures de rues.

La municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures compte, selon son dernier recensement, une population de 14 200 habitants. Son réseau routier est de 195 km et environ 75 % de celui-ci est doté d'infrastructures d'aqueduc ou d'égouts. Saint-Augustin-de-Desmaures a connu au cours des dernières années une forte croissance démographique, qui a porté sa population de 8 300 à 14 200 personnes en moins de 10 ans. Au cours de cette période, il y a donc eu une construction importante, notamment d'infrastructures de rues.

DESCRIPTION

Le projet réalisé par le consortium Consultik ltée et Setra consiste à structurer, à expérimenter et à implanter, sur une base permanente, un système intégré de gestion de ses infrastructures de rues (aqueduc, égout, chaussées, signalisation et utilités publiques).

Il s'agit d'abord d'effectuer, par des méthodes connues, des relevés de positionnement et de condition ainsi que des diagnostics d'état et d'intervention. Ceux-ci permettront de constituer une banque de données variées et

SYSTÈME DE GESTION DES INFRASTRUCTURES

représentatives de la situation réelle des infrastructures de rues à gérer ainsi que des décisions et des actions techniques et budgétaires à prendre pour la gestion de ces infrastructures.

Il s'agit ensuite de structurer et d'expérimenter un outil informatique de saisie, de traitement et de gestion de cette banque de données à partir de l'intégration de deux logiciels distincts, déjà développés pour la gestion des chaussées, d'une part, et la gestion de l'aqueduc et des égouts, d'autre part.

L'expérimentation s'effectuera dans des secteurs de Saint-Augustin-de-Desmaures où les infrastructures ont été mises en place il y a 25 ans, pour une longueur de rues d'environ 15 km. Les rues situées dans les secteurs récents de cette municipalité n'ont pas été sélectionnées pour l'expérimentation. Toutefois, elles pourront être incorporées plus tard au système intégré de gestion après son implantation permanente.

ASPECT INNOVATEUR

Le projet permettra le développement ainsi que l'expérimentation, à l'échelle réelle, d'un logiciel de gestion intégrée des infrastructures de rues (chaussées, trottoirs, bordures, égout, aqueduc et signalisation). Les firmes Consultik ltée, pour les infrastructures souterraines, et Setra, pour les chaussées, uniront leur expertise respective pour développer un système unique au Québec.

SUIVI OU RÉSULTATS

La firme Consultik ltée a intégré dans la Municipalité son logiciel d'entretien intégral, a instauré un système de suivi de la qualité des interventions avec indicateurs de performance et a développé un prototype de SIAD (sur une planche d'essai de 15 km) afin de simuler la production d'un plan directeur intégré de réfection des infrastructures de base (aqueduc, égout et voirie) du réseau (entretien majeur). Elle a également déterminé les données nécessaires au fonctionnement du SIGI intégral et, par ricochet, au prototype du SIAD. Cette étape qui devait être réalisée en premier était essentielle au succès de l'expérimentation.

Le projet a permis à la Municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures d'acquérir un outil de gestion des infrastructures municipales lui permettant de gérer de façon intégrée ses infrastructures et d'améliorer la qualité des produits et services offerts à la population. Le projet a également permis d'améliorer sensiblement le degré de connaissance de la Municipalité sur les données essentielles à gérer pour obtenir des résultats optimaux. Il a finalement jeté les bases conceptuelles d'un des premiers prototypes de SIAD à être développé.

Réalisation d'un projet de gestion des infrastructures

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Val-d'Or
 Responsable technique : Guy Faucher, Ville de Val-d'Or
 Autres intervenants : Consultik ltée, MTQ, Université Laval, École polytechnique de Montréal et Université du Québec à Chicoutimi

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Travaux complétés

PROBLÉMATIQUE

Depuis quelques années, l'augmentation des coûts d'entretien et de réfection des infrastructures municipales force les administrations municipales à revoir leur façon de faire. Un plan stratégique, pour être efficace, doit être alimenté et mis à jour par une information technique actuelle. Une connaissance exhaustive de l'état des infrastructures permettrait aux différents intervenants d'optimiser la prise de décision en réalisant des interventions de nature proactive.

