

Transport et Environnement : Analyse des risques associés au transport des matières dangereuses en milieu urbain

**Catherine Drouin, Université du Québec à Trois-Rivières et
Denis Leroux, Université du Québec à Trois-Rivières**

Exposé préparé pour

la séance *Trafic-marchandise : nouvelles orientations*

**du Congrès annuel de 2004 de
l'Association des transports du Canada
à Québec (Canada)**



RÉSUMÉ

Le développement urbain va de pair avec la densification du transport routier, notamment du transport des matières dangereuses. Or, ces chargements dangereux constituent un risque réel pour l'environnement et les populations qui vivent le long des axes routiers. Le but de ces travaux de recherche est donc d'estimer les impacts potentiels d'un accident impliquant un déversement de produits toxiques. L'identification et l'évaluation du risque environnemental associé à ce type de situations sont des aspects fondamentaux lorsqu'il est question d'assurer la sécurité routière et civile.

Dans un premier temps, les travaux ont porté sur l'identification des populations touchées. Une enquête origine-destination sur le transport des matières dangereuses en Montérégie ayant été menée conjointement par l'Université du Québec à Trois-Rivières et le Ministère des Transport du Québec en 2001, les analyses ont donc été réalisées pour des secteurs de cette région. Les panaches de dispersion atmosphérique pour les produits les plus transportés sur les routes des secteurs à l'étude ont été modélisés et ont été placés le long du réseau routier supérieur, en des endroits identifiés comme étant plus susceptibles de voir se produire un accident. L'utilisation d'un système d'information géographique a par la suite permis de réaliser des analyses spatiales afin d'identifier les populations affectées. Enfin, l'ajout de la localisation des écoles et des hôpitaux a mené à l'identification plus précise des secteurs où une évacuation représenterait un défi plus important.

Une telle utilisation de la géomatique appliquée au transport permettra d'intégrer une vaste gamme d'informations sur un territoire affecté et d'ainsi augmenter la précision des scénarios analysés dans le but de mieux planifier les actions visant à réduire les risques inhérents au transport des matières dangereuses en milieu urbain.

ANALYSE DES RISQUES ASSOCIÉS AU TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES EN MILIEU URBAIN

Contexte général

De plus en plus, le développement urbain va de pair avec la densification du transport routier. L'adoption par la majorité des entreprises des principes inhérents à la production 'juste à temps' a eu pour effet de multiplier le nombre de livraisons et d'expéditions de marchandise. Par conséquent, le réseau routier urbain a vu augmenter la densité du transport lourd. Le transport des matières dangereuses ne fait pas exception. Or, un accident impliquant un tel chargement pourrait entraîner des conséquences graves pour les usagers de la route, les populations avoisinantes, les infrastructures et l'environnement.

Dans une optique de sécurité publique, la nouvelle loi sur la Sécurité Civile exigera très bientôt la mise en place de plans de mesures d'urgence, aussi appelé schémas de sécurité civile, pour toutes les municipalités du Québec. Il sera alors nécessaire de connaître les risques auxquels il est possible d'être confronté afin de prévoir une réponse adéquate assurant la sécurité de la population. Le transport des matières dangereuses en milieu urbain fait partie de ces risques à identifier.

Les répercussions d'une situation d'urgence impliquant des matières dangereuses pouvant se faire sentir à plusieurs niveaux, il est avant tout important de connaître les risques encourus par la population. Il est donc primordial d'être en mesure de localiser et d'estimer la population qui serait affectée par la dispersion atmosphérique d'un produit dangereux déversé lors d'un accident survenant sur le réseau routier. Cette tâche, rendue possible grâce à l'utilisation de la géomatique, permettra ensuite de mieux planifier les actions à prendre en cas de catastrophe tout en favorisant la prise de décisions propres à assurer la sécurité des citoyens.

L'objectif de cette première phase d'analyse est donc de modéliser l'étendue de la dispersion atmosphérique d'un produit toxique déversé accidentellement sur le réseau routier supérieur et d'estimer les populations vulnérables. Les résultats ainsi obtenus pourront dès lors être utiles aux municipalités visées dans l'élaboration de leur schéma de sécurité civile. À plus long terme, ces données permettront aussi de poursuivre la recherche en se penchant sur les problématiques engendrées par l'évacuation des populations vulnérables identifiées.

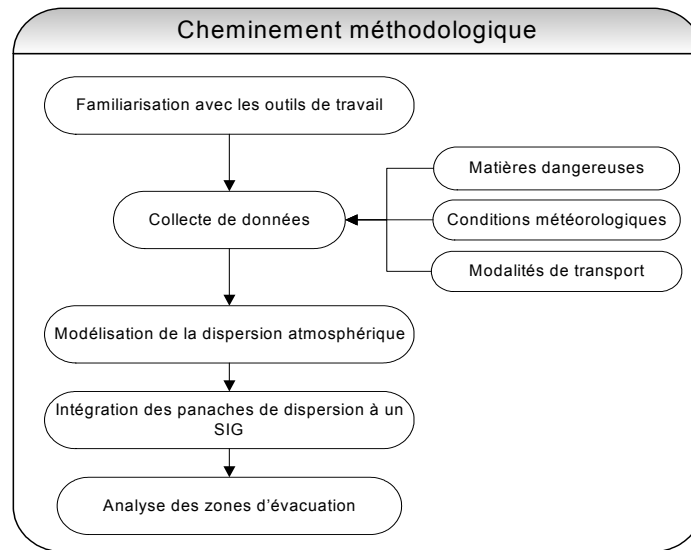
Bien que les risques associés au transport des matières dangereuses soient présents dans toutes les villes situées en bordure d'un axe routier, la position géographique de certaines régions les rend plus vulnérables. C'est le cas de la Montérégie : siège de nombreuses industries, la région se trouve au cœur du réseau de transport reliant la métropole québécoise, les États-Unis, l'Ontario et les provinces maritimes. Cette position stratégique a pour effet d'augmenter la densité du transport routier et, par conséquent, les risques qui y sont associés prennent une plus grande importance. De plus, une *enquête origine-destination sur le transport des matières dangereuses en Montérégie*¹ a permis de mieux connaître les itinéraires de transport ainsi que les matières transportées sur les routes de cette région. Cette étude a donc servi de point de départ pour la suite des analyses réalisées dans le cadre de ce projet.

Une approche pour évaluer les populations vulnérables

L'élaboration d'une approche géographique permettant d'évaluer les populations vulnérables en cas de déversement de matières dangereuses suite à un accident routier a été réalisée selon les étapes indiquées à la figure 1.

