

DÉVELOPPEMENT AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC D'UN PORTAIL INFORMATIQUE POUR L'ACCÈS À DES BASES DE DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Alexis Fortin

Ministère des Transports du Québec. Québec, Canada, alexis.fortin@mtq.gouv.qc.ca

Daniel Ouellet, Stéphane Paradis, Denis Demers

Ministère des Transports du Québec. Québec, Canada

RÉSUMÉ

Le Service de la géotechnique et de la géologie du ministère des Transports du Québec (MTQ) a développé deux bases de données géotechniques. Une de ces bases de données rassemble des données relatives aux essais géotechniques (in situ et en laboratoire) et l'autre base de données concerne les mouvements de terrain. Un portail informatique de données géotechniques accessible via l'Intranet du Ministère a été développé afin de localiser géographiquement ces informations et de les interroger rapidement.

ABSTRACT

The Service de la géotechnique et de la géologie of the Ministère des Transports du Québec (MTQ) has developed two geotechnical databases. One of these databases relates to geotechnical testing and the other concerns landslides. A geotechnical information portal accessible on the Ministry's Intranet has been developed to help localize data geographically and query the information quickly.

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de ses activités concernant la gestion de son réseau routier, le ministère des Transports du Québec (MTQ) réalise, ou fait réaliser, de nombreuses études géotechniques ayant trait aux fondations et à la capacité portante des sols, aux problèmes de stabilité de remblai, d'excavation, de déblai ou de pente naturelle, à la contamination des sols ou des eaux souterraines, etc. Ces activités, sous la responsabilité du Service de la géotechnique et de la géologie (SGG), requièrent des études détaillées ainsi que différents inventaires et compilations, générant ainsi de très grandes quantités de données géotechniques. En plus des activités propres à ses besoins, le MTQ soutient le ministère de la Sécurité publique du Québec (MSP) dans la gestion des risques de glissements de terrain, notamment en fournissant son expertise lors de situations d'urgence et en procédant à la cartographie des zones à risque (Demers *et al.*, 2008).

Depuis 2003, des efforts soutenus ont été fournis pour centraliser l'information et en faciliter l'accès aux différents utilisateurs. Dans cette optique, deux bases de données ont vu le jour, l'une rassemblant les données de forages et sondages et l'autre les données sur des mouvements de terrain.

La base de données de forages et sondages (BDFS) compte environ 44 000 dossiers datant de 1960 à aujourd'hui. Les informations contenues dans cette base de données concernent des résultats de sondages in situ de nature géotechnique (piézocône, pénétromètre mécanique, scissomètre de chantier et pressiomètre) ou géophysique

(relevés de type sismique-réfraction et résistivité électrique), ainsi que des données de forages avec échantillonnage et de nombreux résultats d'essais en laboratoire. Pour les données plus anciennes, la précision sur la localisation des forages et des sondages est parfois un peu moins bonne que pour la donnée plus récente.

Les informations relatives aux glissements de terrain proviennent principalement de cas traités par le MTQ, dont la plupart ont nécessité des expertises géotechniques détaillées. De nombreux cas proviennent d'anciens dossiers de l'ex-Service de la géotechnique du ministère des Richesses naturelles (connu aujourd'hui sous le nom de ministère des Ressources naturelles et de la Faune). Plusieurs de ces anciens dossiers sont aussi très bien documentés. On y retrouve des informations sur le type de glissement, ses dimensions, les facteurs aggravants ou déclencheurs qui ont favorisé le mouvement, les conséquences sur la vie et les biens des personnes ainsi que des recommandations émises par l'ingénieur qui a produit un rapport d'expertise. La banque de données contient ainsi 2149 cas bien documentés, datant des années 1970 à aujourd'hui. En plus de ceux-ci, différents inventaires d'anciens glissements de terrain (2922 cas de coulées argileuses et de glissements rotationnels profonds ou superficiels) ont été réalisés par photointerprétation ou par investigation sur le terrain. Au total, la base de données sur les mouvements de terrain (BDMT) contient actuellement plus de 5 000 cas mais ce nombre augmente continuellement au fil des inventaires réalisés pour la cartographie des zones à risques et à chaque nouveau cas récent recensé.

