

INNOVATION

NUMÉRO 6 OCTOBRE 1999

TRANSP RT

BULLETIN SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE



DOSSIER


**SÉCURITÉ DE L'INFORMATION :
L'AUTOROUTE DE L'INFORMATION**

Québec 
Ministère des
Transports

**PROJET DE RECHERCHE
L'EXPERTISE DE DALLE À L'AIDE DU POTENTIEL
DE CORROSION 3**

**DOSSIER
SÉCURITÉ DE L'INFORMATION : L'AUTOROUTE
DE L'INFORMATION 5**

**ROUTES ET STRUCTURES
L'UTILISATION DES MATÉRIEAUX RECYCLÉS
DANS LES CHAUSSÉES : CARACTÉRISATION,
EXIGENCES TECHNIQUES ET CONTRÔLE 11**

**LA RÉGION VOUS
PARLE
DESCRIPTION DE LA BASE GÉOGRAPHIQUE
ROUTIÈRE RÉALISÉE DANS LE CADRE
DU PLAN DE TRANSPORT DE
L'AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC 21**

**LE MULTIMODAL
LES CONDITIONS FAVORABLES À
L'INTERMODALITÉ RAIL-ROUTE 24**

PARUTIONS RÉCENTES 30

**CONGRÈS ET
CONFÉRENCES 31**

INNOVATION TRANSPORT est réalisé par le Centre québécois de transfert de technologie routière et édité par la Direction des communications du ministère des Transports du Québec.

Rédaction : *Dominique Duchesne*

Révision linguistique : *Direction des communications*

Supervision graphique : *Jean-Pierre Tremblay*

Conception : *Tandem Conception et Infographie inc.*

Impression : *Lithographie Bourgneuf inc.*

Pour obtenir de l'information supplémentaire, il suffit de s'adresser à :

Ministère des Transports du Québec

Observatoire en transport

700, boul. René-Lévesque Est, 21^e étage

Québec (Québec), G1R 5H1

Téléphone : (418) 643-6039

Télécopieur : (418) 646-2343

Courrier électronique : doduchesne@mtq.gouv.qc.ca

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

ISSN - 1480-610X

Tirage : 1600 exemplaires

SÉCURITÉ DE L'INFORMATION : L'AUTOROUTE DE L'INFORMATION

Depuis vingt ans, les entreprises ont dû réapprendre la manière de faire des affaires. Elles ont vécu la rationalisation, la qualité totale, la réingénierie, les normes ISO et le « juste-à-temps » comme des étapes leur permettant d'offrir de meilleurs produits au meilleur coût et en moins de temps. Qui aurait pu prévoir que la numérisation des connaissances, appliquée à tous les secteurs d'activité, allait devenir le grand défi de cette fin de siècle ?

Les gouvernements font aussi face à de nouveaux défis : améliorer les services, réduire les dépenses publiques et accroître l'efficacité. La mondialisation de l'économie ne touche pas uniquement le secteur privé, mais également les administrations publiques, qui sont de plus en plus souvent comparées entre elles. Au cœur de cette révolution numérique, qui fait converger audiovisuel, télécommunications et informatique, se trouve la notion de réseau planétaire. INNOVATION TRANSPORT présente dans son «Dossier» l'évolution technologique récente qui a conduit le Québec à adopter la Politique de l'autoroute de l'information.

Ce dossier fait ressortir la nécessité d'assurer la sécurité des systèmes d'information. Le Comité de gestion a confié la sécurité de l'information du ministère des Transports à la Direction générale des services à la gestion, car sa vocation à caractère horizontal l'amènera à mobiliser les ressources humaines affectées aux technologies de l'information de même que celles qui seront chargées des programmes de formation.



Claire Monette

Sous-ministre adjointe

Direction générale des services à la gestion



L'EXPERTISE DE DALLE À L'AIDE DU POTENTIEL DE CORROSION

Par André Drapeau, Direction des structures

La détermination du potentiel de corrosion permet d'améliorer de façon très importante l'efficacité de l'expertise de dalle de pont par carottage.

Dans le cadre d'un projet de recherche relatif à l'auscultation de dalle mis sur pied par la Direction des structures et financé par la Direction de l'observatoire, des travaux ont été réalisés à l'été 1998 sur quatre structures de la Direction territoriale de Saint-Jérôme, dans le but d'établir une relation entre les dommages et le potentiel de corrosion.

Le potentiel de corrosion est une méthode qui permet de mesurer l'activité électrochimique de corrosion à partir de la surface du béton. Cette activité entraîne la corrosion des armatures qui

provoque le délaminage du béton : le défaut le plus courant des dalles de pont.

Sur une dalle, la détermination du potentiel est régie par la Norme ASTM C-876. Celui-ci est généralement mesuré à l'aide d'une électrode de cuivre/sulfate de cuivre dont l'extrémité est mise en contact avec le béton en forant un trou dans l'enrobé bitumineux jusqu'au béton et en remplissant ce trou d'eau, afin de réaliser des lectures (figure 1).

Les lectures sont effectuées selon une grille préférablement de 1 ou 2 m. Ces données sont enregistrées dans un système d'acquisition de données, de façon à ce qu'elles puissent être traitées par informatique.

La mesure du potentiel est subdivisée en quatre niveaux, à chacun desquels est associé un degré de l'activité de corrosion.

Potentiel supérieur à -200mV	Activité de corrosion faible à nulle
Potentiel compris entre -200mV et -350mV	Activité de corrosion naissante
Potentiel compris entre -350mV et 500mV	Activité de corrosion importante
Potentiel inférieur à -500mV	Activité de corrosion très importante

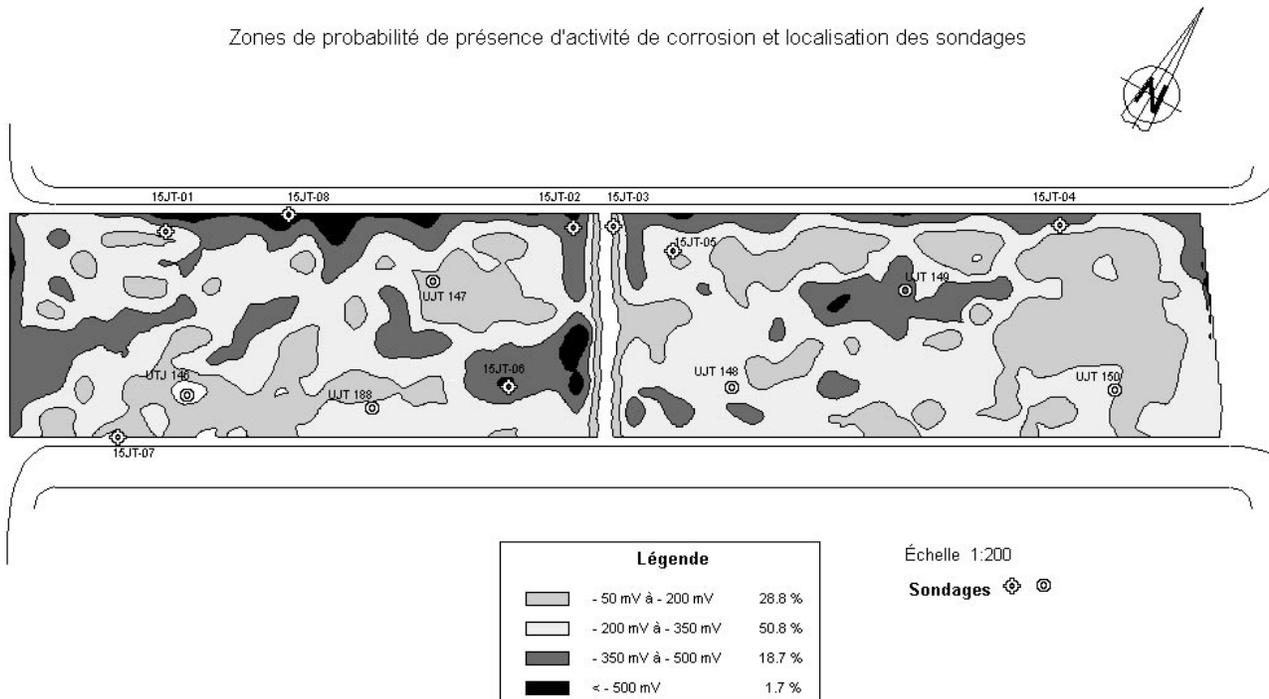
FIGURE 1 : Équipement nécessaire pour déterminer le potentiel



Même si l'on peut présumer que lorsque le niveau de potentiel d'une surface est supérieur à -200mV , les probabilités que des défauts soient présents sont nulles et lorsque le potentiel est inférieur à -500mV , les probabilités sont très élevées, l'état du béton ne peut pas être associé directement au potentiel de corrosion. La présence ou non de défauts dépend aussi d'autres facteurs, tels la qualité du béton, l'épaisseur du recouvrement de béton des armatures, etc. L'état du béton doit donc être vérifié pour chacune des surfaces dont le niveau de potentiel est différent, généralement en prélevant un échantillon de béton. Cependant, pour une surface de même niveau de potentiel et dont la qualité du béton et le recouvrement des armatures peuvent être considérés constants, la présence ou non de défauts déterminée par échantillonnage peut être extrapolée à toute la surface.

FIGURE 2: Relevé de l'activité de corrosion des aciers d'armatures

Zones de probabilité de présence d'activité de corrosion et localisation des sondages



Le plan présenté à la figure 2 montre les surfaces de niveaux de potentiel différents relevés sur une dalle de la région de Montréal. Le total des surfaces correspondant à chacun des niveaux est déterminé par informatique. Pour déterminer la quantité de surface à réparer sur cette dalle, la qualité du béton et le recouvrement des armatures étant considérés constants, il suffit de vérifier l'état du béton d'une surface représentative de chacun des différents niveaux de potentiel en prélevant un échantillon dans chaque surface. Les dommages constatés pour un niveau de potentiel doivent être extrapolés à toutes les surfaces dont le niveau de potentiel est identique.

Pour de grandes surfaces ou lorsque l'on peut présumer que la qualité du béton ou l'épaisseur du recouvrement des armatures peuvent être différentes, les échantillons doivent être prélevés à plusieurs endroits pour chacun des niveaux de potentiel.

La précision de cette méthode dépend non seulement de l'épaisseur du recouvrement de

béton des armatures, qui est souvent variable sur les vieilles dalles, mais aussi de la grille utilisée pour le relevé de potentiel; l'utilisation d'une grille de 2 m au lieu de 1 m a pour effet de diminuer la précision de l'expertise d'environ 10 %. Tous les spécialistes s'entendent sur une chose, cependant, l'expertise de dalle à l'aide du potentiel de corrosion constitue une amélioration très importante par rapport à la façon de faire actuelle.

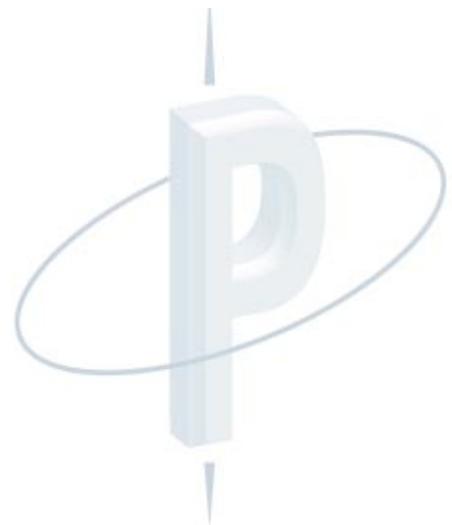
Les inconvénients qui sont liés à l'utilisation de cette méthode de travail sont les suivants :

- sa mise en œuvre nécessite la fermeture de voies de circulation; le rendement actuel pour le relevé de potentiel est d'environ 150 m² à 200 m²/heure;
- son coût, qui est de 3,00\$ à 3,50\$ du m² pour une grille de 1 m, peut être diminué d'environ 30 % si une grille de 2 m est utilisée.

Malgré ces inconvénients, nous recomman-

dons l'utilisation de cette méthode pour planifier l'exécution de travaux importants et pour faire les relevés de dommages sur les dalles lors de la préparation de travaux.

On peut se procurer le devis spécial relatif à l'exécution de l'expertise de dalle à l'aide du potentiel de corrosion à la Direction des structures.





SÉCURITÉ DE L'INFORMATION : L'AUTOROUTE DE L'INFORMATION

Par Richard Pagé, coordonnateur ministériel de la sécurité de l'information,
Direction générale des services à la gestion

INTRODUCTION

Principe de base de l'informatique, le codage binaire est la clé qui permet le stockage, de même que le traitement et la transmission d'une masse considérable d'informations. L'idée d'appliquer le codage binaire non seulement aux textes et aux calculs complexes, mais aussi au son et à l'image constitue une suite logique. L'arrivée du numérique et du multimédia provoque donc un changement qualitatif généré par l'interactivité, qui annonce la transition d'une société de l'information à une société de la communication.

Le Québec s'est engagé dans une transformation de l'administration publique, comme d'ailleurs la plupart des gouvernements des pays occidentaux. L'Administration québécoise a

adopté les nouvelles technologies de l'information et des communications (NTIC) pour mieux servir les citoyens et les entreprises, ainsi que pour soutenir la refonte de ses systèmes administratifs internes. Le Québec fait en cela figure de pionnier, à l'échelle internationale, avec la Politique québécoise de l'autoroute de l'information.

Les nouvelles technologies sont porteuses de promesses. Elles modifient le rapport à l'éducation comme à la formation, l'accès aux services et les conditions de travail. L'échange immatériel prend aujourd'hui tout son sens grâce à l'interactivité, qui est source de dialogue et d'ouverture. Les autoroutes de l'information deviennent les vecteurs d'un savoir accessible au plus grand nombre. Elles nous conduisent également vers des pratiques démocratiques nouvelles. Le travail

peut désormais être accompli à distance, et la flexibilité qui caractérise les NTIC favorisera l'émergence de modes de vie et de rapports sociaux différents.

LES NTIC

Les NTIC apportent des solutions novatrices à nos besoins les plus urgents, qu'il s'agisse d'administration et de gestion, de partage de l'information ou d'outils de formation professionnelle. L'informatique a effectué une percée dans tous les domaines et elle permet de resserrer les liens entre les régions. La valeur de l'information partagée est d'autant plus importante que le nombre de sources est élevé. Plus il y a d'acteurs, plus la valeur ajoutée de chacun a d'impact et meilleur est le résultat.

Les premiers prototypes de machines à calculer mécaniques ont été inventés il y a trois siècles. L'informatique est née il y a seulement cinquante ans. Elle est le fruit du travail de mathématiciens doués et d'ingénieurs inventifs. Le passage des gros ordinateurs aux micro-ordinateurs s'est fait en trente ans environ. Moins de quinze ans auront suffi pour les rendre communicants.

L'informatique s'est d'abord implantée dans les grandes entreprises et les Administrations, puis dans les PME et le commerce, pour des applications comptables, statistiques, financières, de gestion ou d'information. La percée décisive eut lieu au milieu des années 80 avec la micro-informatique, qui a favorisé la multiplication des postes de travail polyvalents, capables d'effectuer aussi bien du traitement de texte que des applications de gestion.



Les entreprises privées se sont fortement engagées dans un processus de changement, sous la pression de la mondialisation. Leur mise en réseau n'a pas été sans effet sur la durée et l'organisation du travail, désormais effectué en plusieurs lieux différents. Le courrier électronique permet des rapports plus directs et plus rapides entre les employés et les gestionnaires. Les dirigeants peuvent, par ce moyen, établir une communication permanente et dynamique avec l'ensemble des employés.

À la structure pyramidale traditionnelle s'oppose donc une multiplicité de structures décentralisées et responsables, qui constituent autant de points de décision concourant au même objectif. On produit de la meilleure qualité, à meilleur coût et dans des délais plus brefs. Les entreprises ont appris à maîtriser la notion de partenariat et de réseau, grâce en partie aux NTIC. Dans tous les secteurs de l'économie, ces nouveaux outils servent à mettre en place des structures plus légères : il s'agit de rendre les produits et services plus accessibles et de simplifier les façons de faire.