¹ LEROUX et BEAUDOIN, 2002

Figure 1 : Méthodologie



Ce cheminement peut être divisé en trois phases. La première phase équivaut à l'étape de familiarisation avec les outils de travail. Il s'agit principalement de l'apprentissage du fonctionnement du logiciel ALOHA. Cet outil, le *Aerial Locations of Hazardous Atmosphere* ou ALOHA, a été développé par la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) et la *US Environmental Protection Agency* (EPA). Ce modèle est conçu afin d'estimer les concentrations atmosphériques et l'étendu du panache de dispersion d'un produit toxique suite à un déversement. Il est largement utilisé par les différents intervenants de première ligne comme outil d'aide à la décision en situation d'urgence et par les gestionnaires de plan de mesures d'urgence. ALOHA génère automatiquement le panache de dispersion dont nous avons besoin afin d'estimer la zone d'évacuation en cas d'accident impliquant des matières dangereuses. La figure 2 présente un exemple des résultats obtenus suite à l'utilisation de ce logiciel.

Pour les produits en solution, il a été nécessaire d'utiliser RMP*Comp, un autre outil de planification développé par la *US Environmental Protection Agency* (EPA). Celui-ci est conçu pour établir des scénarios permettant l'analyse des conséquences d'accidents impliquant des produits inflammables ou toxiques autour des entreprises utilisant de tels produits. RMP*Comp utilise des calculs et des modèles simplifiés afin d'obtenir facilement des résultats permettant l'identification des risques (et des populations qui peuvent en subir les conséquences) afin de mieux planifier les interventions d'urgence et les mesures de prévention au niveau local. Tel qu'illustré à la figure 3, le résultat final consiste en une distance maximale à laquelle les effets toxiques d'un déversement peuvent se faire sentir mais RMP*Comp génère aussi le rythme d'évaporation des produits en solution. Cette information permet par la suite de modéliser la dispersion du gaz s'évaporant du mélange.²

Enfin, pour mener à bien toutes les analyses prévues, il faut aussi pouvoir intégrer les données à un système d'information géographique (SIG). Ici, le choix s'est arrêté sur MapInfo. Ce logiciel est simple d'utilisation et plusieurs utilitaires programmés en MapBasic ont déjà été conçus pour le compléter. De plus, le Ministère des Transports du Québec utilise MapInfo pour la cartographie et la gestion du réseau routier.

² EVANS, M. et all., 1993

Figure 2 : Résultats obtenus avec ALOHA

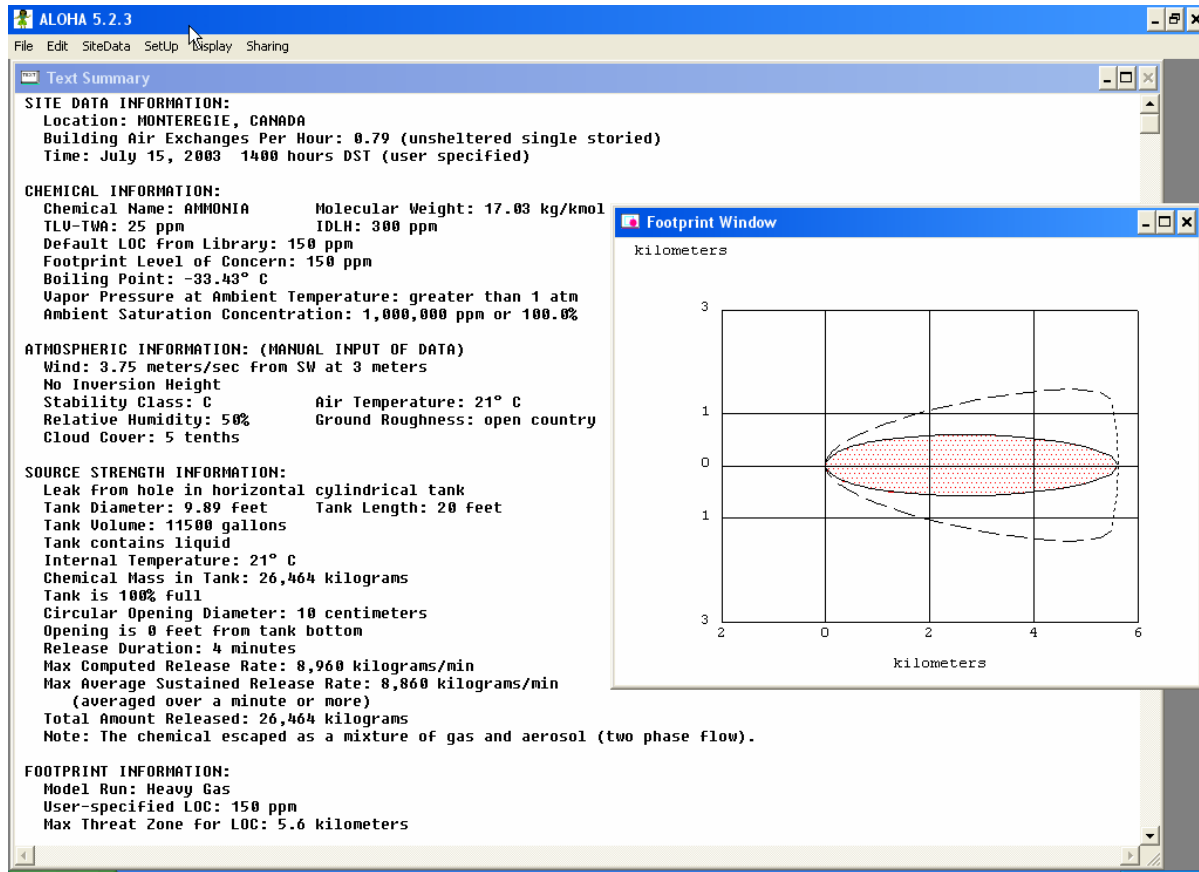
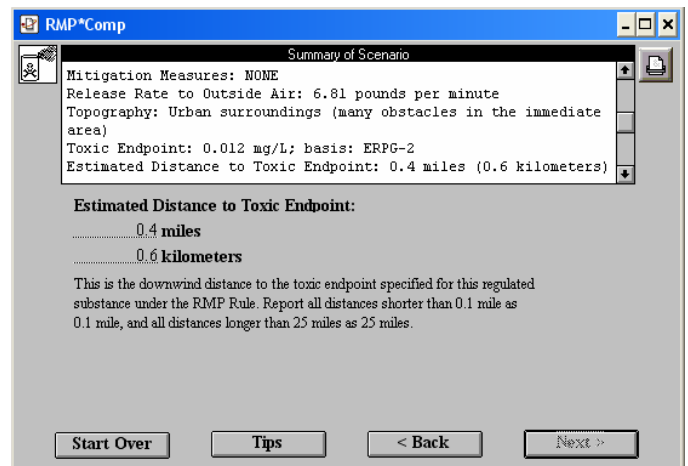
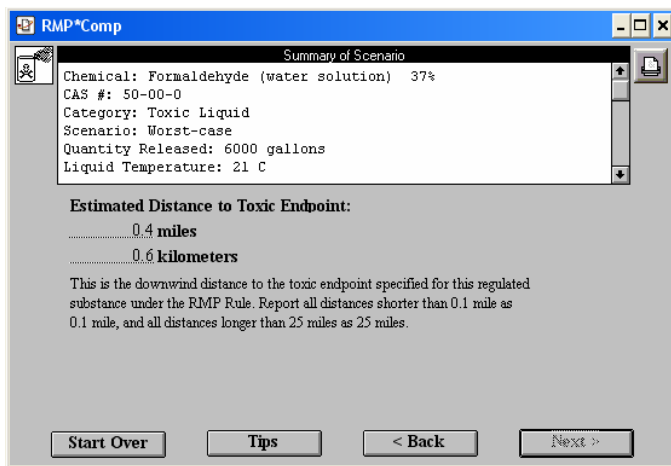