2. DÉVELOPPEMENT D'OUTILS INFORMATISÉS DE SAISIE DE DONNÉES

2.1 Données géotechniques

À chaque année, de nombreuses données géotechniques produites par les activités du Service de la géotechnique et de la géologie (SGG) du MTQ doivent être compilées. Depuis 2003, le logiciel GEOTEC, de la compagnie SOBEK Technologies inc., a été adopté pour la compilation et la représentation graphique de nos données géotechniques (figure 1). Au cours des dernières années, des efforts ont été fournis afin de mieux adapter cet outil aux besoins internes du MTQ. Par exemple, en collaboration avec les concepteurs, de nouvelles tables de données, de nouveaux écrans de saisie, un module d'archivage de dossiers et une interface de gestion des données ont ainsi vu le jour.

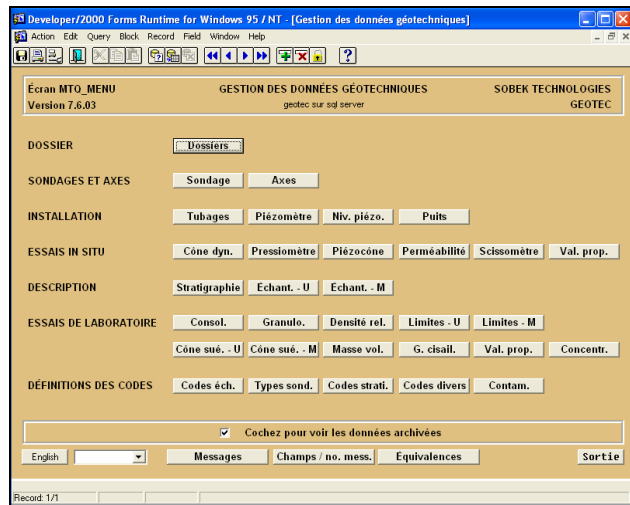


Figure 1. Écran principal du module de saisie de données de la version 7.64 de GEOTEC en utilisation au MTQ.

L'uniformisation de l'information constitue un des principaux défis lorsque de nombreuses personnes participent à la saisie des données. Cette problématique était importante, car en plus des divers techniciens contribuant à cette tâche, le MTQ confie de nombreuses investigations géotechniques à des mandataires privés. Le SGG a donc préparé un guide de saisie précisant ses exigences particulières (figure 2). Ce guide est considéré comme un besoin essentiel. Son existence contribue à diminuer les sources d'erreur de saisie et à faciliter la validation de l'information.

Finalement, une interface de gestion des données a été développée afin de faciliter diverses opérations telles que la création de nouvelles bases de données, le transfert de données entre deux bases de données (sous support Access ou SQL : «Structured Query Language»). Ces tâches permettent de coordonner plus facilement le transfert de données à l'interne ou celles provenant des mandataires externes (figure 3). La même interface permet aussi l'extraction de données sur la base de leur emplacement géographique.