L'introduction des technologies de l'information dans l'administration publique a commencé il y a quelques années, dans les relations avec les entreprises. L'ouverture vers le grand public est plus récente. Les trois axes concernés sont l'information du citoyen, la simplification des formalités administratives et l'amélioration des conditions de travail. Un véritable défi, car les habitudes issues d'une tradition administrative centralisatrice sont bien ancrées.

EN LIGNE !

Au Québec, la première opération d'envergure a touché la numérisation de l'état civil : 18 millions d'extraits d'actes, répertoriés à partir de 450 000 registres et stockés dans une gigantesque base de données image et texte. L'objectif était triple : limiter la dégradation des documents en évitant leur manipulation, faciliter l'accès et réduire les délais de délivrance. Ce pro-

jet s'inscrit dans le cadre de la Politique québécoise de l'autoroute de l'information.

À l'heure de la tertiarisation de l'économie et de l'avènement d'une véritable société des communications, le gouvernement du Québec veut améliorer l'efficacité, l'efficience et la cohérence de son action. Diverses mesures sont prises pour favoriser le renouvellement projeté de l'Administration québécoise. L'inforoute gouvernementale en fait partie. Elle est une composante majeure de l'inforoute québécoise, qui est quant à elle une composante de l'inforoute mondiale.

Ce passage à l'autoroute électronique entraîne de nouvelles façons de faire et une réor-

ganisation des relations entre le citoyen et les gouvernements. Les NTIC permettent d'établir des ponts qui auraient été irréalisables autrefois : l'information circule mieux, plus rapidement. Elle va au bon endroit, et en toute sécurité grâce à l'encryptage. Il est remarquable de voir à quel point le réseautage peut améliorer l'efficacité, simplifier la gestion et le suivi des dossiers.

Les délais, les coûts et les services ne seront dorénavant plus les mêmes, l'objectif premier étant de faciliter la vie des citoyens et d'améliorer la capacité concurrentielle des entreprises. En fait, il s'agit de se servir des NTIC comme moteur de développement économique, selon le plan d'action du gouvernement du Québec en ce qui



concerne l'infrastructure gouvernementale. Transport, commerce, administration publique, santé, éducation, les NTIC, ou affaires électroniques, sont génératrices d'emplois et présentent des avantages tangibles. Les nouveaux outils de l'information sont puissants. Ils ont été conçus à partir de technologies fiables, dont l'évolution a été foudroyante ces dernières années.

Loin d'être inaccessibles, les NTIC nous touchent de près. Elles font déjà partie de notre vie quotidienne. Les guichets automatiques, les cartes de débit ou les transactions bancaires en ligne en sont des exemples, tout comme les systèmes électroniques de réservation de billets d'avion, de gestion du trafic routier et de location de voitures. Qui ne s'est jamais senti irrité par le temps considérable qu'il faut parfois attendre pour obtenir une simple information dans un organisme public ?

Bientôt, tout cela appartiendra au passé. Internet permet en effet d'éviter les déplacements superflus, à condition que l'Administration et les services au public se mettent en ligne. Ministères et organismes publics se sont dotés de sites Web. Si ceux-ci se présentent parfois sous une forme peu attrayante et peu interactive, leur existence n'en témoigne pas moins une réelle prise de conscience.

UN ÉTAT BRANCHÉ

Dans son message du printemps (<http://www.tresor.gouv.qc.ca/politiq/bud99d.htm> - pages 6 et 7) concernant les politiques budgétaires, *De nouveaux défis à l'aube de l'an 2000: gérer nos priorités et viser la performance*, le président du Conseil du trésor disait :

« La performance passe aussi par l'utilisation des nouvelles technologies de l'information. La gestion axée sur les résultats doit s'appuyer sur un système d'information perfectionné. Les raisons sont évidentes. Pour connaître et suivre avec justesse les résultats de chacun des programmes, pour le calcul des coûts de revient qui permettront

d'apprécier les résultats et de prendre des décisions stratégiques éclairées, l'information doit être fiable, complète et disponible, en temps réel, à tous les échelons de l'organisation.

« Le gouvernement s'apprête d'ailleurs à effectuer un investissement majeur afin d'intégrer la gestion des informations concernant les ressources humaines, financières et matérielles. Ce projet, connu sous le vocable GIRES, est plus qu'un système informatique car il contribuera à transformer les processus administratifs et à générer de la sorte des gains de productivité des plus prometteurs.

« L'autoroute de l'information est au cœur du développement d'une société moderne. Un État moderne, transparent et performant doit être branché. Un État branché devient plus accessible, et donne accès instantanément à toute information requise. Les ministères et organismes ont tissé leur part de la toile qui les relie à la population et aux entreprises. En mai 1995, avec l'ouverture de la première page d'accueil gouvernemental dans Internet, l'État québécois a donné un signal clair : utiliser ce nouvel outil pour rendre accessible l'information publique. Ce signal a été bien suivi. En effet, on dénombre 190 sites Internet mis en ligne par les ministères et organismes.

« Un État branché simplifie la prestation des services et assure la sécurité des renseignements personnels. La sécurité de l'information constitue un enjeu important car elle ouvre la voie au développement des transactions électroniques. Une entreprise ou un citoyen qui échange des données avec un ministère ou un organisme doit le faire en toute confiance et sur une base strictement confidentielle. C'est dans ces conditions, par exemple, que dès l'année d'imposition 1999, les déclarations sur le revenu pourront être acheminées par Internet. Dans l'ensemble des ministères et organismes, le potentiel est impressionnant et signifie pour tous, moins de papier, moins d'attente et moins de déplacements.

« Rendre l'autoroute de l'information plus

sûre, amener encore plus de citoyens et d'entreprises à l'emprunter pour leur usage personnel ou professionnel et pour accéder à l'information gouvernementale et aux services de l'État, voilà qui devient une nouvelle nécessité. »

INTERNET

Internet est un vaste réseau des réseaux qui permet de communiquer ou d'accéder à une multitude d'informations partout dans le monde. Les avantages qu'il y a à utiliser Internet sont très nombreux. Le monde de l'Internet constitue un domaine de prédilection pour les grandes entreprises désireuses de recueillir des données utiles à leur marketing, ou encore d'obtenir des informations sur leurs concurrents. Toutes les activités d'une organisation sont désormais touchées par l'informatique communicante : production, gestion, facturation, distribution, suivi de la clientèle, prospection et marketing.

Dans l'immédiat, en attendant la généralisation du commerce électronique avec paiement en ligne, le Web est déjà un outil particulièrement utile pour les PME les plus imaginatives. Les possibilités offertes par les transactions virtuelles correspondent aux attentes d'un consommateur de plus en plus exigeant quant au rapport qualité-prix et au choix. Elles vont également dans le sens d'une évolution des comportements, engagée avant même l'arrivée du commerce électronique planétaire. Le commerce électronique ne saurait toutefois se développer de façon significative sans un cadre juridique bien défini, ainsi que des méthodes de paiement sécurisées et des logistiques adaptées.

Les PME créent dans les pays industrialisés la majorité à la fois des emplois existants et des nouveaux emplois. La vitalité de cette catégorie d'entreprises a une valeur stratégique. Son adaptation aux mutations technologiques et son insertion dans le marché mondial constituent des éléments clés pour percer ce marché, au même titre que le rythme de création d'entreprises innovantes. Nombre de PME ont rapidement saisi

l'intérêt des NTIC pour améliorer leur gestion, leur accès aux circuits de distribution et leur compétitivité.

Ce sont en fait les très petites structures ou les travailleurs autonomes qui génèrent aujourd'hui la flexibilité et les réductions de coûts fixes recherchées par les grandes entreprises. Le télétravail paraît même constituer une réponse appropriée à certains types de handicaps : il offre, par exemple, une solution aux personnes à mobilité réduite qui peuvent difficilement quitter leur domicile. Le courrier électronique en est le vecteur. Il s'affranchit même des fuseaux horaires. Mesuré en nombre de caractères, c'est le moyen de communication le meilleur marché, le plus fiable et le plus rapide qui soit.

Toutefois, Internet n'offre encore aujourd'hui que peu de sécurité. Une utilisation inadéquate ou la connexion non protégée d'un réseau local au réseau Internet ouvre la porte à toutes sortes d'actions malveillantes et d'intrusions frauduleuses pouvant affecter l'intégrité et la confidentialité de l'information que détiennent les ministères et organismes du gouvernement, interrompre la disponibilité des services, ternir leur image et augmenter leurs coûts d'exploitation. Les raisons pour lesquelles la sécurité sur Internet est importante sont nombreuses. Pour assurer cette sécurité, les ministères et organismes devront intervenir sur le plan physique, sur le plan logique et sur le plan humain, trois niveaux importants et indissociables.

INTRANET ET EXTRANET

L'autre enjeu pour lequel les grands de l'informatique se font concurrence aujourd'hui est l'intranet, réseau privé utilisant la technologie d'Internet. Les organisations, privées ou publiques, sont de plus en plus nombreuses à découvrir le potentiel que représente l'utilisation de la technologie et des standards ouverts d'Internet au sein de leurs propres réseaux.

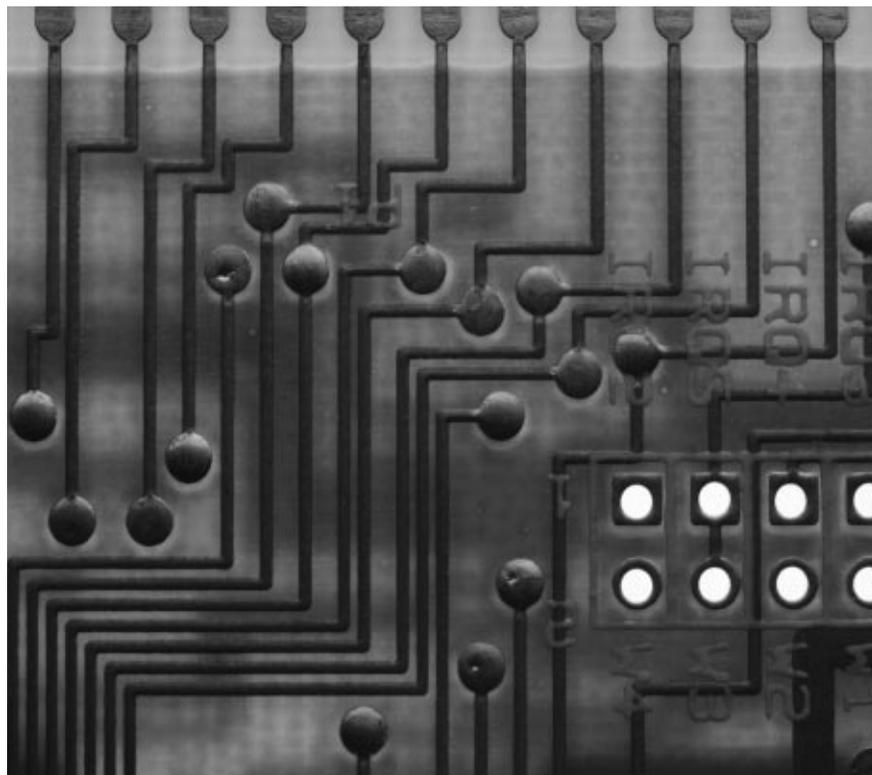
Le développement du travail en réseau, qui reposait autrefois sur la location coûteuse de liaisons spécialisées, est aujourd'hui possible avec des réseaux intranet, qui permettent de relier de manière sécurisée tous les postes informatiques d'une organisation, quels que soient le matériel et les logiciels utilisés, pour un coût nettement plus réduit. Les leaders technologiques du marché et les opérateurs de télécommunications ont proposé des solutions évolutives et facilement gérables pour diffuser de façon fiable des quantités massives de données vers des milliers d'utilisateurs simultanés.

Mais pourquoi limiter ce type de réseau aux entreprises, aux ministères ou organismes uniquement, et ne pas l'étendre, au moins en partie, à des partenaires, clients ou fournisseurs privilégiés ? Cette solution commence à se développer, sous le nom d'extranet. Elle permet de faciliter la communication entre un groupe d'entreprises et de rationaliser les procédures les plus fréquentes. Au rang de celles-ci, les commandes de fournitures et les renouvellements de stocks effectués par Échange de données infor-

matisées (EDI), auquel les extranets pourraient donner un nouvel essor. Parmi les perspectives ouvertes par le commerce électronique, ce sont celles qui concernent les échanges interentreprises qui sont appelées à se développer le plus rapidement. Avec l'adoption d'Internet à l'échelle gouvernementale, les ministères et organismes auront tendance à concevoir, à l'aube du troisième millénaire, serveurs et pages Web pour favoriser des applications ministérielles. L'arrivée des extranets permettra en outre d'implanter des chaînes d'affaires précises avec les partenaires.

SÉCURITÉ DE L'INFORMATION

Le développement des NTIC a connu un essor sans précédent durant les dernières décennies, sans pour autant que les gestionnaires se soient préoccupés particulièrement de la sécurité des informations qui constituent le patrimoine de leur organisation. Les temps ont changé. L'information a acquis une valeur considérable pour la culture d'une organisation, alors que cette information se dématérialise. Les « fuites » sont





une préoccupation croissante, autant pour les dirigeants des ministères et organismes de l'État que pour les chefs d'entreprises du secteur privé. Ce problème les préoccupe beaucoup à l'heure du partenariat, à la faveur duquel des chaînes d'affaires nombreuses se tissent entre les deux secteurs.

L'importance du domaine de la sécurité informatique¹ dans les différentes sphères d'activité s'est accrue avec le développement des autoroutes de l'information. Ces dernières nécessitent une adaptation des procédures et des techniques visant à assurer la sécurisation des échanges sur les réseaux publics. La sécurité de l'information, en tant que discipline, évoluera encore plus rapidement qu'elle ne l'a fait

jusqu'ici. Les actifs informationnels ont énormément de valeur sur le plan stratégique pour toute organisation de taille moyenne.

Il n'y a pas si longtemps, la sécurité de l'information se résumait à fermer à clé portes et classeurs, et à contrôler l'accès de certaines salles. Avec le déploiement des NTIC et la dématérialisation, assurer la sécurité des informations est une tâche beaucoup plus complexe. Jusqu'au début des années 80, l'environnement informatique était essentiellement basé sur la centralisation des grands systèmes. Au cours de la décennie 1980-1990, avec l'entrée en scène de la micro-informatique, cette architecture s'est lentement déplacée vers un environnement d'ordinateurs locaux, où l'utilisateur est roi (*desktop*

environment). Nous assistons, au cours des années 90, à une nouvelle métamorphose : l'avènement de l'environnement distribué (client/serveur), d'une part, et de l'environnement ouvert avec des réseaux de type Internet, d'autre part. Ce type d'environnement modifie en profondeur la façon dont sont gérés les systèmes, l'information et la sécurité. Les mesures de sécurité déjà existantes se sont révélées inefficaces dans ce nouveau contexte, voire désuètes.

CONCLUSION

La multiplication des plate-formes et des réseaux sur lesquels réside ou transite l'information exige de nouveaux outils ainsi que des

¹ « Bien que le terme sécurité informatique demeure l'acception la plus courante pour désigner la protection des biens informatiques par l'application de diverses mesures, l'usage de plus en plus répandu du terme donné ici en synonyme ne peut être ignoré. En effet, sécurité des systèmes d'information est maintenant le terme employé dans les documents officiels de l'ISO, de l'OCDE, de la CEE et de l'AFNOR. Si le terme sécurité informatique est privilégié, c'est que, d'une part, il est d'usage plus fréquent dans la langue courante parmi les spécialistes du domaine, dans les articles de périodiques et la documentation usuelle et que, d'autre part, il a donné lieu à la création de nombreux syntagmes tels que politique de sécurité informatique, programme de sécurité informatique, mesures de sécurité informatique, consultant en sécurité informatique, etc.» (Carole Verreault, Vocabulaire général de la sécurité informatique : gestion de la sécurité, sécurité physique, sécurité logique, délits informatiques, continuité de service, « Cahiers de l'Office de la langue française », Les Publications du Québec, 1996, p. 19.)



normes communes pour faciliter la gestion de la sécurité et assurer un niveau uniforme de protection de l'information. Il ne faut pas oublier non plus que la réalité matérielle de l'information couvre également tout autre type de support, qu'il soit de papier, microforme, magnétique, optique ou numérique. La sécurité n'est plus associée uniquement à la sécurité informatique. Elle englobe désormais l'ensemble de l'information, que celle-ci soit supportée par les grands systèmes centraux, les micro-ordinateurs, le papier, la pellicule, etc. En plus des principes liés à la disponibilité, à l'intégrité et à la confidentialité de l'information, la gestion de la sécurité doit prendre en compte les besoins d'authentification requis pour assurer sa valeur probante.