La Ville de Val-d'Or veut donc se doter d'outils lui permettant d'évaluer l'état de ses infrastructures, ses coûts de production et sa performance. Ces outils lui permettront d'évaluer correctement ses besoins et les modes de gestion à envisager.

DESCRIPTION

L'objectif principal du projet est de permettre à la Ville de Val-d'Or d'avoir une connaissance exhaustive de ses services municipaux et de procéder à son autoévaluation pour qu'elle puisse avoir un processus décisionnel objectif lui permettant de prendre des décisions stratégiques. Puisque l'état des infrastructures évolue, le système de gestion des informations devra être mis en place afin que les gestionnaires municipaux puissent suivre l'évolution de leur organisation en tout temps. Le projet permettra également de connaître les coûts réels reliés à l'établissement d'un tel processus décisionnel.

Le projet consiste à doter la Ville de Val-d'Or d'un outil lui permettant de choisir la méthode de gestion de ses infrastructures de base la plus appropriée. Le projet est divisé en sept grandes étapes :

- étape 1 - préparation, organisation et gestion du projet;
- étape 2 - structure et organisation des relevés;
- étape 3 - acquisition, saisie et interprétation des données;
- étape 4 - établissement des coûts de revient;
- étape 5 - analyse, développement et implantation des systèmes;

SYSTÈME DE GESTION DES INFRASTRUCTURES

étape 6 - formation, soutien technique et coordination;
étape 7 - suivi technique et technico-économique du projet SIGI.

ASPECT INNOVATEUR

L'aspect innovateur de ce projet est l'expérimentation de l'intégration d'un système de gestion des infrastructures permettant l'optimisation de l'entretien. Cet outil permettra de faire le bilan technique et financier des infrastructures et de planifier l'entretien ou les travaux à réaliser sur une période donnée.

SUIVI OU RÉSULTATS

Consultik ltée a intégré dans la Municipalité son logiciel d'entretien régulier intégral, a développé un modèle de coût de revient adapté au monde municipal et basé sur le modèle CPA (comptabilité par activités) du domaine manufacturier. De plus, il a développé un prototype de SIAD sur l'ensemble de son territoire urbanisé afin de produire des plans directeurs intégrés de réfection des infrastructures de base (aqueduc, égout et voirie) du réseau (entretien majeur). Consultik ltée a également déterminé les données nécessaires au fonctionnement du SIGI intégral et, par ricochet, au prototype de SIAD. Cette étape devait être réalisée en premier et est essentielle au succès de l'expérimentation. Elle a également évalué le coût permettant aux municipalités de connaître l'état de leurs réseaux et de déterminer les indicateurs de coûts correspondants.

Le projet a permis à la municipalité de Val-d'Or d'acquérir un outil de gestion des infrastructures municipales (intégral) lui permettant de gérer ses infrastructures et d'améliorer la qualité des produits et services offerts à la population. Il lui a également permis d'acquérir un prototype de SIAD et ses plans directeurs de réfection des infrastructures d'aqueduc, d'égouts (sanitaire et pluvial) et de voirie ainsi qu'un plan intégrant ces réseaux et un prototype de coût de revient lui permettant de connaître le coût de revient des produits et services des travaux publics. À cet égard, le coût de l'eau a été calculé en considérant le vieillissement des infrastructures concernées. Le projet a également permis d'améliorer sensiblement le degré de connaissance de la Municipalité sur les données essentielles à gérer pour obtenir des résultats optimaux. Il a finalement jeté les bases conceptuelles d'un des premiers prototypes de SIAD à être développé.

Le rapport final inclut une comparaison de différents produits ou services offerts par 4 municipalités du Québec (Pont-Rouge, Saint-Raymond, Val-d'Or, Saint-Augustin-de-Desmaures) à partir d'indicateurs de performance.