Figure 3 : Résultats obtenus avec RMP*Comp



Ensuite, la collecte de données, divisée en trois voies principales, a constitué à elle seule une phase cruciale dans l'avancement du projet. D'abord, il a été nécessaire de sélectionner les matières dangereuses à modéliser et compléter les informations sur ces produits. Nous avons aussi déterminé les modalités de transport des produits retenus. Cet aspect inclut les conditions dans lesquelles se trouvent le produit lors du transport (quantité, pression) ainsi que ce qui concerne directement le réseau routier (routes empruntées, emplacements des zones d'évacuation). Finalement, le portrait général des conditions météorologiques habituelles pour la région a aussi été dressé. Ces informations ont d'ailleurs une grande influence sur la dispersion atmosphérique.

Les matières à modéliser pour l'analyse des zones d'évacuation ont été sélectionnées à partir de la liste des matières dangereuses issue de *l'enquête origine-destination sur le transport des matières dangereuses en Montérégie*³. Ce sont tout simplement les produits les plus transportés qui ont été retenus. La liste de ceux-ci apparaît dans le tableau ci-dessous. De plus, il a été constaté que ces matières, sauf l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde d'ammonium, font aussi partie de la liste des substances représentant un risque pour l'environnement dressée par la Sécurité Civile du Québec.

Tableau 1 : Matières dangereuses sélectionnées pour les analyses

NOM DU PRODUIT		NO. UN	CLASSE
<i>français</i>	<i>anglais</i>		
Acétylène	Acetylene	1001	2
Acide chlorhydrique	Hydrochloric acid	1789	8
Ammoniac anhydre	Ammonia gas	1005	2
Formaldéhyde	Formaldehyde	2209	8
Hydroxyde d'ammonium	Ammonium hydroxide	2672	8
Propane	Propane	1075/1978	2

Note : La classe 2 correspond aux gaz comprimés alors que la classe 8 regroupe les matières corrosives.

Source : Canutec, Transport Canada

La bibliothèque de produits chimiques d'ALOHA contient déjà des données techniques sur un grand nombre de substances. Par contre, le formaldéhyde a dû y être ajouté. Les informations sur ce produit proviennent du guide *Hazardous chemicals desk reference*⁴. D'autres renseignements, dont les concentrations d'exposition critiques, ont été tirées de la base de données ChemInfo, disponible sur Internet⁵. Toutefois, dans le cas de l'acétylène, les informations disponibles sur les modalités de transport et la concentration d'exposition critique étant trop imprécises, la modélisation de cette substance a dû être abandonnée.

Le degré de toxicité des substances déversées devait aussi être déterminé afin d'établir la dimension des zones à évacuer. Le niveau de concentration d'exposition critique établi pour la modélisation des panaches correspond donc à la norme ERPG-2 (*Emergency Response Planning Guidelines*). Établi par l'*American Industrial Hygiene Association* en 2001, il s'agit de la concentration maximale à laquelle pratiquement tous les individus peuvent être exposés pendant une heure sans développer de problèmes de santé sérieux ou irréversibles ni de symptômes pouvant affecter la capacité d'un individu à réagir face au danger. Ce niveau de toxicité donne donc un délai pouvant aller jusqu'à une heure pour compléter l'évacuation. Le ERPG-2 n'étant pas disponible pour le propane, c'est le niveau IDLH (*Immediate Danger to Life or Health*) qui a été utilisé dans ce cas.⁶

³ LEROUX et BEAUDOIN, 2002

⁴ LEWIS, Richard J. Sr, *Hazardous chemicals desk reference*, John Wiley & Son inc., New York, 2002, Wiley-interscience, fifth edition, 1695 p.

⁵ <http://ccinfoweb.ccohs.ca/cheminfo/search.html>

⁶ Base de données ChemInfo

Enfin, les quantités de matière transportées par chargement pouvant varier grandement d'une compagnie à l'autre, les quantités retenues pour l'analyse et citées dans le tableau 2 ont été fournies par un organisme de référence, soit Canutec (Transport Canada). Pour chacune des deux catégories de matières dangereuses à modéliser, les gaz sous pression et les liquides corrosifs, la quantité déversée lors du scénario analysé correspond à la capacité maximale possible du modèle de citerne habituellement utilisé pour le transport du type de produit en question et ce dans le but de se rapprocher le plus possible d'un scénario normalisé⁷.

Tableau 2 : Capacité des citernes

Catégorie de MD	Modèle de citerne	Capacité	Pression interne
Gaz sous pression	MC331/DOT431	2500 à 11500 USG	100 à 500 psi
Liquide corrosif	MC312/DOT412	3000 à 6000 USG	35 à 50 psi

NOTE : 1 USG = 3,785 litres

SOURCE : Canutec, Transport Canada

En ce qui concerne les données météorologiques, les produits chimiques prenant plus d'expansion et réagissant davantage lorsque la température est élevée, les modélisations ont été réalisées pour des déversements se produisant l'été afin d'obtenir une idée de la plus grande zone d'évacuation probable. De plus, les analyses s'effectuant dans un contexte de planification, il est alors possible d'utiliser des données historiques comme portrait météorologique général de la région à l'étude.⁸ Ce sont donc les informations atmosphériques moyennes des 30 dernières années pour le mois le plus chaud, c'est-à-dire le mois de juillet, qui ont été utilisées. Ces données météorologiques proviennent de la station de prise de mesures située à l'Aéroport International Pierre-Elliott-Trudeau (Montréal). Les statistiques sur les vents et la température ont été obtenues auprès du Service météorologique du Canada, Direction des archives nationales et de la gestion des données⁹. Les autres données atmosphériques requises dans ALOHA (stabilité de l'air, humidité, couvert nuageux) ont reçu les valeurs attribuées par défaut dans le logiciel.

Enfin, les étapes de modélisation et d'analyses peuvent être regroupées pour former la phase finale menant aux résultats. Dans un premier temps, les secteurs à l'étude ont été identifiés. Trois centres urbains de la Montérégie ont été retenus : Châteauguay, St-Jean-sur-Richelieu et St-Hyacinthe. La carte de la figure 4 permet de localiser ces municipalités. Pour chacun de ces secteurs, les hôpitaux (incluant les centres de soins de longue durée) et les écoles ont été localisés sur le territoire. Cette information n'est pas à négliger car l'évacuation de ces établissements demande une organisation logistique particulière. Par exemple, dans le cas des centres hospitaliers, en plus du grand nombre de personnes à déplacer, il faut aussi prévoir un soutien technique important et le déplacement des équipements dont dépend la vie de certains patients. Ainsi, en intégrant la localisation des établissements scolaires et de santé au système d'information géographique, il est possible de visualiser rapidement les secteurs où une évacuation engendrerait des besoins spécifiques. Cette donnée fournit donc une indication précieuse pour les intervenants en sécurité civile et les responsables de l'élaboration des plans d'urgence.