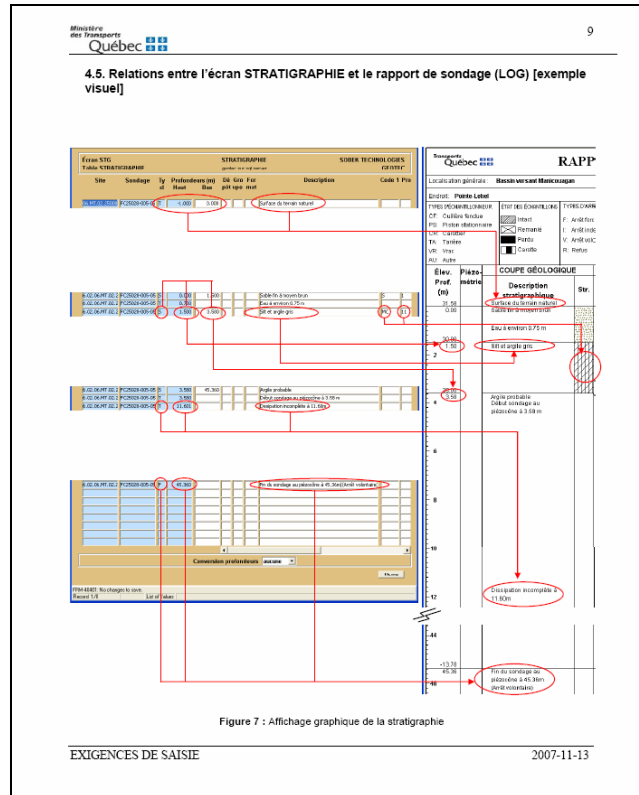


Figure 2. Page extraite du guide des exigences de saisie du Service de la géotechnique et de la géologie du MTQ.

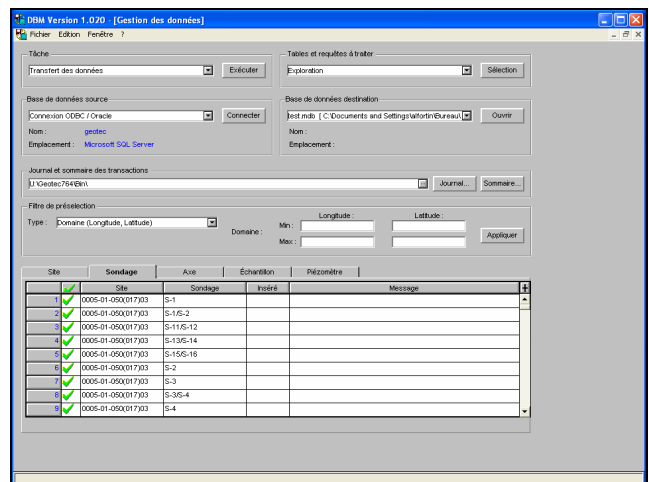


Figure 3. Interface de gestion des données DBM pour « database management ».

2.2 Données relatives aux glissements de terrain

De nombreux mouvements de terrain de tous genres surviennent au Québec à chaque année (La Rochelle et al. 1970, Lebus et al. 1983, Locat et al. 1984, Tavenas 1984) et les archives du ministère des Transports contiennent une quantité importante de documents sur ceux-ci. La majorité

de ces documents n'étaient disponibles que sur support papier, les rendant difficilement accessibles et souvent méconnus du personnel. Pour les utilisateurs, la recherche d'un dossier pouvait s'avérer longue et ardue. La création de la base de données BDMT est venue répondre à un besoin de centralisation de l'information relative aux glissements de terrain tout en la rendant accessible pour une consultation simple et rapide.

Le système informatique permettant la gestion de la BDMT, appelé système de gestion des mouvements de sols (GMS), a été entièrement développée au MTQ. Le système GMS est un site web développé en utilisant la technologie ASP.NET 2.0. Cette technologie, développée par Microsoft, est de plus en plus répandue sur le marché. L'approche Web présente de nombreux avantages. En ce moment, elle permet à l'ensemble des usagers internes d'accéder au portail sans nécessiter l'installation de logiciels supplémentaires sur leur ordinateur. Le module cartographique du système GMS est basé sur un ou plusieurs fonds de carte, publiés via un serveur ArcIMS. Cette technologie développée par ESRI permet la diffusion de carte sur un site Web. Un avantage certain de cette technologie, est qu'elle permet la diffusion des cartes conçues au moyen des outils ESRI.

Les champs apparaissant dans la BDMT ont été choisis en fonction de l'information contenue dans les dossiers anciens et récents ainsi qu'en fonction de leur pertinence par rapport aux besoins actuels du Service. Par exemple, outre les champs communément disponibles sur la date, la localisation, le type et les dimensions des glissements, un effort particulier a été réalisé pour caractériser leurs causes et leurs conséquences. Cette dernière information est d'ailleurs souvent requise par les hauts gestionnaires.

La saisie informatique des données (figure 4) pour les dossiers documentés a débuté à l'été 2003 et se poursuit toujours à l'heure actuelle.