Intégration d'un SIAD permettant de réaliser un plan directeur intégré d'aqueduc, d'égouts et de voirie

INFORMATION GÉNÉRALE

Municipalité : Sainte-Foy
 Responsable technique : Louis O. Pelletier, Ville de Sainte-Foy
 Autre intervenant : Consultik

Avancement des travaux au 30 juin 1998 : Réalisation en cours

PROBLÉMATIQUE

Les municipalités font l'entretien aujourd'hui d'une quantité impressionnante d'infrastructures et offrent à leurs citoyens une gamme étendue de produits et services. Elles gèrent à cet effet une quantité importante de données sans posséder généralement de procédures normalisées pour les mettre à jour. Cette situation fait souvent en sorte que les intervenants municipaux ne savent pas si les données qu'ils gèrent sont valides ou non. Ils ne font donc plus confiance aux données stockées dans les banques de données existantes, perdent beaucoup de temps et d'argent à les valider et peuvent difficilement prendre des décisions éclairées basées sur la réalité. Par ailleurs, les données sont souvent disséminées un peu partout dans l'organisation sans aucune interrelation formelle entre elles. Il arrive aussi que les mêmes données soient gérées dans deux ou plusieurs services différents.

DESCRIPTION

Le projet de la Ville de Sainte-Foy constitue la seconde étape d'une démarche globale entreprise par cette dernière. Cette démarche vise à doter la municipalité d'un système de planification intégrée des réfections des infrastructures d'aqueduc, d'égouts et de voirie. Toutefois, pour parvenir à ses fins, la ville doit d'abord réaliser un inventaire, non pas exhaustif mais important, de ses infrastructures. La seconde étape, réalisée dans le volet d'innovation technologique, consiste à développer puis à mettre en place le système d'aide à la décision (SIAD).

ASPECT INNOVATEUR

La partie innovatrice du projet inclut également l'expérimentation de méthodes de pointe permettant d'effectuer rapidement, interactivement, en continue et à faible coût la saisie et la mise à jour des données descriptives (physiques et d'état) et géographiques (positionnement) afin d'alimenter en données fiables un système intégré d'aide à la décision (SIAD).

SYSTÈME DE GESTION DES INFRASTRUCTURES

Ce SIAD comprendra trois systèmes de gestion des infrastructures (SGI) : aqueduc, égouts et voirie. Le projet permettra également l'intégration d'un système de géomatique (SIG) au SIAD et l'élaboration de courbes de dégradation des infrastructures.

Un logiciel de gestion de l'entretien d'infrastructures développé par Consultik est actuellement disponible et opérationnel. Le système d'aide à la décision (SIAD) proposé dans le cadre du présent projet de la Ville de Sainte-Foy vise pour sa part à permettre la réalisation d'un plan directeur intégré de réfection des infrastructures. Le système offrira donc une banque de données corporative où tous les intervenants auront des droits d'accès selon leurs responsabilités. Ces données pourront être mises à jour rapidement en minimisant les erreurs et à faible coût au moyen d'équipements de pointe. Elles seront la base du fonctionnement du SIAD. La présence d'un même logiciel fonctionnant pour l'ensemble des services de la municipalité, et dont les données de base sur géomatique sont mises à jour régulièrement par le personnel de terrain, représente encore un défi pour les gestionnaires municipaux.

Le projet permettra de faire des liens rapides et complets avec des systèmes experts d'aqueduc, d'égouts et de voirie, ce qui raffînera la priorité d'exécution des travaux (importance d'effectuer les travaux en temps opportun afin d'éviter un accroissement des coûts), les prévisions de dépenses futures (SIAD), l'évaluation des fonds destinés aux immobilisations.

SUIVI OU RÉSULTATS

Le suivi du projet se réalisera tout au long de celui-ci par le consultant mandaté et la Ville. Il permettra d'évaluer la performance des outils de collecte de données développés et du logiciel de gestion. Deux rapports d'étape et un rapport final seront fournis au ministère Affaires municipales.