De plus, avant de faire le transfert d'information vers le système d'information géographique, il a été nécessaire de définir la zone d'évacuation à considérer pour le calcul des populations affectées. La Sécurité Civile du Québec a établie un certain nombre de facteurs à considérer lors de la prise de décision concernant une évacuation. Par exemple, on considère que l'évacuation doit être envisagée si l'intégrité physique ou psychologique de la population affectée est menacée ou encore si l'évolution

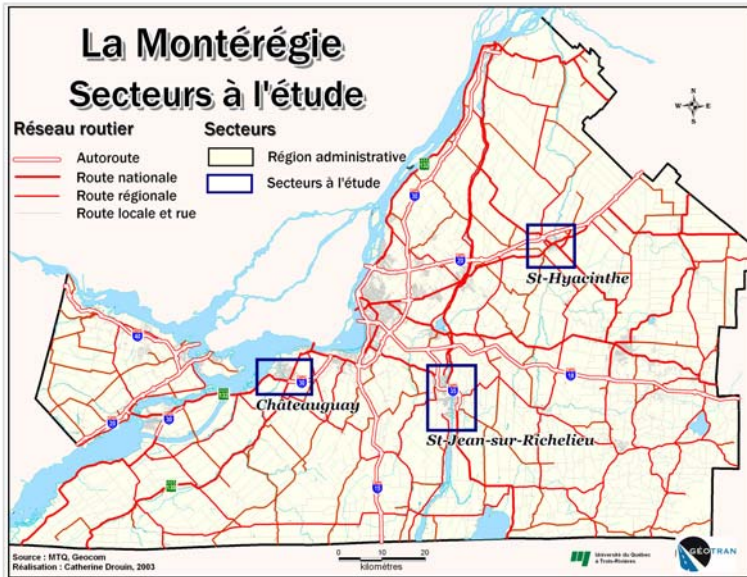
⁷ scénario normalisé est le terme français s'apparentant à *worst-case scenario*; DIONNE et SEBEZ, 2002

⁸ ABKOWITZ et al.

⁹ <http://www.msc-smc.ec.gc.ca/climate>

probable du sinistre risque de mettre la vie des gens en danger.¹⁰ Il faut cependant être conscient que la validité de l'estimation de la population affectée peut être grandement compromise par l'importante variabilité des conditions atmosphériques, surtout en ce qui concerne la direction du vent.¹¹ En fait, le vent est à la fois le principal facteur influençant la dispersion atmosphérique et le plus variable. En tenant compte de ces éléments, la zone d'évacuation a donc été définie comme étant la zone où le panache de dispersion devrait se trouver dans 95% des cas.¹² Le panache, quant à lui, délimite la zone où on prévoit que la concentration d'exposition critique sera atteinte ou dépassée. Les deux zones sont générées automatiquement par ALOHA dans une fenêtre graphique comme celle présentées à la figure 5.

Figure 4 : Secteurs à l'étude

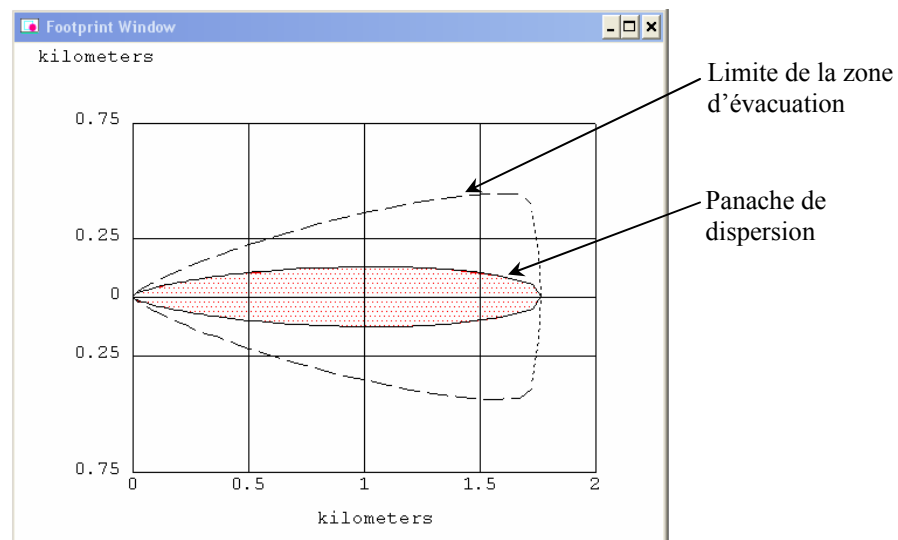


<i>Municipalité</i>	<i>Nombre d'habitants</i>
Châteauguay	41 003
St-Hyacinthe	38 739
St-Jean-sur-Richelieu	37 386

NOTE : Ces données ne tiennent pas compte des fusions municipales de janvier 2003.

SOURCE : Statistique Canada, 2001

Figure 5 : Panache de dispersion et zone d'évacuation



Source : ALOHA

¹⁰ *La sécurité civile au Québec : Manuel de base*, pp 55 et 56

¹¹ CHAKRABORTY et ARMSTRONG, 1996

¹² ALOHA User's manual, p. 34

Une fois tous ces éléments identifiés et les panaches de dispersion pour chaque matière dangereuse choisie pour les analyses générés à l'aide d'ALOHA, les zones d'évacuation ont été intégrées au SIG MapInfo. Cette opération a été réalisée à l'aide de PlotALOHA¹³, un utilitaire qui transforme le fichier ALOHA en élément cartographique utilisable dans MapInfo. Il a ensuite été possible de placer des zones d'évacuation le long des routes traversant chacun des secteurs à l'étude. À partir d'informations sur les accidents de camion survenus sur le réseau routier du Ministère des Transports du Québec, les sites semblant plus accidentogènes ont été privilégiés. Parmi les zones d'évacuation ainsi réparties sur le territoire, celles retenues pour la suite des analyses ont été mises en couleur afin de pouvoir les identifier facilement.