Afin d'accélérer l'informatisation des données disponibles uniquement en format papier, des stagiaires en géotechnique sont engagés à chaque été. Un guide a été préparé pour encadrer cette opération de saisie de données. Malgré la présence inévitable de quelques erreurs de saisie, nous avons désormais accès rapidement et à faibles coûts à de grandes quantités de données jusque-là peu accessibles. La validation des informations saisies est effectuée par différents chargés de projet, lors des travaux de cartographie. Les informations sont alors corrigées progressivement et les dossiers validés sont identifiés comme tels dans la base de données.

Les données peuvent être consultées entre autres à l'aide d'un module de requête (simple ou avancée) permettant l'interrogation de champs présélectionnés par l'utilisateur. Les données extraites sont alors consultables à l'écran (figure 5). On peut sauvegarder le fichier des résultats sous la forme d'un tableur lorsque le volume d'information est important, ce qui permet notamment de faire un traitement statistique de cette information. On peut également sauvegarder le fichier de résultats en format pdf pour une mise en page plus soignée.

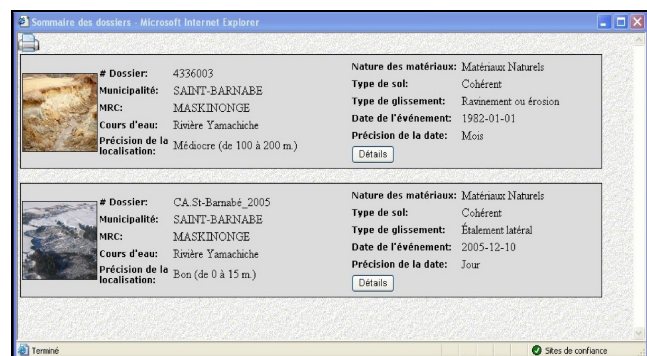


Figure 5. Exemple de résultats retournés par une requête.

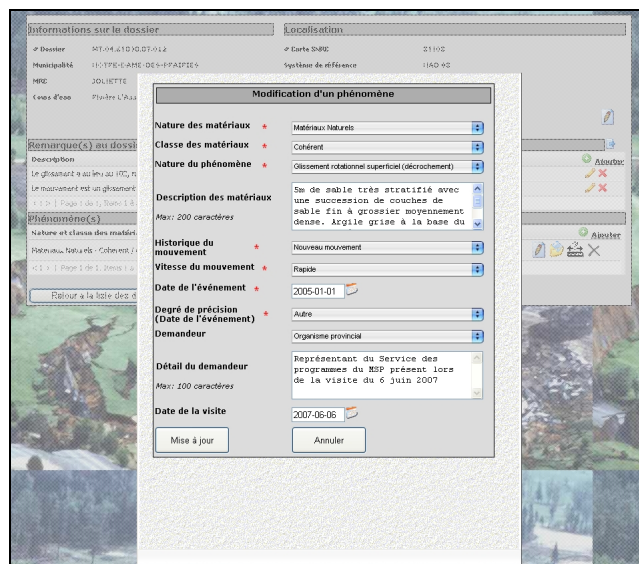


Figure 4. Exemple d'écrans de saisie du système GMS.

3. OUTIL DE CONSULTATION DES DONNÉES

Afin de permettre de localiser géographiquement et d'interroger rapidement toutes données géotechniques ou relatives aux glissements de terrain à la disposition du MTQ, un portail d'information accessible via l'Intranet du Ministère a été développé. Cet outil permet d'optimiser l'accès aux informations et est extrêmement utile pour la planification du travail et particulièrement lors des interventions en situation d'urgence.

Le portail s'ouvre sur un fond de carte de la province du Québec au 1/ 7 000 000, permettant de voir d'un seul coup la majeure partie de la province (figure 6), soit une superficie d'environ 1 300 000 km². Avec l'aide des outils de navigation, l'utilisateur peut changer d'échelle, se déplacer sur le fond de carte et interroger différentes couches d'information. Afin de faciliter la consultation, les couches d'information ne sont visibles qu'à partir d'une certaine échelle. C'est à partir de l'échelle 1 :10 000 que le nombre maximum de couches d'information visibles est atteint. En plus des couches d'information relatives aux sondages

géotechniques et aux glissements de terrain, plusieurs autres couches sont également présentes, telles des limites géographiques et géologiques (limites des mers post-glaciaires et des dépôts glacio-lacustres) ou des limites administratives (limites des municipalités, des municipalités régionales de comté (MRC), des Directions territoriales du ministère des Transports du Québec, etc.).