La sécurité fera bientôt partie intégrante des orientations stratégiques des ministères et organismes du gouvernement. Elle fera l'objet d'un suivi et d'une évaluation systématique, car ce que l'on mesure définit ce que l'on gère et définit le style de gestion. Les moyens d'y arriver doivent être mis en place dès maintenant. Le traitement informatique sera assujéti à des critères apparentés à ceux qui régissent les documents papier, dont par exemple le calendrier ministériel de conservation et d'élimination des documents, qui détermine les durées actives et semi-actives des documents et leur traitement à l'état inactif.

Les ministères et organismes du gouvernement sont appelés à définir les grands enjeux en

matière de sécurité de l'information. Dans le prochain numéro d'Innovation Transports, nous verrons quels sont ces enjeux pour le gouvernement du Québec et le ministère des Transports. De plus, nous examinerons quelle est la coordination nécessaire pour mettre en place les moyens de nous protéger contre les risques qui menacent nos actifs informationnels.

DOSSIER



L'UTILISATION DES MATÉRIAUX RECYCLÉS DANS LES CHAUSSÉES : CARACTÉRISATION, EXIGENCES TECHNIQUES ET CONTRÔLE

par Bruno Marquis, Guy Bergeron et Annick Décrion, ministère des Transports

Gervais Gagnon, École de technologie supérieure

Introduction

Le dernier bilan du ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) relatif à la gestion des matières résiduelles (2) indique que 2,7 millions de tonnes de matériaux secs provenant de chantiers de construction ou de démolition ont été générées en 1996. Ces matériaux ont un fort potentiel de réutilisation, compte tenu de leur nature et de leurs propriétés. On estime qu'environ 45 % de ces résidus proviennent de chantiers de construction et de démolition de bâtiments et 55 % de travaux effectués sur les chaussées et les ponts.

On conçoit aisément que la réutilisation des matériaux provenant d'infrastructures routières présente un intérêt particulier au regard du plan d'action sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008 du MEF, qui vise entre autres la réduction à la source de ces résidus ou leur recyclage. C'est dans cette optique que le comité de travail sur les matériaux recyclés (MR) a été créé au MTQ, en 1996, dans le but d'encadrer l'utilisation des MR dans le domaine des chaussées. La définition de critères techniques et la rédaction d'un guide d'utilisation sont les principales tâches de ce comité.

Malgré leur potentiel d'utilisation élevé et le faible risque de pollution qu'ils présentent, les matériaux provenant d'infrastructures routières, tels les bétons de ciment et les enrobés, doivent faire l'objet, au moment de leur utilisation, d'une démarche particulière, mettant en parallèle leurs propriétés et l'utilisation qu'on se propose d'en faire.

Le présent document expose les résultats d'une étude sommaire sur la caractérisation, les

exigences techniques et les particularités relatives aux essais sur le chantier pour les MR destinés à des travaux routiers. L'application de ces critères lors de projets pilotes, à l'été 1998, a soulevé quelques interrogations quant à la justification et la validité de certains essais de contrôle. Le contenu de cet article n'est donc pas définitif, mais il permet de faire le point sur les orientations du MTQ concernant l'utilisation de MR dans les chaussées.

Développements récents en environnement concernant l'utilisation des bétons bitumineux et des bétons de ciment pour les travaux routiers.

Depuis le début des années 90, le ministère des Transports du Québec a entrepris une réflexion (1) sur les possibilités d'utilisation des résidus de bétons bitumineux et de bétons de ciment dans les structures de chaussées. Une des difficultés rencontrées dans le réemploi ou le recyclage de ces matériaux était la réglementation environnementale. En effet, le Règlement sur les déchets solides (3) considère les morceaux d'asphaltage, les pièces de béton et de maçonnerie, les gravats et les plâtras comme des déchets solides de type matériaux secs, ce qui implique que ceux-ci doivent être acheminés vers des lieux d'élimination autorisés en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement (4).

Ce mode d'élimination entraîne des coûts élevés pour la société québécoise, alors que ces matériaux présentent un fort potentiel pour l'application du principe des 3 RV (réduction à la

source, réemploi, recyclage et valorisation) et qu'ils pourraient avantageusement être réutilisés dans les structures de chaussées. D'ailleurs, depuis quelques années, le MEF a assoupli ses règles en permettant l'utilisation des bétons bitumineux et des bétons de ciment comme matériaux de remblai, à des conditions énumérées dans la note d'instruction n° 93-14 (5).

D'après les évaluations faites par le MEF en 1996, les matériaux secs représentent approximativement 32 % de toutes les matières résiduelles, dont 70,7 % sont composés de béton bitumineux, de béton de ciment et de briques provenant de travaux de démolition de bâtiments et de réhabilitation de routes et de ponts. De plus, environ les deux tiers des matériaux secs sont éliminés dans des lieux d'enfouissement, ce qui est très en deçà des objectifs de réduction de la quantité de résidus destinés à l'élimination pour l'an 2000 établis dans la Politique de gestion intégrée des déchets solides (6).

Comme les objectifs de récupération de la Politique ne pouvaient être atteints dans les délais prévus, le MEF a publié, en septembre 1998, le Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008 (7) pour remplacer la Politique. Le Plan s'appuie sur les recommandations recueillies lors des audiences publiques et il vise, par des actions concrètes, à atteindre un niveau réaliste de réduction de la quantité de matières résiduelles destinées à l'élimination.

Des objectifs de récupération pour diverses matières ont été établis; par secteurs, en particulier, la récupération de 60 % des matériaux secs (papiers et emballages, acier, granulats, bois) dans l'industrie de la construction, de la

renovation et de la démolition. Le Plan d'action vise les deux objectifs suivants, dans le but de faciliter les activités de recyclage et de mise en valeur des matériaux secs :

- * disparition progressive des dépôts de matériaux secs;
- * déréglementation de l'utilisation des résidus de béton, d'asphalte et de brique non mélangés, pour en favoriser l'utilisation comme matériaux de remblai.

D'autres actions visent à augmenter les exigences en matière de sécurité sur les lieux d'élimination et, par voie de conséquence, les coûts d'élimination des résidus, ce qui devrait favoriser la récupération.

Le MTQ a accueilli favorablement le Plan d'action, en particulier les passages qui traitent de la gestion des résidus de matériaux de construction et de démolition, dont les bétons bitumineux et les bétons de ciment. Il faut rappeler que le MTQ s'est inspiré du concept de développement durable dans sa Politique sur l'en-

vironnement (8), et qu'il s'est engagé à favoriser le recyclage et la récupération. À cet égard, il avait signalé, lors des audiences du BAPE, certains aspects de la réglementation, qui faisaient obstacle à ses objectifs en la matière (9).

Le Plan d'action semble proposer des changements sur ce plan, lesquels devraient faciliter l'utilisation des bétons bitumineux et des bétons de ciment dans les structures de chaussées. Cependant, certains détails restent à éclaircir, entre autres la notion de non-mélange des matériaux, le contrôle de la qualité de l'environnement (qui doit être exempt de contaminants), la liste des résidus récupérés et de leurs usages, qui devrait être adaptée à la terminologie utilisée dans le secteur de la construction routière.

Classification de matériaux recyclés (MR)

À la suite des premiers travaux de recherche sur les MR (10,20), une classification fonctionnelle a été proposée afin de faciliter et d'uniformiser les échanges entre chercheurs. Cette

classification s'applique aux matériaux granulaires recyclés contenant au moins deux des constituants suivants : béton de ciment concassé (b.c.), béton bitumineux concassé (b.b.) et granulats conventionnels (g.c.).

Comme on le voit à la figure 1 et au tableau 1, la classification comporte sept classes de MR, correspondant à la proportion des constituants.

Caractéristiques des matériaux recyclés

Tout comme les matériaux ordinaires, les MR doivent être analysés afin d'évaluer leur potentiel d'utilisation dans les chaussées. Il s'agit d'établir quelles sont leurs caractéristiques intrinsèques, de fabrication, complémentaires et leur conformité aux exigences environnementales.

Le tableau 2 présente quelques caractéristiques couramment observées sur les MR.

Les caractéristiques intrinsèques regroupent les propriétés liées à la nature des granulats, telles la résistance à l'attrition (usure), à l'abrasion (aux chocs), à la désagrégation et aux cycles de gel-dégel. Les caractéristiques de fabrication, liées aux procédés de production, incluent la granularité, le pourcentage de fragmentation, de particules plates et allongées de même que le contenu en granulats bitumineux. Les caractéristiques complémentaires des MR ont trait au contenu en impuretés, en matières organiques, en sulfates et chlorures solubles. Du point de vue environnemental, les MR sont régis par le Règlement sur les déchets solides (RDS) (3), lequel précise les exigences quant aux méthodes d'élimination.

Figure 1 : Classification des MR

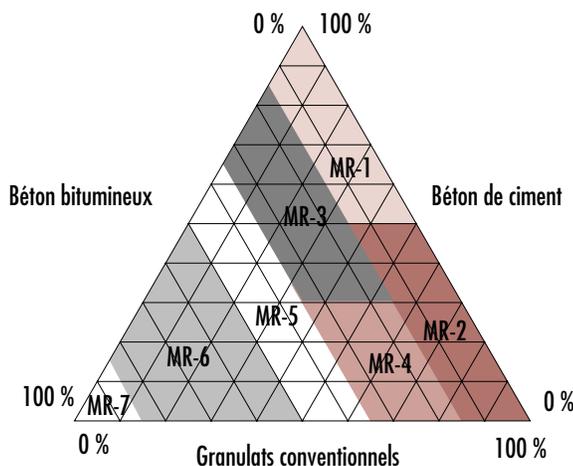


Tableau 1 : Classification des MR

Caractéristiques	MR-1	MR-2	MR-3	MR-4	MR-5	MR-6	MR-7
% béton de ciment (b.c.)	> 50 %	< 50 %	> 30 %	< 30 %	< 65 %	< 50 %	< 15 %
% béton bitumineux (b.b.)	< 15 %	< 15 %	15 - 35 %	15 - 35 %	35 - 50 %	50 - 85 %	> 85 %
% granulats conventionnels (g.c.)	< 50 %	> 50 %	< 65 %	35 - 85 %	< 65 %	< 50 %	< 15 %

Tableau 2 : Résultats d'essais sur des MR

Caractéristiques	Essais	Matériaux					
		MR-1	MR-3	MR-6	Calcaire	Granite	Basalte
Intrinsèques	Micro-Deval (%) BNQ 2560-070	19,7 16,5	17,2 16,7	19,3	15,3	12,3	11,8
	Los Angeles (%) NQ 2560-400	32,5 36,0	29,5 27,2	27,8	18,9	34,1	11,3
	Désagrégation au MgSO ₄ (%) BNQ 2560-450	2,10	≈ 5,00	-	3,40	1,84	9,00
	Résistance au gel-dégel (%) LS-614	20,3	17,1	6,3	3,4	1,3	2,5
	Résistance au gel-dégel (%) ASTM C 666 (50 cycles)	13,2	16,9				
Fabrication	Granulométrie BNQ 2560-040	La granulométrie des matériaux respecte le fuseau prescrit selon l'usage					
	Contenu en bitume (%) NQ 2300-100/110	0,68	1,12	-	-	-	-
Complémentaires	Pourcentage d'impuretés (%), LC 21-260	0,2	-	-	-	-	-
	Matières organiques (%) LC 31-228	> 0,8	> 0,8	-	-	-	-
	BNQ 2560-280 (colorimétrie)	1	3	-	-	-	-
	Sulfates solubles (%) NF P 18-581	0,12	0,10	-	-	-	-
	Chlorures solubles (%) ASTM C 1411	0,07	0,03	-	-	-	-
	Valeur au bleu BNQ 2560-255 Équivalent de sable BNQ 2560-275	0,07 77	0,18 29*	0,23 -	0,38 -	0,10 -	0,20 -
Environnementales	Articles 1 et 30 du RDS (essai de lixiviation)	La moyenne des résultats des essais de contrôle respecte les exigences du RDS					

Note : Les résultats en **caractères gras** proviennent de chantiers réalisés à l'été 1998.

* Essais effectués sur des MR provenant d'un dépôt de matériaux secs.

Caractéristiques intrinsèques

Les caractéristiques intrinsèques des MR contenant des proportions variables de béton de ciment concassé, de résidus de planage ou d'enrobés concassés sont généralement conformes aux exigences de la norme 2101-Granulat pour une utilisation en chaussée. Les résultats des essais de résistance à l'attrition et à l'abrasion

(Micro-Deval, NQ 2560-070; Los Angeles, BNQ 2560-400) indiquent des pertes généralement inférieures à 30 et 50 % respectivement, classant ainsi les MR dans les catégories inférieures à 4 d'après le tableau 2101-2 de la même norme.

Les essais visant à évaluer la résistance à la dégradation (MgSO₄, BNQ 2560-450) et aux cycles de gel-dégel (LS 614 et ASTM C 666) ont

été effectués sur un MR-1 et un MR-3. Les pertes à l'essai MgSO₄ pour les fractions grossière et fine varient respectivement de 2 à 5 % et de 10 à 12 %. Ces résultats sont conformes aux exigences de la norme 3101-Béton de ciment de masse volumique normale (Tableau 3101-1) et semblables à ceux obtenus avec certains granulats ordinaires utilisés dans les enrobés bitumineux (10).

La résistance aux cycles de gel-dégel d'un MR-1 et d'un MR-3 a été évaluée à l'aide de deux méthodes : LS 614-Freezing and Thawing of Coarse Aggregate (11), ASTM C 666-Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing.

La méthode ontarienne (LS 614) est applicable pour les granulats utilisés dans les enrobés et les fondations. L'essai consiste à mesurer la perte de granulats après cinq cycles de gel-dégel, en ayant au préalable immergé l'échantillon dans une solution saline (3 % NaCl). L'essai ASTM C 666 évalue la perte de granulats après 50 cycles de gel-dégel (gel dans l'air et dégel dans l'eau). Pour ces deux méthodes, la perte moyenne pondérée a été évaluée, à partir de la perte mesurée sur chacune des classes granulométriques. Les pertes ont atteint respectivement 20 % et 17 %, ce qui excède la limite admissible pour l'essai LS 614, qui est de 15 % pour les matériaux de fondation. Ces résultats semblent démontrer que les MR-1 sont plus sensibles aux effets des cycles de gel-dégel. Il est important de noter que les conditions dans lesquelles se déroulent ces essais sont très dures et peu représentatives des conditions réelles d'exposition dans une chaussée. Ces résultats devront être évalués en regard des effets sur le comportement de la chaussée.

Caractéristiques de fabrication

Les caractéristiques de fabrication retenues pour les MR sont la granularité et le contenu en bitume.

Pour tous les usages, les fuseaux granulométriques de spécification des MR doivent être les mêmes que ceux spécifiés dans les normes 2102-Matériaux granulaires pour fondation, sous-fondation, couche de roulement granulaire et accotement et 2103-Matériaux granulaires pour coussin, enrobement, couche anticontaminante et couche filtrante.

Les variations du contenu en bitume ont une influence directe sur l'uniformité du comportement structural du MR (12,13) et sur la mesure de la masse volumique à l'aide d'un nucléodensimètre (17,18). L'évaluation du contenu en bitume est donc exigée lors de la production du MR à la même cadence que les essais granulométriques. Des écarts tolérables et des valeurs limites pour chacune des classes de MR sont proposés au tableau 3. Le contenu en bitume est évalué par les essais NQ 2300-100 et NQ 2300-110.

Caractéristiques complémentaires

Les sources de matériaux permettant l'élaboration de MR sont diverses, ce qui accroît le risque d'un contenu en impuretés significatif. Selon l'utilisation prévue, la présence d'impuretés dans le MR peut avoir des conséquences néfastes sur le comportement de la chaussée. Les matériaux de démolition de bâtiments, par exemple, peuvent contenir, dans des proportions variées, des produits comme le gypse, le bois, le verre et des plastiques. Il convient donc d'évaluer le degré d'impuretés des MR afin de déterminer s'ils peuvent être utilisés comme matériaux de chaussées.