Finalement, le nombre de personne à évacuer en cas de déversement entraînant la dispersion atmosphérique d'une substance toxique a été estimé à l'aide d'une méthode inspirée de celle développée par Chakraborty et Armstrong (1996). Dans leur approche d'analyse géographique des panaches de dispersion, ils estiment la population affectée selon l'aire couverte par le panache en supposant que la population est répartie uniformément dans l'espace. Pour nos analyses, c'est plutôt le réseau de rues qui sert de lien afin d'estimer la population touchée par un déversement. En effet, il semble plus juste de supposer que la population se trouve principalement le long des voies de circulation. En assumant que la population est uniformément répartie le long des différentes artères du réseau routier, il a été possible d'établir le ratio de population pour chaque portion de rue. Dans le cas de la Montérégie, les données du recensement de 2001 de Statistique Canada ont permis de connaître la population par aire de diffusion (AD). La AD est la plus petite aire pour laquelle les statistiques sur la population sont disponibles. Avec les cartes des secteurs contenant les zones d'évacuation et le découpage de Statistique Canada, le calcul du nombre de mètres de rue à l'intérieur de chacune de ces zones a pu être effectué. Connaissant la population et le nombre de mètres de rues rattachés aux AD ainsi que le nombre de mètres de rue couvert par la zone d'évacuation, l'opération mathématique suivante a permis de connaître la population affectée par chaque déversement. Le tableau de la figure 7 présente un exemple des résultats ainsi obtenus.

$$p_z = \sum_{i=0}^n p_i + \sum_{j=0}^m \left(\left(\frac{p_j}{r_j} \right) * r_z \right)$$

où, p_z = la population à l'intérieur de la zone d'évacuation;

p_i = la population d'une AD totalement couverte par la zone d'évacuation;

p_j = la population d'une AD partiellement incluse dans la zone d'évacuation;

r_z = le nombre de mètres de rue inclus dans la AD et la zone d'évacuation;

r_j = le nombre de mètres de rue dans la AD;

m = le nombre de AD partiellement couverte par la zone d'évacuation ;

n = le nombre de AD totalement couverte par la zone d'évacuation.

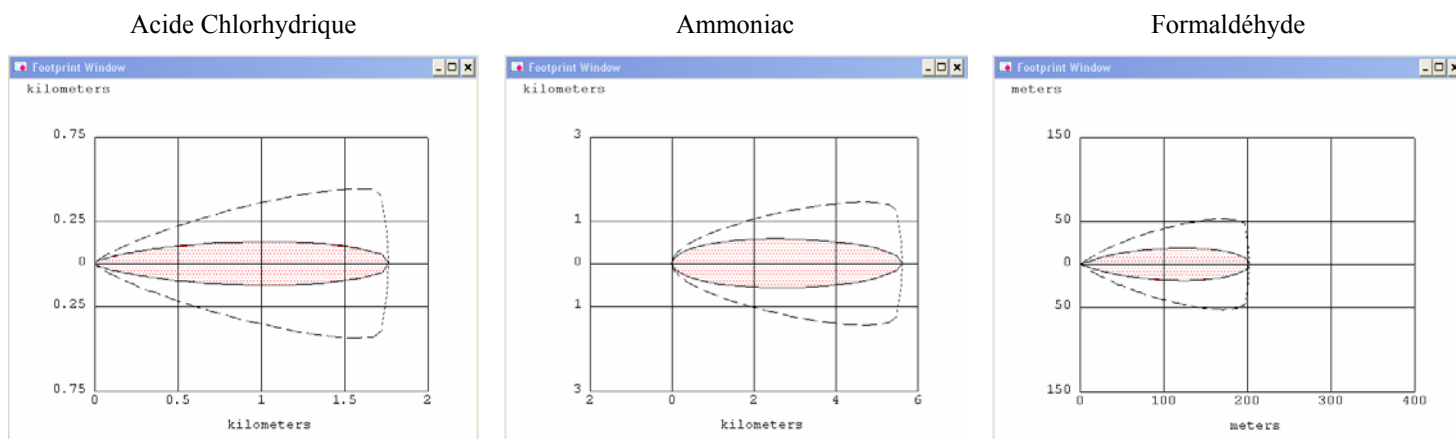
¹³ www.uaienvironmental.com

Des résultats qui font réfléchir

Tout d'abord, il est intéressant de noter que les produits sélectionnés pour les analyses représentent une variété de niveau de toxicité. Même s'ils ne proviennent de seulement deux classes de matières dangereuses, les gaz comprimés (classe 2) et les liquides corrosifs (classe 8), les substances retenues sont caractérisées par des concentrations d'exposition critiques fort différentes. Ainsi, à l'aide des exemples de la figure 6, il est possible de constater que, sous des conditions climatiques identiques, les panaches de dispersion prennent des formes variées. L'ammoniac et l'acide chlorhydrique peuvent être identifiés parmi les produits les plus dangereux circulant sur les routes de la Montérégie. Un déversement d'une de ces matières entraînerait assurément des conséquences importantes car le panache de dispersion qui se formerait alors peut couvrir une grande superficie. D'autre part, le formaldéhyde, sans être inoffensif, se disperse moins facilement et causerait moins de dommage. Les scénarios simulés pour les analyses constituent donc un échantillon représentatif des situations probables.

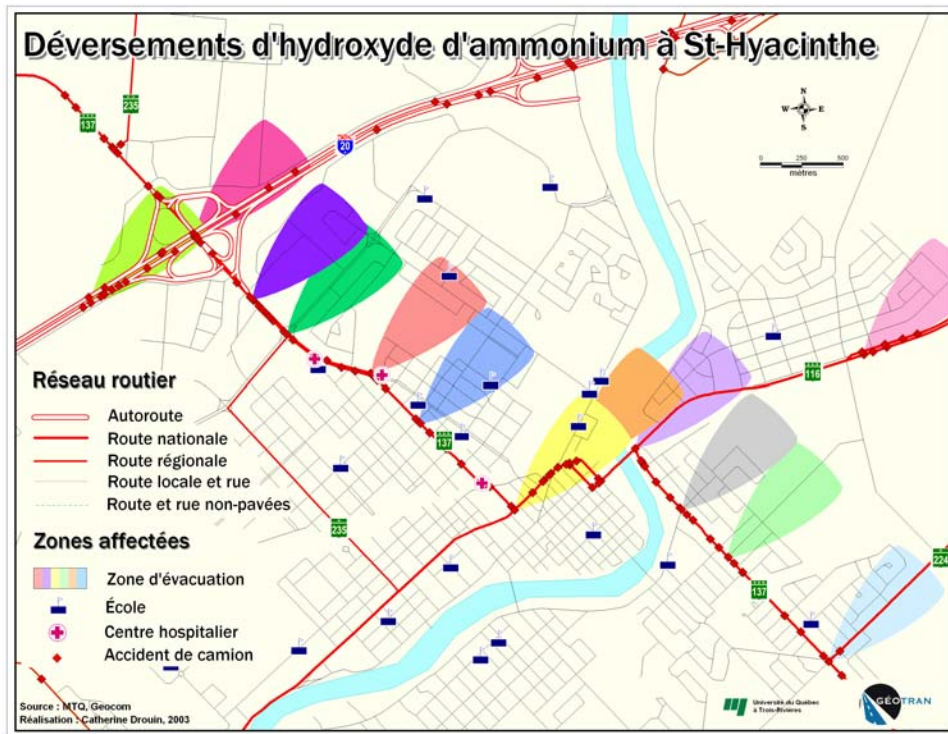
La rigueur entourant la collecte d'informations renforce aussi la validité des modélisations effectuées. En fait, deux éléments auraient pu causer problème lors de l'interprétation des résultats. Premièrement, ALOHA ne tient jamais compte de l'effet du relief sur la dispersion atmosphérique lorsqu'il crée les panaches. Or, la Montérégie ayant un relief plutôt plat, cet aspect n'influence pas outre mesure l'exactitude des zones d'évacuation utilisées. En deuxième lieu, la méthode d'analyse utilisée pour les produits en solution suppose un taux d'évaporation constant pendant une heure. En réalité, la vitesse d'évaporation aura tendance à diminuer avec le temps. Toutefois, la planification nécessitant ce qui se rapproche le plus du scénario normalisé, les panaches obtenus à partir du taux d'évaporation probable le plus élevé peuvent être considérés exacts pour la suite des analyses.