Le principe de consultation du portail est basé sur la localisation géographique des divers éléments d'information disponibles. L'utilisateur voulant effectuer une recherche débute le processus de navigation à partir d'un fond de carte général du Québec où n'apparaissent que le réseau hydrique et les noms de certaines villes importantes de la province (figure 6). Par la suite, en utilisant les outils de navigation de la barre d'outils située au dessus de la fenêtre de navigation, l'utilisateur peut délimiter un secteur de recherche où il désire obtenir des informations plus détaillées.

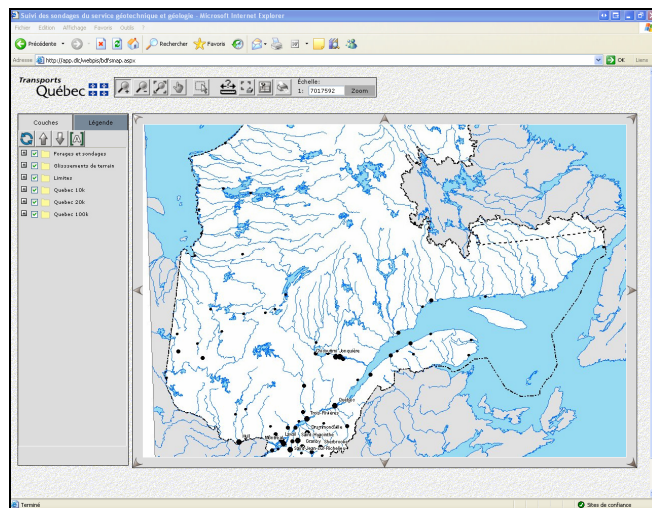


Figure 6. Portail géotechnique – Fond de carte général du Québec.

Cette approche permet d'avoir accès simplement à une grande quantité de données sans être obligé de pointer individuellement chaque élément. Ainsi, pour interroger la donnée, l'utilisateur doit se servir de l'outil de consultation adéquat (rectangle de sélection de la barre d'outils). Les couches d'information et la légende correspondante sont affichées dans un panneau à gauche de la fenêtre de navigation. Lorsque l'échelle de consultation le permet, les couches peuvent être rendues visibles ou invisibles en activant ou désactivant la case à cocher.

À la suite d'une recherche, les résultats retournés s'affichent dans un tableau qui est généré sous la fenêtre de navigation (figure 7). Ces résultats constituent un résumé des dossiers et fournissent de l'information générale (exemple : coordonnées géographiques, précision de la coordonnée, etc.). S'il s'agit de données géotechniques associées à un sondage, le tableau montre des informations telles que la profondeur atteinte ainsi que la description de

la colonne stratigraphique du sondage en question. S'il s'agit de données relatives à un mouvement de terrain, le tableau montre des informations telles que le type de glissement, la date à laquelle il est survenu, le cours d'eau en bordure duquel il s'est produit, etc.