Un projet de norme permettant de déterminer le pourcentage d'impuretés dans un matériau recyclé a été développé au MTQ (LC 21-260, Détermination du pourcentage d'impuretés dans un matériau recyclé). La pratique courante veut que les matériaux utilisés en fondation, sous-fondation, accotement et couche de roulement soient exempts de matières organiques ou d'excès de particules argileuses. La même règle vaut pour les MR, pour lesquels on porte aussi une attention particulière au pourcentage de sulfate et de chlorures solubles.

L'évaluation du pourcentage de matières organiques par oxydation au bichromate de potassium (norme LC 31-228) telle qu'exigée pour les matériaux ordinaires, n'est pas applicable aux MR contenant une forte proportion de béton de ciment, compte tenu de la présence des ions Fe^{2+} et Cl^- . L'essai BNQ 2560-280, Détermination de la présence de matière organique dans les sables à béton, s'est avéré le plus représentatif et le mieux adapté aux MR.

L'essai au bleu de méthylène, utilisé pour déterminer le contenu en particules argileuses dans la fraction fine d'un matériau granulaire, n'est généralement pas applicable aux MR. Une hypothèse veut que les granulats calcaires contenus dans certains enrobés et les particules de ciment non hydratées contribuent à augmenter la quantité de bleu de méthylène nécessaire pour l'essai, ce qui fausse l'estimation de la quantité de particules argileuses. Ainsi, l'essai BNQ 2560-275, Équivalent de sable, a été expérimenté et retenu pour déterminer le degré de contamination (propreté) des MR.

Tableau 3 : Exigences quant au pourcentage de bitume (NQ 2300-100 et NQ 2300-110)

Type de MR	Écarts tolérables (valeur moyenne pour un lot)	Valeurs limites aucune valeur hors limites	
		Min.	Max.
MR-1 et MR-2	% bitume $\leq 0,75$ %		1,00 %
MR-3 et MR-4	$0,75$ % < % bitume $\leq 1,75$ %	0,50 %	2,00 %
MR-5	$1,75$ % < % bitume $\leq 2,50$ %	1,50 %	2,75 %
MR-6	$2,50$ % < % bitume $\leq 4,25$ %	2,25 %	4,50 %
MR-7	> $4,25$ %	4,00 %	

Un contenu trop élevé en sulfate et chlorures solubles peut restreindre l'usage de certains MR. L'incidence des chlorures sur la corrosion des métaux est bien connue, ainsi l'utilisation d'un MR-1 contenant plus de 1000 ppm de chlorures solubles comme matériau de coussin et d'enrobement d'une conduite en fonte ou en béton précontraint n'est donc pas recommandée. Également, les MR-1 contenant plus de 0,15 % de sulfate soluble ne doivent pas être utilisés comme matériau de coussin sous une dalle, en raison des risques de réaction des sulfates avec les aluminates de calcium du ciment, qui peuvent contribuer à la formation de minéraux gonflants, tel l'ettringite (trisulfaluminate de calcium hydraté). Pour la même raison, le contenu en sulfate soluble ne doit pas dépasser 0,60 % pour les autres usages. Le risque d'un excès de sulfate dans un MR est lié uniquement au contenu en béton de ciment. Ainsi, les essais visant à évaluer le contenu en sulfate et chlorures solubles ne sont pas nécessaires lorsque le MR ne contient pas de béton de ciment.

Exigences environnementales

Au cours de chantiers pilotes organisés à l'été 1998, les essais de lixiviation ont été effectués conformément aux articles 1 et 30 du RDS. Ces résultats confirment le faible potentiel de pollution des MR fabriqués à partir de matériaux provenant d'infrastructures routières.

Usages et exigences des MR

Les usages potentiels des MR sont nombreux: couche de roulement (routes non revêtues), fondation, sous-fondation, accotement, enrobage de conduites et remblayage. Les exigences et essais requis varient selon le type de MR utilisé et l'usage prévu (voir tableau 4). En ce qui a trait au dimensionnement structural de la chaussée, certains ajustements sont recommandés selon le type de MR utilisé et l'usage qui en est fait.

COUCHES DE ROULEMENT (routes non revêtues)

L'utilisation de MR comme couche de roulement sur les routes non-revêtues est pour le moment peu répandue. Les résultats des essais de caractérisation confirment que les matériaux de type MR-1 et MR-2 ont le meilleur potentiel d'utilisation comme couche de roulement.

Les matériaux MR-1 à MR-5 ne développent généralement pas une cohésion importante, car leur contenu en granulats bitumineux est inférieur à 50 %. Cela confère à ces matériaux une certaine maniabilité, qui rend possible l'utilisation des techniques d'entretien habituelles pour les routes non-revêtues (niveleuse). Des problèmes de ségrégation de particules bitumineuses ont été observés avec le matériau MR-5, ce qui peut entraîner localement, sous une forte circulation en conditions humides, des problèmes d'arrachement et la formation de nids de poules.

ACCOTEMENTS

L'utilisation sur les accotements des matériaux MR-1 à MR-5 ne pose pas de problèmes

particuliers. Cependant, il se développe généralement une cohésion importante dans les matériaux MR-6 et MR-7 lorsqu'ils sont compactés, ce qui limite leur maniabilité mais les rend par ailleurs, moins sensibles à l'érosion. Ainsi, il est recommandé de n'utiliser ces matériaux qu'aux endroits où il y a des risques d'érosion importants, par exemple : points bas du profil, pentes, intérieur des courbes et proximité des ponceaux. Les problèmes d'entretien à long terme associés aux matériaux MR-6 et MR-7 et l'hétérogénéité de leur comportement font qu'ils sont moins bien adaptés aux chaussées dont les accotements sont sollicités fréquemment ainsi qu'aux autoroutes.

FONDATION

Compte tenu de la large gamme de propriétés mécaniques rencontrées pour tous les types de MR, l'utilisation de ces derniers comme matériaux de fondation comporte certaines restrictions et nécessite des adaptations en ce qui a trait au dimensionnement structural.

Les matériaux MR-1 et MR-2 contenant moins de 15 % de b.b. ont des propriétés mécaniques très semblables aux matériaux ordi-

(suite à la page 17)

Figure 2 : Épaisseur de revêtement bitumineux en fonction du nombre d'ECAS

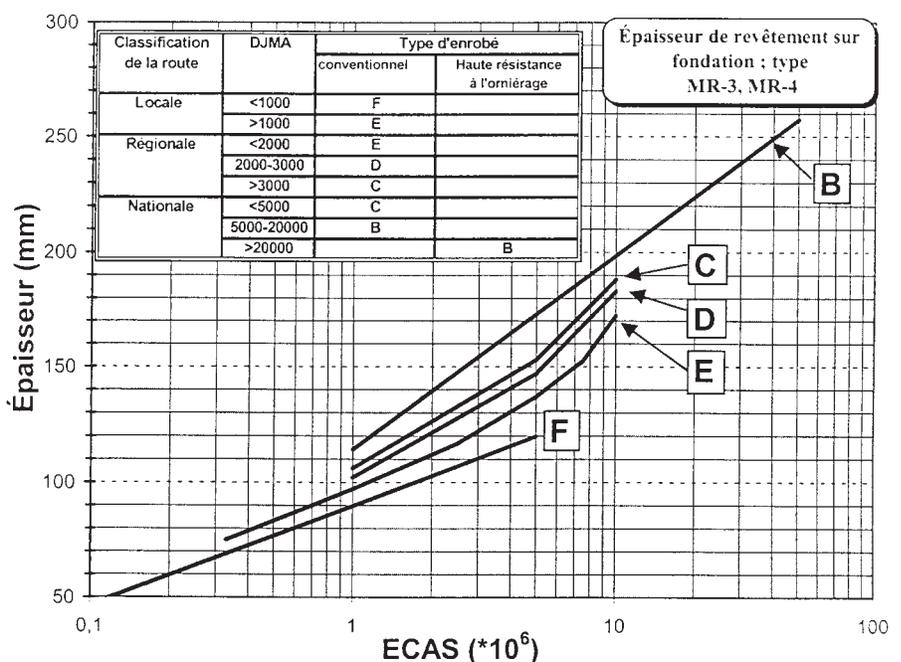


Tableau 4 : Exigences selon les usages

Usages	MR	Caractéristiques intrinsèques et de fabrication	Caractéristiques complémentaires (2)	Considérations environnementales (1)	Particularités
Couche de roulement (routes non revêtues)	MR-1 à MR-5	Norme 2102 Tableau 2102-1 et Tableau 2102-2	Impuretés ≤ 1,0% Projet de norme LC 21-260 Matières organiques ≤ 3 BNQ 2560-280 Équivalent de sable ≥ 55 (sur la fraction 0/5mm) ASTM D 2419 Sulfates solubles ≤ 0,15% sous une dalle ≤ 0,60% pour autres usages Extraction selon la norme NF-P 18-581 (20) et dosage selon SM for exami- nation of water and waste- water 4500 S04-2 Sulfate sauf les méthodes gravi- métriques (C et D) Chlorures solubles ≤ 0,10 % Extraction selon l'article 5.0 de ASTM D 1411 et dosage selon SM for examination of water and wastewater 4500 Cl- Chloride	Articles 1 et 30 du Règlement sur les déchets solides c.Q-2.r.3.2. (Lixiviation)	MR-6 ou MR-7 où le risque d'érosion est plus élevé.
Accotement	MR-1 à MR-7	Catégorie 5 Catégorie e			
Fondation	MR-1 à MR-5	Contenu en bitume NQ 2300-100 et NQ 2300-110			
Sous-fondation		Norme 2102 Tableau 2102-1 et Tableau 2102-3 Catégorie 6 Contenu en bitume NQ 2300-100 et NQ 2300-110			
Coussin et enrobement, couche filtrante et anticontaminante		Norme 2103 Tableau 2103-1 et Tableau 2103-2 Catégorie 6 Contenu en bitume NQ 2300-100 et NQ 2300-110			
Matériaux de remblai	MR-1 à MR-7	Contenu en bitume NQ 2300-100 et NQ 2300-110			Les MR-1, MR-3 et MR-5 contenant du béton de ciment ne sont pas recommandés comme coussin et enrobement de conduite d'aqueduc en fonte et en béton précon- traint. Précautions requises lors de la mise en œuvre des MR-6 et MR-7 (3)

Notes :

1. Les exigences environnementales ne s'appliquent pas lorsque le MR provient uniquement d'infrastructures routières, ceci en raison du faible risque qu'il y ait présence de contaminants. On entend par « infrastructures routières » : le revêtement de la chaussée et des accotements, les matériaux composant la structure de chaussée, tous les types de bordures et de trottoirs, les musoirs, les murets et glissières rigides, les éléments de béton de ciment et bitumineux provenant des murs de soutènement, des ponts, des dispositifs de retenue et de signalisation, les ponceaux et éléments de drainage en béton de ciment.
2. Tous les essais sur les caractéristiques complémentaires sont nécessaires. Les essais sur les sulfates solubles et les chlorures solubles ne sont pas exigés lorsque les MR ne contiennent pas de b.c.
3. Lorsqu'ils sont utilisés pour des remblais, les MR-6 et MR-7 doivent être posés par couches uniformes, dont l'épaisseur doit être inférieure à 300 mm.

naires. Ainsi, lorsque leurs caractéristiques intrinsèques respectent les exigences de la norme 2102, ces matériaux peuvent être utilisés en fondation pour les types de routes et de trafics traités par la norme Structures de chaussées, sans modification de l'épaisseur et du revêtement. Cependant, d'après les essais en laboratoire, le type MR-1 (et certains MR-3) contenant une forte proportion de béton de ciment sont plus susceptibles de se dégrader sous l'effet répété des cycles de gel-dégel. Ce point devra être précisé par d'autres essais, afin d'établir des critères d'acceptation plus représentatifs. Ainsi, l'état actuel des connaissances ne permet pas de recommander l'utilisation des MR-1, MR-2 et MR-3 en fondation sur autoroutes.

À cause de leurs propriétés mécaniques plus faibles, les MR-3 et MR-4, avant d'être utilisés en

fondation, doivent faire l'objet d'un ajustement mineur de l'épaisseur du revêtement bitumineux, selon les classes de routes et de trafics. La figure 2 présente les épaisseurs pour diverses classes de routes dont le débit journalier moyen est inférieur à 5000 véh./jour, lorsque des MR-3 et MR-4 sont utilisés en fondation. L'homogénéité du MR et la distribution des b.b. dans les MR-3 et MR-4 ne sont pas bien connues pour le moment. Compte tenu des conséquences sur le comportement de la chaussée liées à une distribution hétérogène des b.b. dans le MR, les MR-3 et MR-4 ne sont pas recommandés comme matériaux de fondation sur les autoroutes.

Les MR-5 ont des propriétés mécaniques nettement inférieures à celles des matériaux ordinaires (12,13). Quand on les utilise, une augmentation de l'épaisseur d'enrobé de 10 à

45 mm est nécessaire pour des trafics inférieurs à 5000 véh./jour. La surépaisseur d'enrobé nécessaire pour les routes dont le DJMA est supérieur à 5000 est très importante et rend (généralement) l'utilisation des MR-5 peu attrayante sur le plan économique (21).

SOUS-FONDATION

D'après les études qui ont été faites (10,12), il n'y a aucune restriction à l'utilisation des MR en sous-fondation, si ces derniers respectent les exigences de la norme (catégorie 6) et le fuseau MG112.

Pour les MR-1 et certains MR-3 ayant un fort contenu en béton de ciment, le potentiel hydraulique résiduel du b.c. recyclé entraîne le développement d'une cohésion dans le matériau, et pourrait de ce fait réduire la perméabilité. Une étude plus approfondie du comportement des matériaux granulaires dont le diamètre maximal est supérieur à 28 mm (MG112) contenant des enrobés et du béton de ciment est nécessaire avant de définir précisément leurs utilisations potentielles en sous-fondation.

COUSSIN, ENROBEMENT, COUCHES FILTRANTES ET ANTI-CONTAMINANTES

Hormis les exigences se rapportant aux caractéristiques intrinsèques et de fabrication, un essai permettant d'évaluer la teneur en chlorure est recommandé pour ces usages. Un contenu maximal admissible en chlore (Cl⁻) solubilisé dans l'eau est recommandé afin d'éviter le vieillissement accéléré des éléments en béton avoisinants.

ACCEPTATION ET CONTRÔLE SUR LE CHANTIER

Le contrôle des MR sur le chantier est semblable à celui effectué sur les matériaux ordinaires. Des essais d'extraction de bitume sont prévus afin d'évaluer le contenu en granulats bitumineux (tableau 3). Des fréquences d'essais

Tableau 5 : Cadences d'échantillonnage pour acceptation des MR

Caractéristiques	Essais	Cadence d'échantillonnage pour analyse (une série d'essais par)	
		En réserve	Sur le chantier
Intrinsèques	Micro-Deval Los Angeles	5 000 premières tonnes 10 000 t par la suite	
Fabrication	Granulométrie Contenu en bitume	En réserve	Sur le chantier
		5 000 t	7 500 m ²
Complémentaires	Impuretés Matières organiques Équivalent de sable Sulfates solubles Chlorures solubles	5 000 premières tonnes 10 000 t par la suite	
Environnementales	Selon articles 1 et 30 du RDS c.Q-2.r.3.2 (Essais de lixiviation)	10 000 t	

Notes :

1. Les cadences d'échantillonnage proposées en ce qui concerne les caractéristiques intrinsèques et complémentaires et les exigences environnementales peuvent être révisées à la baisse lorsque plusieurs dizaines de milliers de tonnes de MR sont utilisées et que la provenance en demeure inchangée tout au long du projet.
2. La fréquence des essais du pourcentage de matières organiques et de l'équivalent de sable peuvent être revues à la baisse lorsque le MR provient uniquement d'infrastructures routières.

ont été proposées (tableau 5) selon la méthode utilisée pour la fabrication du MR (centrale ou en place).