Figure 6 : Panache de dispersion de quelques produits analysés



De plus, l'emplacement des écoles et des centres hospitaliers (incluant les centres de soins de longue durée) ont été identifiés afin de mieux cibler les secteurs où une éventuelle évacuation représente un défi logistique de taille. En effet, ces types d'établissements nécessitent des ressources particulières en personnel spécialisé, en transport et en équipement, particulièrement en ce qui concerne les patients hospitalisés. Par conséquent, le niveau de préparation des équipes d'intervention se doit d'être adéquat et les besoins spécifiques à chaque zone d'évacuation doivent être connus. Des analyses comme celles réalisées au cours de cette étude permettront d'identifier ces zones les plus sensibles en cas de déversement.

Figure 7 : Exemple de résultats obtenus



ZONES D'ÉVACUATION	P _i	P _j	r ₁	r ₂	(P ₂)partiel	P ₂
VERT LIME		858	25320	3372	114,264455	
		1261	9337	34,52	4,662067045	
		836	25690	1381	44,94028805	164
ROSE FONCÉ		836	25690	3287	106,9650448	107
MAUVE FONCÉ		836	25690	1714	55,77672246	
		795	6739	22,57	2,662583469	
		0	298	113,4	0	58
VERT FONCÉ		836	25690	1225	39,86376022	
		948	4461	501,9	106,6579691	
	429	429	1030	1030	429	
		437	207	123,6	260,9333333	
		742	2424	506,9	155,164934	
		445	1038	555,5	238,1478805	
		795	6739	42	4,95474106	1235

ZONES D'ÉVACUATION	P _i	P _j	r ₁	r ₂	(P ₂)partiel	P ₂
ROUGE		727	3947	78,23	14,40922473	
		742	2424	542,9	166,184736	
		437	2017	389,6	84,41011403	
		948	4461	126,3	26,8398117	
		1221	9031	901,9	121,9377588	414
BLEU FONCÉ		372	2069	192,8	34,66486225	
		727	3947	2244	413,3235369	
		742	2424	511,5	156,5730198	
		1083	3534	406,3	124,5112903	
		148	367	132,3	53,35258856	
	1221	9031	612,1	82,75651644	865	
JAUNE		237	2435	277,4	26,99950719	
		247	1277	995,1	192,4743148	
		666	2581	988,3	255,0204572	
		1083	3534	695,7	213,1983871	
		1221	9031	100,6	13,60121803	701
ORANGE		666	2581	97,48	25,15369237	
		1083	3534	374,5	114,766129	
		1719	9528	775,7	139,9483942	280

ZONES D'ÉVACUATION	P _i	P _j	r ₁	r ₂	(P ₂)partiel	P ₂
MAUVE PÂLE		869	2580	172,2	58,0069767	
		1719	9528	2091	377,2490554	
		902	5175	697,9	121,6436329	
		1499	14710	330,1	33,63833447	591
GRIS		1719	9528	1251	225,699937	
		569	2580	444	97,92093023	
		1384	6497	13,08	2,78631984	326
VERT PÂLE		1719	9528	1153	208,0192065	
		1631	5118	328,4	104,6542399	
		882	4001	25,12	5,537575606	318
BLEU PÂLE		1631	5118	1918	611,226651	
		431	4530	575	54,70750552	
		590	4155	287	40,75330927	707
ROSE PÂLE		1417	4899	1292	373,7015717	
		915	3648	78,23	19,62183388	
		1042	9160	1563	177,7997817	571

Les résultats obtenus, dont la figure 7 constitue un exemple représentatif, permettent aussi d'identifier deux facteurs qui semblent influencer le niveau de risque auquel la population est exposée. Le premier aspect visé concerne directement les matières dangereuses transportées. En effet, plus ces dernières sont diversifiées et plus le nombre de chargements est important, plus les probabilités de voir survenir un accident impliquant un déversement toxique sont élevées. Cette situation s'illustre avec

l'exemple de la municipalité de St-Hyacinthe où l'*Enquête origine-destination*¹⁴ de 2001 a permis de répertorier 52 matières dangereuses circulant à travers la ville. Or, une telle densité de circulation de produits toxiques peut être directement reliée au fort développement industriel vécu à St-Hyacinthe au cours de la dernière décennie. Il apparaît donc qu'une présence marquée d'industries sur le territoire d'une municipalité peut avoir comme conséquence d'augmenter le risque de faire face à une situation d'urgence découlant d'un accident impliquant un chargement de matières dangereuses.

Il faut aussi mentionner que cette particularité du cas de St-Hyacinthe se répercute même dans les analyses menées pour l'ensemble de la région. Les activités de transport des matières dangereuses ayant pour origine ou destination cette municipalité étant plus importantes qu'ailleurs, les substances les plus transportées pour cet endroit ont donc été identifiées comme étant celles les plus transportées pour la Montérégie en général. Par conséquent, des spécificités propres au territoire des autres agglomérations ont pu être ignorées lors de cette première phase d'analyse.

Un autre facteur ayant une influence sur le niveau de risque d'exposition de la population est mis en évidence par l'exemple de la municipalité de Châteauguay. Ici, la configuration du développement urbain, encadré par le trajet de la route 132, combiné à l'orientation des vents dominants résulte en des scénarios plutôt alarmants. Par exemple, comme l'indique la carte de la figure 8, un déversement d'ammoniac sur la 132 pourrait entraîner l'évacuation de près de 20 000 personnes. Une telle opération demande évidemment un niveau élevé de préparation et d'organisation. D'autant plus que dans un cas où le nombre de personnes à évacuer est important, d'autres problématiques inhérentes à la procédure entourant l'évacuation peuvent se présenter. D'abord, la congestion du réseau routier pour sortir de la zone contaminée est à prévoir. Sans oublier qu'il faudra aussi s'assurer d'être en mesure de rediriger la circulation provenant de l'extérieur si la zone d'évacuation coupe une autoroute ou une route principale afin d'éviter que les automobilistes traversent le nuage de produit dangereux. Ce type de problème est susceptible de compromettre l'efficacité de l'évacuation de la population affectée. Les populations à évacuer estimées pour chaque secteur selon la substance dangereuse impliquée sont aussi disponibles dans le tableau 3.