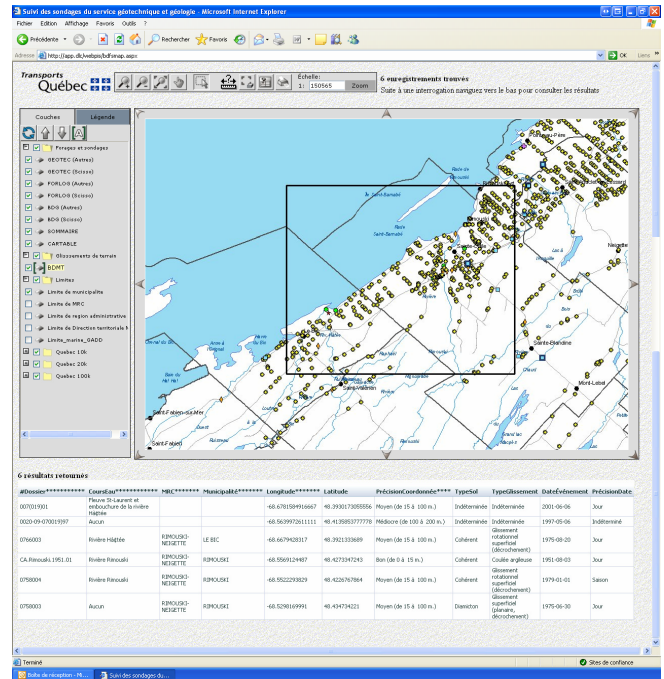


Figure 7. Exemple de résultats d'une recherche de données géotechniques.

Il est possible d'imprimer et de sauvegarder les données pour consultation ultérieure. Pour l'impression, il suffit d'utiliser l'icône adéquat de la barre d'outils. Les données peuvent également être copiées et sauvegardées en format Microsoft Excel.

Les données disponibles pour chaque dossier sont trop nombreuses et trop variées pour être consultées en totalité à l'aide du portail. Au besoin, il est possible d'accéder à l'ensemble des informations contenues dans un dossier grâce à des hyperliens pointant vers l'emplacement de la donnée sur le réseau ou en utilisant les outils appropriés du logiciel GEOTEC. Des hyperliens permettent également d'obtenir de l'information en ligne sur l'utilisation du portail et sur les données qu'il contient.

4. EXEMPLES D'UTILISATION

4.1 Interrogation des données en situation d'urgence

Dans le cadre d'un protocole d'entente entre le ministère de la Sécurité publique (MSP) et le ministère des Transports, les ingénieurs du Service de la géotechnique et de la géologie offrent au MSP un soutien technique lors des cas d'urgence pour les glissements de terrain. Ils agissent alors

comme des intervenants de première ligne et doivent se rendre rapidement sur les sites concernés.

La consultation du portail est nécessaire pour aider à planifier ces visites de terrain en situation d'urgence, lesquelles doivent être réalisées à l'intérieur d'un court délai. Le portail permet de localiser et d'interroger rapidement les dossiers de mouvements de terrain ou les sondages géotechniques dans la région où l'urgence a lieu. Ainsi, avec cette connaissance du terrain, les ingénieurs géotechniciens du Ministère arrivent mieux préparés sur les lieux.

4.2 Cartographie et portrait de risques pour les glissements de terrain

La base de données sur les mouvements de terrain (BDMT) est aussi très utilisée lors des premières étapes de la cartographie des zones à risque. Elle permet d'abord de mieux identifier les régions les plus problématiques et de dresser ensuite un aperçu de la situation pour les secteurs ciblés. Les opérations de cartographie permettent ensuite d'alimenter la banque de données.

Les nombreuses données compilées servent aussi à obtenir des valeurs régionales qui permettent de définir certains critères pour la cartographie des zones sujettes aux glissements de terrain. Par exemple, on peut considérer que les glissements d'origine naturelle dans les sols argileux post-glaciaires au Québec se produisent lorsque les pentes sont inclinées de 20° et plus. Des inventaires plus ciblés, comme ceux réalisés par exemple dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Perret et Bégin, 1997, Demers *et al.*, 1999), ont permis de constater que les glissements de terrain étaient pratiquement absents des pentes inférieures à 23° au Lac Saint-Jean et des pentes inférieures à 27° au Saguenay. L'ensemble des données a aussi permis de confirmer que les débris de glissement de type superficiel et d'avalanche de boue dans les mêmes types de sol ne s'étaient pas étendus que très rarement au-delà d'une distance en pied de talus égale à deux fois sa hauteur. L'ampleur de la présente base de données permet de tirer des conclusions qu'il serait difficile d'obtenir autrement et de s'en servir pour faire un zonage plus réaliste.