Contrôle de la compacité sur le chantier

Les MR ont généralement des propriétés physiques et mécaniques différentes et sont plus hétérogènes que les matériaux ordinaires. Aussi, le contrôle de la qualité sur le chantier est-il particulièrement important si l'on veut obtenir le comportement escompté. Une méthode de contrôle adaptée aux MR a été mise au point dans le cadre d'un projet de recherche mené au MTQ. La mesure des paramètres de contrôle de la compacité, soit la teneur en eau (ω) et la masse volumique du matériau (γ), à l'aide d'un nucléodensimètre nécessite un étalonnage particulier.

Étant donné le principe de fonctionnement du nucléodensimètre, la mesure de la teneur en eau est fortement influencée par la composition chimique du matériau. Quelques études (17,18) ont mis en évidence ce problème lorsque le matériau contient des éléments d'hydrogène sous une autre forme que l'eau. Ce cas est fréquent avec la plupart des MR, vu les contenus de résidus bitumineux admissibles pour chacune des classes de MR.

Pour corriger cette source d'erreur dans la mesure, le fabricant TROXLER suggère de calculer un facteur de correction de teneur en eau (K), en comparant les résultats du nucléodensimètre avec une méthode de mesure gravimétrique (par séchage).

Le facteur de correction de teneur en eau du nucléodensimètre est donné par l'équation suivante :

$$K = \frac{D - C}{C + 100} \times 1000$$

équation (1)

où

K : facteur de correction de teneur en eau à appliquer

D : teneur en eau moyenne mesurée à l'étuve (%); CAN/BNQ 2501-170-M-86

C : teneur en eau moyenne mesurée au nucléodensimètre (%)

NOTES : L'équation ci-dessus est utilisée dans le cas où le nucléodensimètre est de marque TROXLER 3411 B, et elle est valable avec tous les appareils TROXLER de la série 3400. Le facteur K est enregistré directement sur les sélecteurs « correction d'humidité » de l'appareil, en respectant le signe. Il ne doit pas être confondu avec la correction de la ω réelle (exprimée en %). Pour d'autres marques de nucléodensimètre, l'équation peut être différente. Se référer au manuel d'utilisation.

L'établissement d'un facteur de correction K, basé sur la mesure de ω par séchage à l'étuve, est la méthode la plus utilisée. Cependant, le séchage à l'étuve entraîne des délais souvent difficiles à gérer pendant les travaux. Pour pallier cette difficulté, des recherches ont été entreprises afin de préciser le potentiel d'utilisation du four à micro-ondes pour la mesure de ω .

Une procédure d'essais en laboratoire a été développée, en tenant compte de l'impact de divers paramètres sur la précision des résultats. La procédure d'essai adoptée se résume comme suit :

- (1) Sélectionner une période de séchage de 5,0 minutes à la puissance maximale (four 700W).
- (2) Une fois la période de séchage terminée, retirer le récipient (pyrex, 350 x 230 mm) du four et le peser immédiatement; noter la masse.
- (3) Mélanger l'échantillon de façon homogène, en évitant la perte de matériau.
- (4) Répéter les étapes 1 à 3 jusqu'à obtention d'une masse constante, c'est-à-dire une variation inférieure à 0,1 % de la masse mesurée à la période de séchage précédente.

Une procédure d'essais normalisée (Norme LC, Laboratoire des chaussées, MTQ) sera proposée au cours de l'année 1999.

Un programme d'essais comportant des mesures comparatives de la teneur en eau (ω) avec le four à micro-ondes et à l'étuve a été réalisé. Cinq types de matériaux ont été soumis aux essais, soit quatre types de MR et un matériau ordinaire, le MG20. Les échantillons servant aux essais ont été prélevés sur des planches de référence compactées, en moyenne, à 98 % de la masse volumique maximale (γ), à la teneur en eau optimale (ω_{opt}) de chaque matériau. Les valeurs γ et ω_{opt} ont été déterminées au préalable par un essai Proctor modifié. La figure 4 montre les résultats pour tous les matériaux.

Pour l'ensemble des résultats, le coefficient de corrélation (R^2) entre la mesure de ω à l'étuve et au four à micro-ondes est de 98 %.

La teneur en eau moyenne de l'ensemble des résultats a été de 5,1 % pour les essais à l'étuve et de 5,3 % pour les résultats obtenus avec le four à micro-ondes. Ainsi, on estime que ω mesurée avec le four à micro-ondes est surestimée, en moyenne, de 0,2 % par rapport à la méthode classique. Notons cependant que les écarts ne sont pas les mêmes pour tous les matériaux (voir tableau 6).

Les écarts mesurés avec les matériaux MG-20, MR-4, MR-6 et MR-5 sont semblables. Par contre, les écarts moyens, minimum et maximum sont plus élevés pour le MR-3. Notons que le MR-3 est le seul matériau étudié contenant une forte proportion de béton de ciment (environ 80 %). Comme il a une ω élevée, d'environ 10 %, les essais au four à micro-ondes ont nécessité entre six et sept périodes de séchage de cinq minutes, comparativement à quatre (en moyenne) pour les autres matériaux. L'absorption élevée des particules de béton de ciment explique en grande partie la ω optimale élevée (Proctor modifié) et le plus grand écart par rapport à ω mesurée à l'étuve.

Tableau 6 : Comparaison des écarts de ω étuve - four à micro-ondes

Matériau	Écart (%)		
	Moyen	Minimum	Maximum
MG-20	-0,1	-0,3	0,4
MR-4	-0,2	-0,6	0,1
MR-6	0	-0,5	0,3
MR-3	-0,5	-1,4	0,6
MR-5	-0,3	-0,6	0,5

Figure 3 : Teneur en eau four à micro-ondes vs étuve

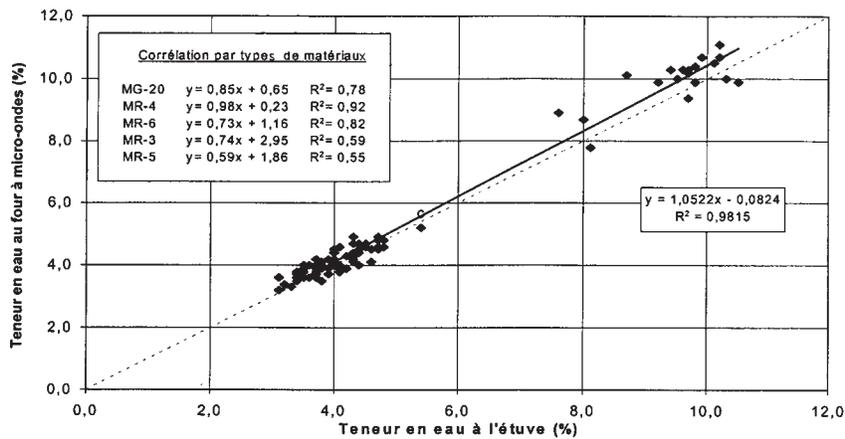
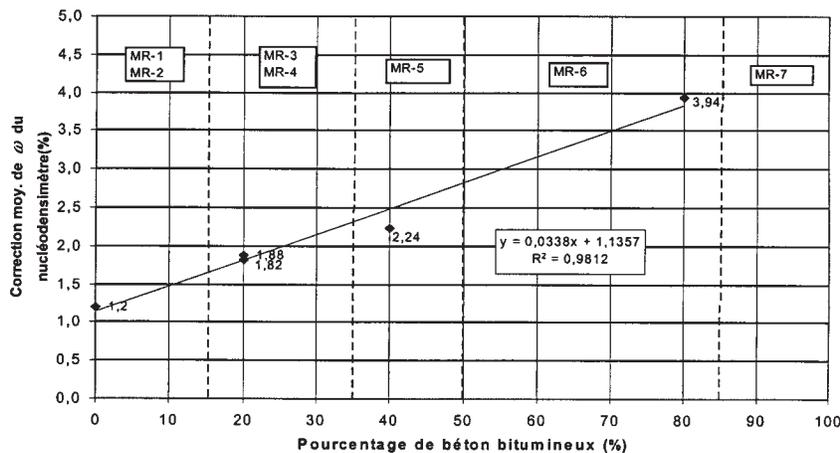


Figure 4 : Correction moyenne de ω en fonction du contenu en granulats bitumineux



L'ensemble des résultats de cette étude a permis de démontrer que l'utilisation du four à micro-ondes permet d'obtenir rapidement (30 à 40 minutes/essai) une mesure de ω dont la précision est comparable à celle obtenue à l'étuve, et suffisante pour les contrôles sur le chantier. L'expérience pratique acquise avec le four à

micro-ondes laisse entrevoir que son utilisation systématique sur le chantier est possible, pour établir les valeurs comparatives (valeur D, équation 1) nécessaires à l'établissement d'un facteur de correction K.

Comme le montre la figure 4, la correction moyenne de ω (%), calculée sur la base des

résultats au four à micro-ondes et à l'étuve (moyenne de cinq échantillons), augmente avec le contenu en béton bitumineux (en masse) du MR. L'ensemble des résultats indique que la correction moyenne de ω à effectuer varie considérablement selon le type de MR utilisé. Par conséquent, il est recommandé, pour les contrôles, d'établir un facteur de K pour chaque MR utilisé. Ce facteur K est lié à la correction moyenne de ω à effectuer. Les résultats de la figure 4 doivent être utilisés avec discernement, puisqu'ils portent uniquement sur les matériaux à l'étude.

Le facteur K doit idéalement être évalué à partir d'échantillons prélevés lors de la réalisation d'une planche de référence. Cette dernière doit être effectuée selon l'article 13.3.2.3 du C.C.D.G. (1997), à la teneur en eau optimale des MR, déterminée par un essai Proctor. L'utilisation de l'étuve ou du four à micro-ondes lors de cet essai entraîne des temps d'attente (quelques heures) souvent difficiles à gérer sur un chantier. Il est donc préférable de réaliser la planche de référence hors chantier.

Chantiers 1998

Au cours de l'été 1998, une utilisation importante des MR a été notée dans le cadre de travaux de réfection ou de reconstruction de tronçons routiers. À titre d'exemples, trois chantiers sont présentés au tableau 7. Les MR ont tous été élaborés à partir de matériaux de chaussées. Les méthodes de fabrication ont été variées (sur place et en laboratoire) et ont permis la fabrication de MR conformes aux exigences sur les matériaux (tableaux 3 et 4) selon les usages visés.

Cette façon de faire nécessitait une organisation particulière du chantier, mais elle s'est traduite par des économies substantielles en ce qui a trait aux quantités de « nouveaux » matériaux (tableau 7). L'élaboration d'un MR-5 sur la route 169, à partir des matériaux en place, a permis la reconstruction partielle de la chaussée, tout en générant des économies de l'ordre de 19 %

Tableau 7 : Exemples de chantiers 1998

Endroit	Type de MR	Usage	Quantité de MR (tonnes)	Proportion des constituants (%) b.c./b.b./g.r.	Méthode de fabrication
Autoroute 20 Baie d'Urfé	MR-3	Sous-fondation	≈ 25 000	29/35/29	Planage, mise en réserve, malaxage
Autoroute 40, Anjou	MR-1	Sous-fondation	≈ 60 000	80/15/5	Excavation, concassage
Route 169, Saint-Méthode (Lac Saint-Jean)	MR-5	Accotements et épaulements de chaussées	≈ 30 000	0/50/50	Planage et décohéssionnement, malaxage en place

par rapport à l'intervention de rechargement granulaire + revêtement initialement prévue sur ce tronçon.

Les chantiers 1998 ont mis en évidence les exigences liées à l'élaboration des MR. Les principaux points sont : l'adaptation du chantier aux particularités du site (type de MR et travaux sans interruption du trafic), l'existence d'une aire de travail adéquate à proximité du site, l'évaluation des délais et coûts liés aux essais complémentaires et environnementaux, la mise au point des méthodes de contrôle.

Conclusion

Chaque année au Québec, des centaines de milliers de tonnes de matériaux contenant des résidus de béton de ciment et d'enrobés sont générées lors de travaux de construction et de démolition. Les résultats des essais effectués sur ces résidus indiquent qu'ils sont peu susceptibles d'émettre des contaminants dans l'environnement. Le dernier Plan d'action sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008 du MEF prévoit, entre autres, que ces résidus ne soient pas touchés par le Règlement sur les déchets solides, afin d'en favoriser le recyclage pour divers types de travaux.

Les travaux du comité sur les matériaux recyclés du MTQ s'intègrent dans cette démarche, en proposant des critères techniques pour encadrer la réutilisation des MR dans les chaussées. Ces critères portent sur les caractéristiques intrinsèques, de fabrication et complémentaires des granulats et sur les exigences environnementales

à respecter. Les critères, de même que les essais de caractérisation recommandés, sont adaptés au type de matériau, à sa provenance de même qu'à l'utilisation prévue. Des tableaux de synthèse présentent les diverses applications des MR dans les chaussées ainsi que la fréquence des essais.

Le contrôle des MR sur le chantier à l'aide d'un nucléodensimètre nécessite certains ajustements de l'appareil (facteur de correction K). Une procédure d'essai de la mesure de la teneur en eau au four à micro-ondes a été développée dans le but de faciliter la détermination du facteur K sur le chantier.

L'intégration des MR aux pratiques courantes du MTQ est prévue pour les prochaines années. L'élaboration d'un guide technique et de normes est en cours.

Références :

- Savard, Y. et Rioux, N. (1993), *Recyclage des matériaux dans le domaine routier*. 28^e Congrès annuel de l'AQTR, Tome 1, p.136.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune, Recyc-Québec, Collecte sélective Québec; 1998, Bilan 1996 - « Gestion des résidus solides ».
- Règlement sur les déchets solides (R.R.Q., 1981, c. Q-2, r.3.2).
- Loi refondue du Québec, Lois sur la qualité de l'environnement Q-2. R.14.
- Note d'instruction n° 93-14, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, « Remblayage - Béton, béton bitumineux, ciment, matériaux cuits et pierres taillées », modifiée : 97-05-12.
- Politique de gestion intégrée des déchets solides, ministère de l'Environnement du Québec, 1989.
- Plan d'action québécois sur la gestion des matières résiduelles 1998-2008, ministère de l'Environnement et de la Faune, 1998.

- Politique sur l'environnement du ministère des Transports du Québec, 1992.
- Mémoire du ministère des Transports du Québec sur la gestion des matières résiduelles dans le cadre de la deuxième partie des audiences publiques du BAPE - octobre 1996.
- Bruno Marquis et al., (1998), *État d'avancement de l'étude sur l'utilisation des matériaux recyclés dans les chaussées*. Congrès annuel AQTR 1998, tome 1, p. 533-553.
- Ministry of Transportation, Ontario, Laboratory Testing Manual, " Method of Test for Freezing-and-Thawing of Coarse Aggregate ", LS-614, 96-05-01, rev. No. 16.
- Bergeron, G. et Martineau, B. (1995), *Réutilisation des résidus de béton bitumineux*, Étude du comportement mécanique et hydraulique de matériaux granulaires contenant des granulats bitumineux (g.b.), 30^e Congrès AQTR, Hull, tome 1, p. 173.
- Senior, S.A. (1992), *New Development in Specification for Road Base Materials in Ontario*. 45^e Conférence canadienne de géotechnique, Toronto, Canada.
- Worona, V. et Gunderman, W. (1964), *Field Evaluation of Nuclear Gages Used in Compaction Control of Embankments*, Highway Research Record, (66), p. 34-50.
- Ishai, I. et Livneh, M. (1983). *Comparative Accuracy of In-situ Nuclear Density Testing*. Geotechnical Engineering, V. 14, p. 1-21.
- Mamlouk, M. S. (1988), *Nuclear Density Testing of Granular Materials: State of the Art*. Arizona Department of Transportation, Tempe, 62 p.
- Robitaille, Y. (1996), *Guide de l'utilisateur - Troxler 3417-B*. Service de l'assurance de la qualité, Québec, 49 p.
- Côté, A., Robitaille, Y., Pearson, J. et Higgins, J.P. (1994), *Guide d'utilisation des nucléodensimètres*. Service de l'assurance de la qualité, MTQ, Québec.
- Troxler Electronic Laboratories (1996), *3400-B Series Instrumentation Manual - Surface Moisture-Density Gauges*. (Édition 15.1).
- Bulletin d'information technique, INFO DLC, « Matériaux recyclés dans les chaussées », vol. 3, no 3, mars 1998.
- Gouvernement du Québec (1996), *Guides et manuels techniques, Retraitement en place des chaussées*. ISBN 2-550-31030-6.