Ainsi, il ne fait aucun doute que les plans de mesures d'urgence en cas d'accident impliquant des matières dangereuses seront d'une importance capitale pour assurer la sécurité des populations vulnérables. Malgré les efforts faits en matière de sécurité civile depuis la crise du verglas survenue en 1998, il est évident qu'il reste encore beaucoup de travail à faire afin de s'assurer que les municipalités soient prêtes à faire face à ce genre d'événement.

Tableau 3 : Population à évacuer en cas de déversement (en nombre d'habitants)

Substance déversée → Secteurs à l'étude ↓	Acide chlorhydrique		Ammoniac		Formaldéhyde		Hydroxyde d'ammonium		Propane	
	moyenne	pire cas	moyenne	pire cas	moyenne	pire cas	moyenne	pire cas	moyenne	pire cas
Châteauguay	**	**	12 912	19665	**	**	**	**	623	1439
St-Jean-sur-Richelieu	**	**	4884	13062	**	**	**	**	603	2249
St-Hyacinthe	941	2816	4968	8447	75	124	487	1235	900	1658

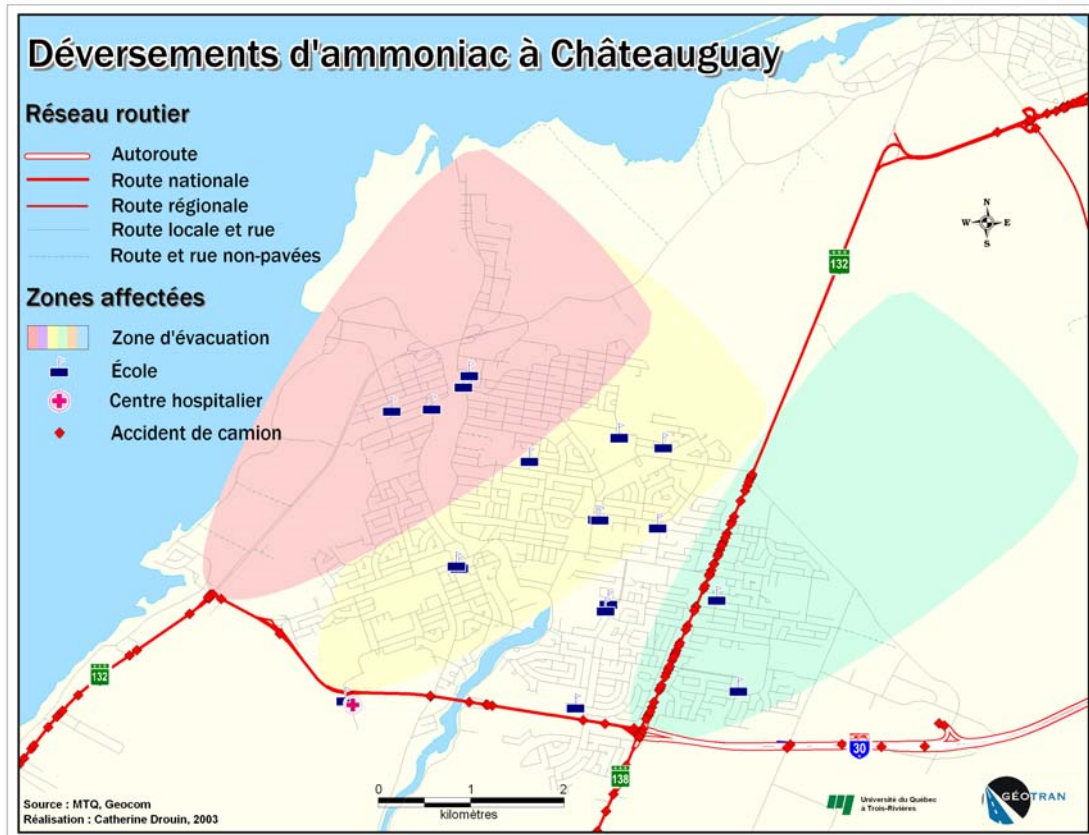
** : la substance n'est pas transportée sur les routes de ce secteur

¹⁴ LEROUX et BEAUDOIN, 2002

Figure 8 : Une évacuation importante ; l'exemple de Châteauguay

Population à évacuer en cas de déversement d'ammoniac à Châteauguay

<i>Panache</i>	<i>Route</i>	<i>Nombre de personnes affectées</i>	<i>Nombre d'écoles dans la zone affectée</i>
Rouge	132	10 367	5
Jaune	132	19 665	8
Vert	132-138	8 703	2



Des recommandations pour augmenter la précision des résultats

Bien que les simulations réalisées démontrent clairement l'impact que pourrait avoir un accident impliquant des matières dangereuses, il n'en demeure pas moins que certains paramètres pourraient être ajoutés aux simulations afin d'en affiner les résultats.

Premièrement, l'emplacement des panaches de dispersion retenus pour le calcul des populations vulnérables a été déterminé suite à une simple analyse visuelle, les sites choisis présentant de façon évidente une concentration plus élevée d'accidents impliquant des matières dangereuses.¹⁵ La localisation des sources potentielles de déversement pourra être raffinée par des analyses statistiques permettant d'établir la fréquence des accidents par tronçon de route tout en tenant compte de leur gravité, surtout en termes du nombre de blessés et/ou morts occasionnés. De cette façon, les secteurs

¹⁵ TRANSPORT CANADA, Système d'information sur les accidents concernant les matières dangereuses

où les accidents sont peu nombreux mais graves seraient identifiés et pourraient alors être inclus dans les analyses subséquentes.

Dans un deuxième temps, on ne tient pas compte ici des zones commerciales ou industrielles où le nombre d'occupants est beaucoup plus élevé durant les heures d'ouverture des bureaux et des commerces. Les données sur la population provenant de Statistique Canada, correspondent au nombre de résidents pour chaque secteur. Du point de vue de la population à évacuer en cas de déversement, les données donnent donc un bon aperçu des gens se trouvant dans le secteur le soir ou la nuit. Il serait donc intéressant de tenir compte de l'utilisation du sol lors de l'estimation des populations affectées. Cet élément permettrait d'inclure dans les analyses les mouvements quotidiens de la population vers les zones commerciales ou industrielles, qui verront leur nombre d'occupants grimper en flèche durant la journée alors que les zones résidentielles seront presque vidées de leurs habitants.

Enfin, les analyses menées pour obtenir les résultats décrits dans ce rapport sont issues de données moyennes en ce qui concerne les conditions atmosphériques. Vu leur grande influence sur le comportement des produits chimiques, on peut supposer que les panaches analysés sont sous-estimés si le déversement a lieu lors d'une journée de canicule. Une prochaine étape d'analyse pourrait donc porter sur le comportement des panaches dans des conditions extrêmes de chaleur, ou de froid pour tenir compte de la possibilité qu'un déversement se produise en hiver alors que les conditions de conduite sont plus difficiles.