Dans certaines situations, par exemple lors de la révision des schémas d'aménagement du territoire par les « municipalités régionales de comté (MRC) », une recherche dans la BDMT permet de dresser rapidement un portrait du danger de glissements dans cette région. On peut ainsi rapidement cibler les zones les plus susceptibles d'être affectées par un mouvement de terrain et définir les besoins pour cette région.

4.3 Planification de campagnes de sondages et consultation privée

Le portail de données géotechniques et de données relatives aux mouvements de terrain est fréquemment utilisé par les chargés de projets du SGG dans le cadre de la planification de campagnes de sondages ponctuelles (pour un ouvrage routier par exemple) ou régionales (pour la

cartographie des zones à risque). Habituellement, il existe déjà beaucoup d'informations géotechniques dans chacune des régions où des campagnes de sondages sont planifiées. Ainsi, le portail peut être utilisé afin de diminuer le nombre de sondages à réaliser, ce qui se traduit ultimement par une diminution des coûts de la campagne.

Les banques de données géotechniques du ministère des Transports étant très volumineuses et couvrant l'ensemble du territoire, elles représentent une source importante d'information faisant l'objet de nombreuses requêtes d'organismes externes ou de firmes privées. L'informatisation et le développement d'un portail ont permis de rendre plus facile et plus rapide la réponse à ces demandes.

5. DÉVELOPPEMENTS À VENIR

Des améliorations constantes sont apportées au portail d'information géotechnique du MTQ, notamment quant à la vitesse d'exécution des requêtes et à la présentation des résultats retournés. Dans un avenir rapproché, le MTQ souhaite rendre le portail et l'information qu'il renferme accessibles à des partenaires gouvernementaux. Une étape ultérieure permettra éventuellement de donner accès à des utilisateurs externes.

6. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous les stagiaires ayant participé à la saisie des données pour leur patience et leur dévouement ainsi que l'équipe d'informatique de la Direction du laboratoire des chaussées du MTQ, sous la supervision de M. Yan Saint-Yves, pour le support informatique. Les auteurs tiennent aussi à remercier messieurs Paul Flon et Pascal Locat pour leurs commentaires pertinents. Cette publication a été autorisée par le ministère des Transports du Québec.

7. RÉFÉRENCES

Demers, D., Robitaille, D., Potvin, J., Bilodeau, C., et Dupuis, C., 2008. *La gestion des risques de glissements de terrain dans les sols argileux au Québec*. Comptes-rendus de la 4^{ème} Conférence canadienne sur les géorisques, Université Laval, 20-24 mai 2008, Québec, Canada.

Demers, D., Potvin, J., Robitaille, D. 1999b. *Gestion des risques de glissement de terrain liés aux pluies des 19 et 20 juillet 1996 au Saguenay-Lac-Saint-Jean*. Rapport soumis au Bureau de reconstruction et de relance du Saguenay-Lac-Saint-Jean, ministère des Transports du Québec.

La Rochelle, P., Chagnon, J. Y. & Lefebvre, G. 1970. *Regional geology and landslides in the marine clay deposits of eastern Canada*. Revue Canadienne de Géotechnique, 7, pp. 145-156.

Lebuis J., Robert J.M. et Rissmann P., 1983. Regional mapping of landslide hazard in Québec. *Symposium on Slopes on Soft Clays*, Linköping, Suède, rapport no17, Swedish Geotechnical Institute, p. 205-262.

Locat J., Demers D., Lebuis J., Rissmann P., 1984. *Prédiction des glissements de terrain – Application aux argiles sensibles, rivière Chacoura, Québec, Canada. Comptes-rendus*, IV Symposium international sur les glissements de terrains, Toronto, Vol. 2, p. 549-556.

Perret et Bégin, 1997. *Inventaire des glissements de terrain associés aux fortes pluies de la mi-juillet 1996 : Région du Saguenay/Lac Saint-Jean*, 26 p. Rapport remis au Bureau régional de la reconstruction, ministère du Conseil exécutif du Québec – L'institut national de la recherche scientifique – INRS-Géoresources.

Tavenas, F. A. 1984. *Landslides in Canadian Sensitive Clays - A State-of-the-Art*. In: *Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides*, Vol. 1, pp. 141-153.