DESCRIPTION DE LA BASE GÉOGRAPHIQUE ROUTIÈRE RÉALISÉE DANS LE CADRE DU PLAN DE TRANSPORT DE L'AGGLOMÉRATION DE QUÉBEC

Par Paul Bergeron, Direction de Québec et de l'Est

Introduction

Dans le cadre de l'élaboration du Plan de transport de l'agglomération de Québec, la Direction de Québec et de l'Est du ministère des Transports s'est dotée d'une base géographique routière (BGR) aussi appelée géobase. Cette BGR a été initialement conçue et réalisée par le Centre de recherche en aménagement et développement (CRAD) de l'Université Laval en 1995. Depuis, elle fait l'objet d'améliorations continues de la part du personnel du Ministère, et en particulier de la Direction de Québec et de l'Est. Les droits d'utilisation ne permettent, pour l'instant, qu'un usage limité, réservé au Ministère.

Ce texte explique sommairement ce qu'est un système d'information géographique, les étapes franchies pour constituer la BGR donne un exemple d'utilisation de celle-ci ainsi que quelques éléments de perspective.

Système d'Information Géographique (SIG)

Avant d'exposer les étapes qui ont mené à la réalisation de la BGR, il importe d'expliquer ce qu'est un système d'information géographique (SIG). De nombreux auteurs¹ proposent une définition du SIG. Certains utilisent le sigle SIG pour désigner le logiciel du système (ArcInfo, ArcView, MapInfo, etc.), ou encore, plus globalement, toutes ses composantes (données, traitement, logiciel, etc.). Pour éviter toute ambiguïté, nous utiliserons le sigle SIG pour désigner l'ensemble des composantes et l'expression «logiciel de SIG» pour désigner le logiciel même. L'expression «Système d'Information à Référence

Spatiale» (SIRS) est parfois aussi utilisée pour désigner les SIG.

La meilleure façon de décrire un SIG est d'énumérer les possibilités de son logiciel. Ces possibilités ou fonctionnalités qu'offrent les logiciels de SIG peuvent être groupées en quatre grandes catégories : l'accès, la visualisation, l'analyse et la présentation des données à références spatiales. Celles-ci sont particulièrement appréciées du personnel chargé de réaliser les études relatives à la planification des transports. La puissance d'un logiciel de SIG se révèle particulièrement lorsque l'utilisateur intègre plusieurs données de sources diverses. C'est d'ailleurs cette capacité d'intégration qui rend leur utilisation si populaire, malgré la relative nouveauté des SIG. Le grand nombre de sources de données en planification des transports justifie presque à lui seul la création de SIG.

Principales étapes de réalisation

Détermination du besoin

La première étape, qui semble aller de soi mais qui ne doit pas pour autant être escamotée, consiste à bien définir le besoin. Il a été clairement établi que l'objectif principal consistait à «constituer une base géomatique pour réaliser

des études en transport dans la région urbaine de Québec»². Il était aussi convenu que la base devait être exploitable avec le logiciel de SIG MapInfo. Une des faiblesses du logiciel (absence d'une topologie³ explicite) a été compensée par la création d'un module de structuration topologique.⁴

Réalisation d'une première version de la base géographique routière

Cette étude a fait l'objet d'un rapport⁵ qu'on peut trouver au Centre de documentation du Ministère. Nous invitons le lecteur intéressé à en savoir plus à se procurer ce rapport, dont le détail de la référence bibliographique figure en annexe. C'est Mme Suzanne Hénault, du ministère des Transports, qui coordonnait la réalisation de ce projet.

Adaptation de la base aux besoins particuliers du Ministère

Les améliorations réalisées par la suite à l'interne ont surtout consisté à structurer les données propres au Ministère et à compléter les données issues de l'étape précédente. C'est à cette étape que le système de référence linéaire du Ministère a été ajouté à la BGR. De plus, un historique partiel des routes sous la responsabilité du Ministère a aussi été produit. Ce dernier ajout s'est avéré particulièrement utile pour des représentations de

1 Thériault, 1995, Notes de cours, p. 6

2 <http://199.84.128.169/repert/org289.html>

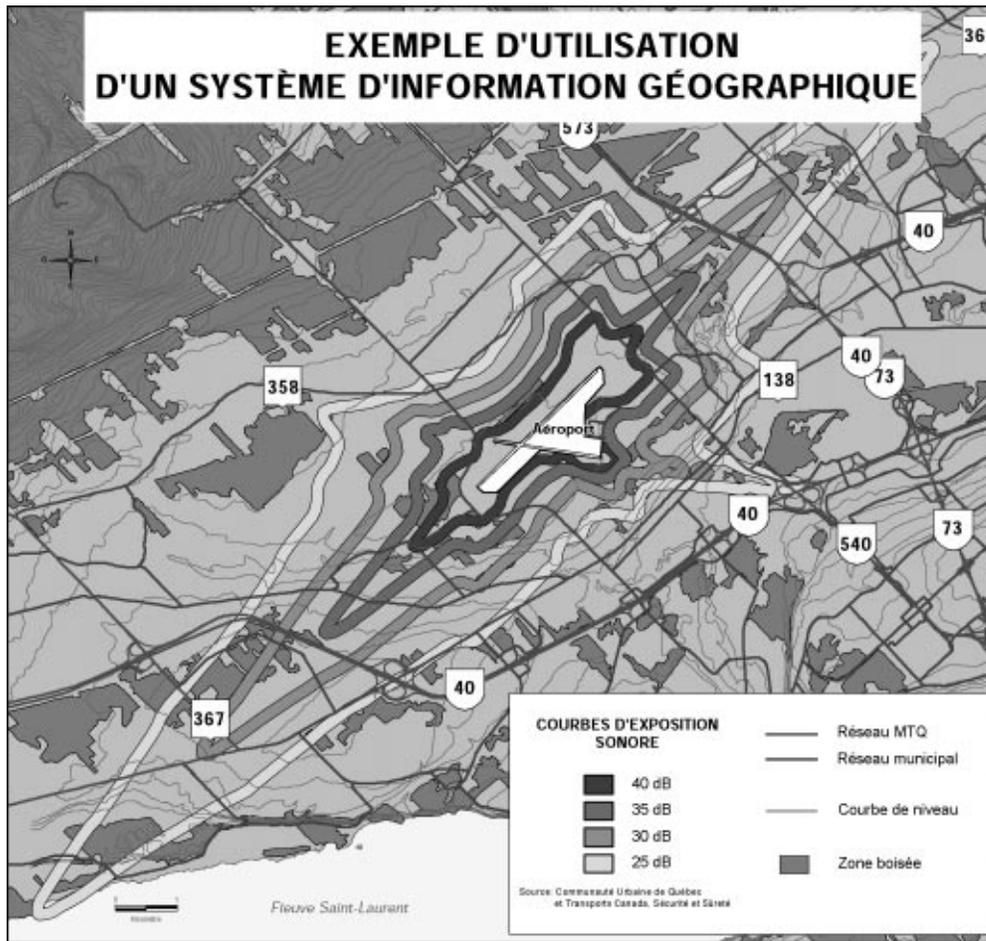
<http://199.84.128.169/repert/pr289.html#46>

3 Selon Thériault, 1995, Notes de cours, p. 55, la topologie «permet de maintenir la cohérence et la consistance de la base cartographique en établissant l'unicité des chaînes et des nœuds utilisés pour définir les entités spatiales».

4 Thériault, Marius, Lemieux, Pierre et Villeneuve, Paul, Module de structuration ...

5 Thériault, 1995, Plan de transport...

Figure 1



données historiques, qui font souvent référence à des segments de route modifiés depuis la parution du recueil des données.

Description sommaire

La base géographique routière inclut de nombreuses informations. Les éléments principaux sont les suivants : réseau routier, réseau hydrographique principal, réseau ferroviaire, entités territoriales et administratives.

Les routes ont été subdivisées selon des besoins pratiques :

routes de responsabilité provinciale : sections principales et sous-routes non principales, presque exclusivement des bretelles d'autoroute.

routes de responsabilité municipale : boulevards et artères majeurs et rues de moindre importance.

Beaucoup de ressources ont été consenties afin de regrouper toutes les données relatives aux routes. C'est particulièrement le cas pour les routes de responsabilité provinciale où le système de référence linéaire (route-tronçon-section-sous-route-chaînage) a servi de base de structuration des entités géométriques routières. Les données relatives aux routes incluaient la plupart du temps le nom de celles-ci. Ces données sont utilisables à des fins de repérage, ce qui est très pratique.

Un programme appelé Géo_Rts écrit en MapBasic, le langage de programmation associé à MapInfo, qui permet de faire le lien géographique entre certaines bases de données du

Ministère et la base géographique routière a aussi été conçu. La première version a été réalisée par M. Pierre Lemieux, de l'Université Laval. Les versions suivantes, plus robustes et offrant une plus grande souplesse paramétrique, ont été réalisées par M. Pierre Blanc, du Soutien à la clientèle de la Direction des technologies de l'information du ministère des Transports. Ce programme présente un grand intérêt pour le Ministère, il lui permet de tirer profit des informations disponibles, qui sont très nombreuses et qui ont exigées beaucoup de ressources par le passé. Ce programme est maintenant utilisé par plusieurs unités administratives, dans tout le Ministère, en combinaison avec des bases géographiques routières structurées de façon judicieuse. Nous ne donnerons pas les détails de la structuration des données, ces explications techniques dépassent

sant le cadre du présent article. Il est toutefois possible de généraliser l'utilisation d'une telle méthode à la gestion des réseaux de type linéaire.

Les entités territoriales et administratives couvrent les domaines suivants : municipalités, centres de service, qui sont des subdivisions territoriales propres au MTQ, municipalités régionales de comté, circonscriptions électorales provinciales, entités utilisées par Statistique Canada (secteurs de dénombrement, secteurs de recensement, région métropolitaine de recensement).

D'autres informations seront ajoutées plus tard ou sont en train de l'être : hydrographie détaillée, courbes hypsométriques (courbes de niveau) provenant des feuillets 1 : 20 000 du ministère des Ressources naturelles (MRN).

Exploitation

De nombreux exemples d'utilisation pourraient être cités ici. Nous n'en mentionnerons que quelques-uns : estimation de la longueur du réseau routier de responsabilité municipale (non prévu initialement) par des requêtes spatiales dans le logiciel de SIG, détermination des courbes isophones (effet sonore) le long des autoroutes de la Communauté urbaine de Québec (CUQ) par un programme faisant appel aux données sur les limites de vitesse et les débits de circulation, proposition d'une hiérarchisation du réseau routier de camionnage urbain, différents scénarios d'intervention dans le cadre du Plan de transport de l'agglomération de Québec.

Une image vaut mille mots !

Plusieurs utilisations de la base géographique routière avec le logiciel MapInfo ont permis de présenter des informations à références spatiales. La figure 1 montre, à partir d'un exemple d'utilisation, les diverses sources de données de la base. Il s'agit d'un « collage » de multiples sources de données brutes ou traitées : les

courbes isophones de l'Aéroport international Jean-Lesage (fournies par Transports Canada et la CUQ), les boisés de la CUQ, les routes et autres éléments topographiques, dont les courbes de niveau (produits numériques achetés au MRN et complétés par le personnel du MTQ). Cet exemple permet d'apprécier les capacités d'intégration d'un tel système.

Perspectives

Sous peu, la base géographique routière de la Direction de Québec sera intégrée à la base géographique routière « multi-échelle » du Ministère. Cela permettra d'uniformiser la structure des données et favorisera la diffusion d'une information standardisée. Il est prévu d'enrichir celle-ci des feuillets au 1 : 20 000 du MRN pour tous les secteurs ruraux où le Ministère entretient des routes dans le territoire qui relève de la Direction de Québec, principalement dans Charlevoix. Les feuillets en question sont acquis, on prévoit les structurer et les intégrer d'ici un an ou deux, selon la disponibilité des ressources.

La géomatique est un domaine en pleine croissance, comme plusieurs champs d'application de l'informatique. Ces domaines, en fait, n'en sont encore qu'à leurs balbutiements. Il n'y a pas très longtemps, la géomatique était réservée aux spécialistes. On peut présumer qu'une fois qu'elle aura atteint un certain niveau de maturité, les professionnels de la planification disposeront d'outils encore plus performants pour réaliser des études d'une précision impensable jusque-là. Les progrès de l'informatique en général sont tels qu'il est difficile de déterminer à quelle vitesse ce domaine particulier évoluera.

Conclusion

La réalisation d'une base géographique, quelle que soit sa nature, nécessite des ressources importantes. On doit considérer ces investissements comme une charge fixe de travail au départ. Les possibilités offertes sur les

plans de l'accès, de la visualisation, de l'analyse et de la présentation par une telle base sont considérables et doivent être évaluées à moyen et long terme. L'intégration d'informations provenant de multiples sources constitue un avantage déterminant de ce type de systèmes. Lorsque les données de la base géographique sont couplées avec des logiciels efficaces, s'il est adéquatement formé, le personnel affecté à la gestion des stocks et à la planification y gagne en efficacité.

L'utilisation d'une interface cartographique pour la gestion des stocks permet d'assurer une meilleure qualité des données gérées. Les données, une fois localisées, se vérifient aisément grâce à leur contexte géographique immédiat. Les retombées positives dépassent largement le cadre de la préparation du Plan de transport. C'est un domaine où la technologie récente permet une amélioration significative de la performance.

Références bibliographiques

Thériault, Marius, *Systèmes d'information géographique, concepts fondamentaux, Notes de cours*, Département de géographie, Université Laval, Sainte-Foy, janvier 1995, 165 p.

Thériault, Marius et al., *Plan de transport de la région de Québec : méthodologie de production de la base géographique : réseau routier, réseau ferroviaire, réseau hydrographique, délimitation des aires statistiques*, Centre de recherches en aménagement et développement, Université Laval, Sainte-Foy, 1995, 25 p.

Thériault, Marius, Lemieux, Pierre et Villeneuve, Paul, *Module de structuration topologique conçu pour MapInfo version 3.0*, Centre de recherches en aménagement et développement, Université Laval, Sainte-Foy, septembre 1995, 25 p.

Le multimodal

LES CONDITIONS FAVORABLES À L'INTERMODALITÉ RAIL-ROUTE

par Michèle Giasson et Jacques Ruel, Direction de la mobilité en transport

Introduction

Le ministère des Transports du Québec s'est doté ces dernières années de grandes orientations assorties d'objectifs bien précis afin d'accomplir sa mission, qui consiste à assurer d'une façon efficace, sécuritaire et économique, la mobilité des personnes et la circulation des biens et des marchandises dans les différentes régions du Québec. Un de ces objectifs est d'accroître ou de faciliter l'intermodalité et l'intégration des systèmes de transport des personnes et des marchandises.

Il existe plusieurs systèmes de transport intermodal rail-route : les systèmes classiques et les nouvelles technologies intermodales rail-route qui ont été développées au cours des dernières années. Pour favoriser une meilleure intégration des transports routier et ferroviaire, plusieurs conditions doivent être réunies. Cet article présente différents systèmes de transport intermodal rail-route exploités en Amérique du Nord et les principales conditions favorables à leur implantation et à leur bon fonctionnement.

Technologies intermodales rail-route

Wagons porte-conteneurs, wagons porte-conteneurs à deux niveaux ou à conteneurs gerbés (*double stack*) et semi-remorques sur wagons plats (*piggyback*)

Les systèmes classiques de transport intermodal rail-route sont composés de wagons porte-conteneurs, de wagons porte-conteneurs à deux niveaux ou à conteneurs gerbés (*double stack*), tels que représentés à la figure 1, ou de semi-remorques sur wagons plats (*piggyback*). Ces systèmes consistent à installer les conteneurs ou les semi-remorques à l'aide d'une grue intermodale.