Un outil dont l'utilité dépasse la planification de la réponse au sinistre

Ainsi, la possibilité de cartographier la zone affectée par un déversement de matière dangereuse peut assurément être très utile en matière de sécurité civile. Les résultats obtenus peuvent être utilisés par les municipalités dans la planification des mesures d'urgence qui devront être mises en place en cas d'accident. En fait, les municipalités devront non seulement identifier les dangers auxquels elles pourraient faire face mais aussi s'assurer de pouvoir répondre à ces situations d'urgence en élaborant un plan d'intervention approprié.¹⁶ Ce dernier ne sera pas nécessairement le même en fonction de l'endroit où survient l'événement et des analyses comme celles présentées ici permettront de cerner les conditions particulières associées à chaque secteur vulnérable.

Mais devons-nous nous limiter à la gestion des situations d'urgence ? Certainement pas ! L'utilisation de la géomatique appliquée au transport, en permettant d'intégrer une vaste gamme d'informations sur un territoire vulnérable, permettra aussi d'améliorer l'efficacité des stratégies visant à réduire les risques associés au transport des matières dangereuses en milieu urbain. Une meilleure gestion des risques dans le contexte de la planification du transport de marchandises peut être envisagée. L'élaboration de scénarios pertinents et la comparaison des uns avec les autres peuvent entre autres mener à l'identification d'itinéraires pour lesquels les impacts potentiels sont les moins importants. Des solutions préconisant le transport de certaines matières dangereuses en fonction de périodes horaires précises sont également envisageables. Cela est notamment déjà le cas des explosifs qui sont transportés majoritairement de nuit. Le transfert vers d'autres modes de transport que le camionnage, comme le rail, pourrait aussi permettre de mieux baliser le transport de ces marchandises puisque de façon générale, l'industrie du rail est mieux encadrée que celle du camionnage. Bien sûr, une telle orientation des efforts dans un but de prévention implique des changements de pratique et de perception face au transport des matières dangereuses. Avec le développement urbain qui se poursuit sans relâche, cette démarche de conscientisation est sans doute devenue nécessaire.

¹⁶ GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, *Loi sur la sécurité civile*, 2003

En conclusion

Les résultats obtenus lors de ces analyses ont mis en lumière l'ampleur des enjeux reliés au transport des matières dangereuses. Bien au delà de la sécurité routière, les conséquences d'un accident provoquant un déversement de produit toxique affecteraient la sécurité générale de quartiers, voir même de municipalités entières. Ces dernières sont-elles prêtes à faire face à une telle menace ?

Très bientôt, la Loi sur la Sécurité Civile rendra obligatoire l'élaboration et la mise en place de schémas de sécurité civile régionaux ou municipaux pour tous les secteurs du Québec. La première étape de ce processus consistera en l'identification des dangers potentiels. Les chargements dangereux sillonnant les routes devront faire partie de ce *recensement*. Or, la mobilité de la source ainsi que l'irrégularité des itinéraires et des horaires de transport rendront la tâche extrêmement difficile. Ces deux mêmes facteurs compliquent aussi la planification de la réponse en cas de situation d'urgence.

L'étude présentée ici ne fait donc qu'aborder le sujet. Plusieurs aspects nécessitent davantage de précision. Entre autres, l'introduction des informations rattachées aux matricules des propriétés foncières permettra de répartir la population sur le territoire de façon encore plus fidèle à la réalité alors que le fait de tenir compte de l'utilisation du sol permettra de nuancer les prédictions en fonction du moment de la journée. Ces aspects seront d'ailleurs explorés prochainement. Toutefois, il est déjà possible de constater l'importance de pousser plus loin les études sur le sujet ; il en va de la sécurité de la population.

En terminant, les auteurs tiennent à remercier le Ministère des Transports du Québec pour le soutien financier dans ce projet. Nous remercions également Monsieur Marcel Beaudoin, chargé de projet à la direction territoriale Ouest-de-la-Montérégie, pour son support tout au long de ce projet.

BIBLIOGRAPHIE

- ABKOWITZ, Mark et all., *Use of geographic systems in managing hazardous materials shipments*, dans Transportation Research Record, no. 1261, pp. 35 à 43.
- CHAKRABORTY, Jayajit et Marc P. ARMSTRONG, *Using geographic plume analysis to assess community vulnerability to hazardous accidents*, dans Comput., Environ. And Urban Systems, vol. 19, no. 5/6, 1996, pp. 341 à 356.
- DIONNE, Louis et Slavko SEBEZ, *Identification des risques associés au transport des matières dangereuses : Étude des conséquences d'accidents sur le territoire de la ville de Trois-Rivières*, Direction de santé publique de la Régie régionale de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec, 2002.
- EVANS, Mary, Robert JONES et Roy OVERSTREET, *Modeling hydrochloric acid evaporation in ALOHA*, National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, Rapport no. HAZMAT 93-3, juillet 1993.
- LEROUX, Denis et Marcel BEAUDOIN, *Le transport des matières dangereuses en Montérégie : L'enquête origine-destination*, Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, septembre 2002.
- LEWIS, Richard J. Sr, *Hazardous chemicals desk reference*, John Wiley and Son inc., Wiley-Interscience, New York, 2002, 5e édition, 1695 pages.
- Ministère de la Sécurité Publique, Direction générale de la sécurité civile, Service de la formation, *La sécurité civile au Québec : Manuel de base*, Gouvernement du Québec, Sainte-Foy, 1994.
- Ministère de la Sécurité Publique, *Loi sur la sécurité civile*, Publications du Québec, Gouvernement du Québec 2003, consulté à l'adresse suivante : http://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/S_2_3/S_2_3.html
- PUDERER, Henry, *Présentation de l'aire de diffusion pour le recensement de 2001 : une mise à jour*, Division de la géographie, Statistique Canada, juin 2001.
- SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE DU CANADA, *Table des ressources en énergie éolienne du Canada*, obtenus auprès de la Direction des archives nationales et de la gestion des données.
- STATISTIQUE CANADA, *Recensement 2001*, données sur la population et support cartographique.
- TRANSPORT CANADA, Direction générale du transport des marchandises dangereuses, *Système d'information sur les accidents concernant les matières dangereuses (SIACMD/DGAIS)*, base de données, 1988 à 2000.
- UAI Environmental, *PlotALOHA*, UAI Groupe, Pennsylvanie, Etats-Unis.
- U.S. Environmental Protection Agency et National Oceanic and Atmospheric Administration, *ALOHA User's manual*, août 1999.
- U.S. Environmental Protection Agency et National Oceanic and Atmospheric Administration, *ALOHA Student Workbook*, 1999.
- U.S. Environmental Protection Agency et National Oceanic and Atmospheric Administration, *'What are the differences between Screening & Scenarios, ALOHA, and RMP endpoint distances?'* dans *CAMEO User's Manual*, Mai 2002, pp.152-153. Consulté à l'adresse suivante : <http://www.epa.gov/ceppo/cameo/index.html>