Depuis plusieurs années, les trains transportent des semi-remorques renforcées et des conteneurs en acier pouvant être transférés à la fois sur des véhicules routiers et des navires. Les semi-remorques et les conteneurs sont suffisamment robustes pour être soulevés par des grues. Les semi-remorques renforcées sont plus coûteuses et lourdes et peuvent être abîmées quand on les soulève, ce qui engendre des coûts de réparation non négligeables.

RoadRailer - Canadien National

MOQ Rail inc., une filiale du Canadien National (CN) faisait appel, en 1994, sur une base expérimentale, à une nouvelle conception du transport intermodal rail-route. Il s'agissait de monter sur des bogies des semi-remorques routières spécialement renforcées et de les tracter à l'aide d'unités motrices intercalées dans le convoi à partir d'un poste de commande situé à l'avant (voir la figure 2). Ce système a été utilisé au Québec par MOQ Rail inc. sur une distance de 350 kilomètres entre Saint-Félicien et Donnacona, entre mars et août 1994, pour le

transport de 12 000 tonnes de copeaux de bois. Les résultats d'une étude réalisée en 1994 par MOQ Rail inc. et Consultants Canarail Canada inc. ont démontré que seul l'axe Toronto-Montréal offre assez de volume (masse critique de marchandises) pour rentabiliser ce système. De plus, il était nécessaire d'utiliser des trains d'au moins 24 à 49 semi-remorques, selon la longueur des parcours. Les frais de transbordement représentaient également un obstacle important à la compétitivité d'un service tel celui qui était offert par MOQ Rail inc.

En août 1995, le CN a changé le nom de sa filiale MOQ Rail inc. pour ECORAIL inc. et mis sur pied, en service commercial régulier, un système de transport intermodal semblable dans le corridor Drummondville-Toronto. Le système a été mis en service entre Drummondville et Toronto et on espérait atteindre la rentabilité dès 1996. Ce service n'a cependant pas eu le succès espéré, « handicapé » par la technologie utilisée et le fait qu'on a dû, à partir de 1996, utiliser des locomotives diesel courantes.

Figure 1 : Wagons porte-conteneurs à deux niveaux ou à conteneurs gerbés (*double stack*)



Figure 2 : Le système ÉCORAIL (semi-remorques routières spécialement renforcées sur des bogies, tractées à l'aide d'unités motrices intercalées dans le convoi et d'un poste de commande situé à l'avant)



L'exploitation du système à partir de Drummondville plutôt que Montréal obligeait la majorité des semi-remorques à revenir vers la région métropolitaine par la route, en plus d'occasionner des frais d'exploitation supplémentaires sur cette partie du trajet. De juillet 1995 à juin 1998, le service a été offert de Drummondville à Mississauga et à partir de juillet 1998, le terminus a été installé à Montréal (ville Saint-Laurent). En 1997, quelque 1 100 semi-remorques ayant comme point d'origine ou de destination le parc industriel de Drummondville auraient été transportées par le service intermodal rail-route offert par ECORAIL inc. entre Montréal (ville Saint-Laurent) et Toronto. ECORAIL inc. transporte actuellement, en 1999, entre Montréal et Toronto une vingtaine de semi-remorques par jour dans chaque direction. Le service est offert quotidiennement du lundi au vendredi, le départ de chacun des terminus s'effectuant en fin de journée, à 21 h 00.

Le CN s'apprête à modifier son service ECORAIL entre Montréal et Toronto par l'acquisition d'une technologie du système RoadRailer. Selon un communiqué du CN¹ émis le 26 mai 1999, le

RoadRailer remplacera la technologie intermodale actuellement en service dans le corridor Montréal-Toronto. Les trains RoadRailer que le CN va mettre en circulation, en août 1999, entre Toronto et Montréal compteront 60 éléments dans les deux sens. Ils partiront à 21 h 00 et arriveront le lendemain matin à 5 h 00. Leur longueur augmentera progressivement avec la demande. L'achat porte sur 200 semi-remorques RoadRailer Mark V et 130 bogies spéciaux pour la mise en place, en août 1999, d'une desserte journalière Toronto-Montréal, entre les terminaux qui lui sont affectés dans les deux villes.

Le RoadRailer est une technologie de transport très moderne, qui allie la souplesse du transport routier à l'efficacité du transport par rail. Les semi-remorques très spéciales de ce mode de transport hybride sont légères et tout aussi aptes à se mettre en place au quai de chargement sur leurs roues à pneus qu'à former de longs convois remarquables sur rails par une locomotive. La technologie RoadRailer est prévue pour la formation de convois comptant jusqu'à 125 éléments, ce qui donne aux clients la possibilité d'expédier de gros volumes quotidiennement. Le passage

des semi-remorques RoadRailer de la route au rail s'effectue sans levage, grâce à des tracteurs routiers.

Le système RoadRailer Mark V comprend trois éléments :

- une semi-remorque spéciale de grande résistance, offrant un grand volume et une grande capacité de charge. Cette semi-remorque comporte des attelages spéciaux qui permettent sa mise en convoi ferroviaire;
- un bogie apte aux hautes vitesses, comportant un berceau sur lequel la semi-remorque repose quand elle roule sur les rails. Une suspension par ressorts en acier et en caoutchouc assure la douceur du roulement, même à des vitesses dépassant 160 kilomètres à l'heure;
- un bogie d'extrémité qui permet l'attelage de la rame de semi-remorques RoadRailer derrière une locomotive ou des wagons classiques.

Le RoadRailer, une technologie développée par Wabash National Corporation, de Lafayette dans l'Indiana, est un système de transport intermodal qui consiste à faire rouler sur les rails des semi-remorques attachées sur des roues de train (dans la nouvelle version, le bogie d'attelage est détachable de la semi-remorque) et reliées à une locomotive classique pouvant tracter jusqu'à 125 semi-remorques.

Grâce au design du RoadRailer, il n'est pas nécessaire d'utiliser une grue intermodale pour assembler un train. La figure 3 montre le système RoadRailer, qui est constitué d'une semi-remorque avec un essieu tridèm et une suspension à air qui soulève ou rabaisse les essieux de la semi-remorque (système Mark V). Les semi-remorques sont ensuite accouplées les unes aux autres à l'aide d'un mécanisme spécial. Le RoadRailer utilise une semi-remorque adaptée

¹ HAMELIN, Jean-Daniel, Communiqué du CN, Le Canadien National passe à la technique rail-route RoadRailer pour augmenter sa pénétration des marchés de transport sur courte distance, [<http://www.cn.ca/cn/news/press>], Montréal, (26 mai 1999).

pour rouler sur les rails et les routes. Ce système n'est pas une version modifiée de la semi-remorque standard, mais un véhicule conçu et construit spécialement pour le service intermodal.

Le RoadRailer est en service depuis plusieurs années aux États-Unis. Depuis 1991, la technologie RoadRailer est exploitée, entre autres, par le service Triple Crown, propriété du Norfolk Southern. Le réseau Triple Crown est vaste, étant composé de 13 terminaux. Le service Triple Crown est exploité présentement entre Toronto et Détroit, atteignant Jacksonville dans le Sud-Est américain et Dallas dans le Midwest américain.

Autoroute ferrée (Iron Highway) - Chemin de fer Saint-Laurent et Hudson

Le système de transport intermodal rail-route autoroute ferrée ou Iron Highway est composé d'une plate-forme continue de 366 mètres, représentée à la figure 4. Cette nouvelle technologie fait appel à des rames de plates-formes continues, qui peuvent transporter 20 semi-remorques routières classiques pleine grandeur sans qu'il soit nécessaire de les modifier ou de les renforcer. Un train de l'autoroute ferrée peut comprendre jusqu'à cinq plates-formes.

Le système d'arrimage au terminal a été conçu pour que les semi-remorques n'aient pas à être renforcées. Ni grue intermodale ni bogie d'attelage n'est nécessaire avec cette nouvelle technologie. Celle-ci peut aussi être adaptée aux semi-remorques de toutes les longueurs. Ce nouveau système intermodal allie la simplicité et le progrès technologique. Le Iron Highway permet d'offrir un service intermodal d'une grande souplesse sur les marchés de transport de courte distance, soit de 500 à 1 000 kilomètres.

L'opération de chargement et de déchargement s'effectue en quelques minutes. Un petit

Figure 3 : Le système RoadRailer Mark V



tracteur, représenté à la figure 5, monte la semi-remorque en reculant sur une rampe d'accès située au milieu de la plate-forme. Arrimée solidement grâce à un mécanisme intégré dans la plate-forme, la semi-remorque ne bougera plus jusqu'à sa destination. L'élément a été conçu pour procurer une douceur de roulement et éliminer les entrecrocs. Les trains Iron Highway peuvent être chargés et déchargés à n'importe quel endroit où on peut déployer leurs rampes détachables. Les transporteurs routiers réservent leur place par téléphone ou Internet, et peuvent se présenter jusqu'à une heure avant le départ. Le personnel, qui est muni d'ordinateurs portatifs, règle les formalités sur place sans que le conducteur ait à descendre de son véhicule lourd.

L'origine de l'autoroute ferrée est américaine, mais son développement est canadien. Le système Iron Highway est exploité présentement par la filiale ferroviaire Chemin de fer Saint-Laurent et Hudson (StL&H) du Chemin de fer Canadien Pacifique (CFCP). Le StL&H a entrepris, en novembre 1996, des essais (projet pilote) en service commercial dans le corridor Montréal-Toronto. Selon un communiqué du CFCP² émis le 27 mai 1999, le CFCP exploitera en service commercial complet son nouveau système de transport intermodal de marchandises sur courtes dis-

tances, qu'il testait depuis deux ans dans le corridor Montréal-Toronto. La conjugaison d'un nouveau matériel ferroviaire et de trois nouveaux terminaux permettra une mise en exploitation commerciale complète entre Montréal et Toronto et d'ici la fin de l'année 1999, le prolongement du service jusqu'à Détroit, porte d'entrée des États industrialisés du Midwest américain.

Le concept d'un service haute technologie sur l'autoroute ferrée a fait ses preuves durant la période du projet pilote, et le CFCP est très enthousiaste quant aux possibilités futures de développement, notamment une desserte à destination de Chicago ainsi que du nord-est des États-Unis. Selon le CFCP, celui-ci est le premier à offrir aux entreprises de camionnage une solution moderne au problème de la congestion routière, qui n'exige pas de modifier les semi-remorques ni de recourir à des terminaux intermodaux complexes et hautement spécialisés. Les autres chemins de fer doivent livrer une concurrence directe à l'industrie du camionnage, forçant ainsi les clients à utiliser des semi-remorques lourdes et spécialisées appartenant aux chemins de fer.

L'engagement du CFCP en faveur de ce concept innovateur intervient à la suite d'une

2 NEPVEU, Denyse, Communiqué du CFCP, Investissement de 48 M\$ par le CFCP dans un partenariat Expressway avec les camionneurs, Chemin de fer Saint-Laurent et Hudson, Montréal, 27 mai 1999.

Figure 4 : Plate-forme continue de l'autoroute ferrée (Iron Highway)



fructueuse période d'essais de deux ans en service commercial, réalisée dans le corridor Toronto-Montréal avec le matériel Iron Highway.

Ce service, qui sera appelé L'expressway (Expressway) lorsque le matériel et les terminaux seront opérationnels, favorise le camionnage de quai à quai grâce aux caractéristiques suivantes :

- des dessertes à horaire régulier par trains rapides, qui offrent des durées de transport similaires à celles des camionneurs sur les parcours intervilles;
- des durées de passage au terminal de 15 minutes pour les conducteurs qui laissent ou prennent des semi-remorques;
- la possibilité de transporter les semi-remorques routières telles quelles, c'est-à-dire sans qu'il soit nécessaire de les renforcer à grands frais.

Faisant appel à 240 nouvelles plates-formes construites par National Steel Car, de Hamilton en Ontario, L'expressway disposera bientôt d'un matériel ferroviaire suffisant pour accueillir 60 semi-remorques sur chacun de ses quatre trains spécialement conçus pour ce type de transport. Il s'agit là du triple de la capacité d'emport utilisée dans le cadre des essais. Deux trains de 60 semi-

remorques seront mis en route tous les jours dans chacune des deux directions.

Un nouveau terminal à l'ouest du Toronto métropolitain, à Milton, sera inauguré à l'été 1999. Un autre terminal sera aussi mis en service subséquentement à Montréal, de même qu'un troisième à Détroit à la fin de l'année 1999.

Les terminaux de Toronto et de Montréal remplaceront les installations existantes, tandis que l'ouverture du terminal de Détroit constituera une première expansion du service à l'ouest de Toronto.

Les camionneurs peuvent, par téléphone, télécopieur ou courrier électronique (Internet), réserver des places à bord du ou des trains prévus à l'horaire. L'enregistrement à l'arrivée dans le terminal s'effectue au moyen d'ordinateurs à main, du genre de ceux utilisés dans certains parcs de stationnement de voitures de location dans les aéroports.

Le CFCP a décidé de poursuivre et d'étendre le projet après que les transporteurs routiers qui participaient au projet pilote eurent conclu qu'il s'agissait d'une solution de rechange efficace pour les transports routiers intervilles, dans les corridors où les chemins de fer n'avaient pas su

jusqu'à alors livrer concurrence pour les envois pour lesquels la durée des trajets est importante. Les 24 départs de trains chaque semaine entre Montréal et Toronto affichent un taux moyen de ponctualité de 95 %.

Facteurs favorisant l'intermodalité rail-route

Longueur des trajets

La longueur minimale des trajets doit être de l'ordre de 400 à 800 kilomètres, mais peut varier jusqu'à 2 500 kilomètres. Les déplacements de courte distance varient de 400 à 1 000 kilomètres, tandis que les déplacements de longue distance varient de 1 000 à 2 500 kilomètres. Les avantages de l'intermodalité rail-route augmentent avec la longueur des trajets.

Le facteur le plus important dans la réussite de la combinaison rail-route est le coût réduit du transport par chemin de fer par rapport au camionnage, plus particulièrement pour les trajets de longue distance. Le trajet doit en effet être assez long, pour que les avantages de l'intermodalité rail-route sur le plan des coûts compensent pour les inconvénients.

Un conducteur de véhicule routier ne peut parcourir seul plus de 880 kilomètres par jour pour respecter la réglementation canadienne sur les heures de travail. Au-delà de cette distance, il est nécessaire d'utiliser une équipe de deux conducteurs, qui se relaient au volant. L'écart entre les coûts du transport rail-route et du transport routier augmente alors de façon importante. C'est grâce aux profits qu'elle leur permet ainsi de réaliser que l'intermodalité rail-route peut attirer les transporteurs routiers.

Volume de marchandises

L'intermodalité rail-route doit être utilisée dans des corridors routiers où l'on transporte des volumes importants de marchandises. De plus, il doit y avoir des transporteurs importants, dotés d'une structure d'accueil forte, à chaque

Figure 5 : Petit tracteur avec la semi-remorque sur la plate-forme de l'autoroute ferrée (Iron Highway)



extrémité de ces corridors. Un service régulier, avec plusieurs départs par jour, doit également être offert pendant une période suffisamment longue. Un volume important de marchandises permet d'offrir un service de qualité, avec plusieurs départs par jour.

Ainsi, le StL&H a mis en service, en novembre 1996, une autoroute ferrée (Iron Highway) en offrant, la semaine, deux trains par jour effectuant l'aller-retour entre Montréal et Toronto (projet pilote). La masse critique de marchandises qu'offre le corridor Montréal-Toronto compense, entre autres, pour la distance relativement courte (560 kilomètres) qui sépare Montréal de Toronto.

«Le camionnage représente un volume important de trafic de marchandises sur les routes entre le Québec et l'Ontario. Plus du 2/3 du trafic de camionnage sur l'autoroute 401 aurait comme origine ou destination le Québec. En termes de

tonnage, le trafic entre les deux provinces représentait en 1992 plus de 38 % de tout le tonnage du camionnage pour compte d'autrui au Canada»³.

Une masse critique de marchandises à transporter est essentielle à la viabilité du transport intermodal. De tous les corridors où la combinaison rail-route est utilisée au Canada et aux États-Unis, c'est dans le corridor allant des provinces de l'Ouest vers le Québec qu'on trouve le volume de marchandises le moins élevé (390 000 tonnes par année⁴).

Accès aux marchés concentrés

L'accès aux marchés concentrés des grandes villes constitue un avantage. Les corridors dont les extrémités sont des grandes villes offrent un bon marché potentiel pour le transport intermodal. L'accès à ces corridors constitue donc un atout.

Accès à un réseau étendu

L'intermodalité rail-route peut parfois tirer avantage d'un réseau étendu doté de plusieurs terminaux. Un transporteur ferroviaire qui exploite un tel service peut offrir aux expéditeurs un plus grand choix de destinations et se prémunir, par le fait même, contre d'éventuelles fluctuations économiques et baisses de la demande en transport qui pourraient survenir sur certains corridors ou certaines liaisons.

C'est le choix que semble avoir fait la société Triple Crown Services, une filiale de la Norfolk Southern Corporation, qui exploite la technologie RoadRailer et qui offre un service intermodal rail-route sur un vaste réseau, comportant 13 terminaux et plus de 6 000 kilomètres de voies ferrées s'étendant dans l'Est et une partie du Midwest américain.

«Exploiter un service d'intermodalité rail-route entre deux points seulement peut être voué à un échec puisque l'on se rend captif de la clientèle. Un client perdu et ça peut en être fini du service. Un parc de semi-remorques important est tout aussi capital pour atteindre la rentabilité dans ce genre de transport»⁵.

Il peut être utile que les liaisons inter-chemins de fer pour l'intermodalité rail-route soient suffisamment souples pour ne pas limiter l'accès à certaines destinations. De plus, il est important que les expéditeurs soient renseignés sur les coûts dans des délais raisonnables par les transporteurs ferroviaires, sinon, si les délais sont trop longs, l'expéditeur pourrait choisir plutôt de recourir au camionnage. Il peut également être nécessaire d'avoir accès au réseau des chemins de fer concurrents. De plus, il faut s'assurer d'avoir une clientèle diversifiée et quelques gros expéditeurs réguliers.

Connaissance unique

Les expéditeurs n'aiment pas avoir à composer avec plusieurs transporteurs intermédiaires et préfèrent n'avoir affaire qu'à un seul répondant et à un connaissance unique (notion de chaîne intégrée).

3 HACKSTON, David *et al.* «Service intermodal de surface pour le transport domestique des marchandises dans le corridor Québec-Ontario, sommaire exécutif», Association des chemins de fer du Canada, ministère des Transports du Québec et ministère des Transports de l'Ontario, 12 novembre 1996, p. 5.

4 En incluant les expéditions qui ont été effectuées en partie par train en 1994.

5 KAWA, André et LABONTÉ, Alain. «Compte rendu International Intermodal Expo 91, Visite technique de Triple Crown à Atlanta», ministère des Transports du Québec, Direction du transport maritime, aérien et ferroviaire, Service du transport ferroviaire, septembre 1991, p. 20.

Semi-remorques légères non renforcées

La combinaison rail-route doit offrir la possibilité de transporter des semi-remorques légères non renforcées, pour favoriser une meilleure intégration des transports ferroviaire et routier. Afin d'offrir un service qui réponde mieux aux besoins, de nouvelles technologies ferroviaires doivent être développées. Par exemple, le StL&H a fait appel à une nouvelle technologie, le Iron Highway, qui permet de transporter des semi-remorques routières classiques non renforcées et de toutes les longueurs, dans le corridor Montréal-Toronto.

Rotation adéquate dans les terminaux et utilisation des nouvelles technologies de l'information

L'intermodal rail-route doit offrir une rotation adéquate dans les terminaux et un trajet sans encombres et utiliser les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NITC). Le temps d'attente aux terminaux et les frais de transbordement peuvent sérieusement nuire à la compétitivité d'un service rail-route. C'est pourquoi on devra mettre en place des systèmes d'information électroniques de réservation d'espaces au terminal. Cette nouvelle technologie permet d'enregistrer à l'avance la livraison des semi-remorques au terminal.

Les entreprises de camionnage devraient recourir davantage aux NITC pour réserver des espaces sur le train par Internet. Par exemple, des ordinateurs portables peuvent être utilisés pour prendre note de chaque chargement à l'arrivée, et le conducteur du véhicule lourd peut alors quitter les lieux en moins de 15 minutes (Iron Highway).

Ces nouvelles technologies de l'information et de la communication ont pour avantage d'ac-

Nous avons apprécié la collaboration de Denyse Nepveu, Chemin de fer Saint-Laurent et Hudson, Jean-Daniel Hamelin, Canadien National, Claude Richer, ECORAIL inc., Jean-François Ryan, Rachid T. Raffa, André Kawa et Gilles Beaulieu, Direction de la mobilité en transport et Jean-François Stringer, Direction de la Mauricie-Centre-du-Québec, du Ministère des Transports du Québec.

célérer le service au moment où l'entreprise de camionnage livre les semi-remorques au terminal. Pour favoriser l'intégration des transports routier et ferroviaire, il est important d'effectuer des opérations de pré et de postacheminement aux terminaux.

Flux de marchandises équilibrés

Les flux de marchandises doivent être équilibrés, car les retours à vide diminuent la rentabilité d'un service de transport. Or, il est beaucoup plus difficile pour le train que pour le camion de recourir à la triangulation (déplacements à vide sur de courtes distances afin de trouver une charge pour le voyage de retour qui convient à l'équipement), ce qui explique l'importance de l'équilibre des flux (fret de retour suffisant) dans le transport intermodal.

Conclusion

Pour favoriser l'intégration des transports routier et ferroviaire, plusieurs conditions doivent être réunies, entre autres, des trajets d'une certaine longueur, des volumes importants de marchandises, un accès aux marchés concentrés des grandes villes, l'accès à un réseau étendu, un connaissance unique, la possibilité de transporter des semi-remorques légères non renforcées, une rotation rapide dans les terminaux, l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication ainsi que des flux de marchandises équilibrés.

Le ministère des Transports du Québec a mis sur pied, le 20 avril 1999, un groupe de travail sur l'intégration des transports routier et ferroviaire. Un des buts du groupe de travail est de trouver des moyens pour favoriser l'intégration de ces modes de transport. Le groupe, qui a sept mois pour produire son rapport final, réunit des expéditeurs, des transporteurs et des représentants du milieu syndical.

Références

Chemin de fer Canadien Pacifique, Réseau de l'Est, *Profil du StL&H*, août 1998, 5 p.

Colloque sur le ferroviaire 1999 organisé par la Coalition pour le maintien et l'utilisation accrue du rail, en collaboration avec le ministère des Transports du Québec, *Rapport du troisième colloque*, [<http://www3.sympatico.ca/jvds/cmuar.htm>], 27 avril 1999.

Colloque sur le transport intermodal des marchandises en région, *Actes du colloque* (à paraître), Association québécoise du transport et des routes inc., ministère des Transports du Québec, Direction de la mobilité en transport, Service du transport ferroviaire et routier des marchandises, Service du transport maritime et aérien, 18 février 1999.

Consultants Canarail inc., *Analyse critique des différentes formules de partenariat rail-route susceptibles d'application au Québec*, rapport final, juin 1997, 61 p.

DUHAMEL, Alain. «Dossier spécial, Transport des marchandises», *Les affaires*, 3 avril 1999, p. 35-37.

HAMELIN, Jean-Daniel, Communiqué du CN, *Le Canadien National passe à la technique rail-route RoadRailer pour augmenter sa pénétration des marchés de transport sur courte distance*, [<http://www.cn.ca/cn/news/press>], Montréal, 26 mai 1999.

NEPVEU, Denyse. Communiqué du CFCP, *Investissement de 48 M\$ par le CFCP dans un partenariat Expressway avec les camionneurs*, Chemin de fer Saint-Laurent et Hudson, Montréal, 27 mai 1999.

HACKSTON, David et al. *Service intermodal de surface pour le transport domestique des marchandises dans le corridor Québec-Ontario*, sommaire exécutif, Association des chemins de fer du Canada, ministère des Transports du Québec et ministère des Transports de l'Ontario, 12 novembre 1996, 19 p.

KAWA, André et LABONTÉ, Alain. *Compte rendu International Intermodal Expo 91, Visite technique de Triple Crown à Atlanta*, ministère des Transports du Québec, Direction du transport maritime, aérien et ferroviaire, Service du transport ferroviaire, septembre 1991, p. 20.

MOQ Rail inc., Consultants Canarail Canada inc., *Études et recherches en transports, Système rail-route innoterminal*, octobre 1994, 87 p.

RUEL, Jacques. *Vers un plan de transport pour le Centre-du-Québec, Le transport ferroviaire des personnes et des marchandises dans la région*, rapport final (à paraître), ministère des Transports du Québec, Direction de la mobilité en transport, Service du transport ferroviaire et routier des marchandises, mars 1999, 44 p.

SWIFT, Allan. «Questions d'argent, Un projet de ferroutage jusqu'à Détroit», *Le Soleil*, 16 janvier 1999, p. B 11.

Triple Crown Services, [<http://www.triplecrownsvc.com/>], 13 avril 1999.



Étude d'impact des nouvelles normes de charges et dimensions de 1998 sur le camionnage lourd au Québec

Gervais Corbin et Gilles Gonthier

À la suite de la mise en vigueur, le 26 novembre 1998, du Règlement modifiant le Règlement sur les normes de charges et de dimensions applicables aux véhicules routiers et aux ensembles routiers, la Direction de la sécurité en transport a réalisé une étude sur l'industrie du camionnage lourd au Québec.

L'étude vise à répondre à deux préoccupations majeures : Quels sont les impacts des nouvelles normes de charges et dimensions de 1998 sur l'industrie, sur les infrastructures routières et sur la sécurité routière du camionnage lourd? Ces nouvelles normes permettent-elles au Québec de maintenir sa position concurrentielle sur le marché nord-américain?

Le sommaire des variations de charge proposées indique que 45,8 % du parc de véhicules lourds subit une baisse moyenne de 1665 kg, 19,8 % des véhicules lourds augmentent de charge de 1095 kg en moyenne, la majeure partie de ceux-ci étant des ensembles tracteurs semi-remorques de cinq essieux, et que 34,4 % du parc n'est pas touché par les mesures.

L'analyse comparative des pertes et des gains pour l'industrie indique une perte nette de l'ordre de 6,5 M\$ après sept ans. Le secteur des camions à benne absorbe 60 % des pertes, suivant le scénario d'un statu quo quant au parc de véhicules actuel. Cependant, tout changement d'un véhicule actuel pour un neuf réduira la perte d'au moins 50 %. Sur le plan des gains, le train double de type B accapare 50 % des bénéfices; les autres 50 % sont presque essentiellement distribués à l'intérieur du parc de semi-remorques à deux essieux.

En appliquant la formule de l'équivalent de la charge axiale simple (ECAS), il a été mesuré que la sollicitation des chaussées serait réduite de 2,38 %. Sur la base des frais d'entretien à l'échelle provinciale, on estime, au minimum, que 1,43 M\$ serait épargné annuellement, ce qui représente une économie totale de 7,15 M\$ pour la période de 1999 à 2004. En outre, on estime que les diverses mesures additionnelles de sécurité découlant des nouvelles normes de charges et de dimensions pourraient contribuer à une réduction de l'ordre de 10 % du bilan moyen des victimes des cinq dernières années. Compte tenu de l'atteinte graduelle de l'objectif de réduction de 10 % en cinq ans, les bénéfices en coûts d'indemnisation sont estimés à 13,5 M\$ pour la période de référence de 2000 à 2004.

Évaluation du programme de l'Action concertée de soutien à la recherche en sécurité routière, FCAR-SAAQ-MTQ, deuxième cycle triennal, 1993-1996

Ministère des Transports et Société de l'assurance automobile du Québec

Dans le but de parfaire leurs connaissances en matière de sécurité routière, le ministère des Transports et la Société de l'assurance automobile du Québec ont joint leurs efforts pour créer un programme de recherche en sécurité routière, auquel s'est associé le Fonds pour la formation des chercheurs et l'aide à la recherche (FCAR).

Le programme d'action concertée de soutien à la recherche en sécurité routière a pour objectifs de créer un réseau de chercheurs universitaires en sécurité routière et de faire progresser les connaissances dans ce domaine.

Le rapport d'évaluation du deuxième cycle triennal 1993-1996 présente une brève description du programme, la liste des projets réalisés au cours de cette période ainsi qu'un tableau som-

maire des résultats et retombées. On y mesure également l'apport scientifique des recherches effectuées par les universités de Montréal, Sherbrooke et Laval et on dégage les principaux points d'intérêt dans l'ensemble des rapports, thèses ou articles produits.

Plan de transport de l'Estrie - Mobilité régionale et interrégionale : portrait actuel et perspectives des déplacements

Bernard McCann

Réalisée dans le cadre du Plan de transport de l'Estrie, la présente étude technique a pour objectifs de dégager des indicateurs globaux en vue d'évaluer l'évolution du trafic sur des périodes de 10, 15 et 20 ans. À partir des données recueillies, un portrait général des déplacements interrégionaux et intrarégionaux des véhicules a été dressé, ce qui permettra de tracer les bases d'une projection des débits sur plusieurs années.

L'étude traite, entre autres choses, des tendances observées depuis quelques années et des perspectives d'avenir.

récentes
Parutions

CONGRÈS CONFÉRENCES

Activité	Lieu et date	Organisation	Renseignements
International Conference on Accelerated Pavement Testing	Du 18 au 20 octobre 1999, Reno (NV), États-Unis	Transportation Research Board	Bill Dearasaugh Téléphone : (202) 334-2000 Télécopieur : (202) 334-2003
11th Ibero-American congress on Asphalt	Du 2 au 6 novembre 1999, Séville, Espagne	Asociación Española de la Carretera	Jacques Jenkins Téléphone : 4-1-577-9972 Télécopieur : 34-1-576-9972
World Congress on Intelligent Transport Systems : <i>Smarter, Smoother, Safer, Sooner</i>	Du 8 au 12 novembre 1999, Toronto, Canada	ITS America, ITS Canada et autres	Kip Stacy Prots Téléphone : (202) 484-4542 Télécopieur : (202) 484-3483
Congrès d'automne de l'ACTU et Trans-Expo	Du 13 au 17 novembre 1999, Ottawa, Canada	Association Canadienne du transport urbain	David Onodera Télécopieur : (416) 365-1295 Courriel : transit@cutaactu.on.ca
ATAC 65th Annual General Meeting	Du 14 au 16 novembre 1999, Ottawa, Canada	Air Transport Association of Canada	ATAC Téléphone : (613) 233-7727 Télécopieur : (613) 230-8648
Information Technology for Logistic/Transportation Program	Du 16 au 18 novembre 1999, Evanston (IL), États-Unis	Northwestern University	Barbara Duggan Téléphone : (847) 491-3226 Télécopieur : (847) 491-309
1999; Un savoir faire international - rendez-vous des compétences	Du 22 au 24 novembre 1999, Palais des Congrès, Montréal, Canada	Le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU)	Télécopieur : (514) 848-7031
1999, Les géosynthétiques : jonction, enjeux et perspectives	Du 25 au 26 novembre 1999, Saint-Hyacinthe, Canada	Centre des technologies géosynthétiques (SAGEOS)	Jacek Mlynarek Téléphone : (450) 771-4608 Télécopieur : (450) 778-3901
1999 TRB Annual Meeting	Du 9 au 13 janvier 2000, Washington, États-Unis	Transportation Research Board	Téléphone : (202) 334-2933 Télécopieur : (202) 334-2003

INNOVATION TRANSPORT

Le bulletin scientifique et technologique INNOVATION TRANSPORT s'adresse au personnel du ministère des Transports et à tout partenaire des secteurs public et privé qui s'intéresse à ce domaine.

Il est le reflet des grands secteurs du transport au Québec : le transport des personnes, le transport des marchandises, les infrastructures et l'innovation. Il traite des enjeux importants, présente des projets de recherche en cours de réalisation ou terminés, de même que de l'information corporative.

INNOVATION TRANSPORT entend diffuser les résultats de travaux de spécialistes et d'expérimentations, les comptes rendus des activités de veille et de transfert technologiques, ainsi que des activités réalisées pour garantir le maintien d'une expertise de pointe.

Les textes publiés dans le bulletin INNOVATION TRANSPORT reflètent uniquement le point de vue de leurs auteurs et n'engagent en rien le ministère des Transports.