

Congrès annuel 2011 de l'association des transports du Canada

APPLICATION DES ROUTES 2+1 AU QUÉBEC

**Marina Fressancourt, géog., M. Urb. – CIMA+
Sébastien Labonté, géog., M. Sc. – CIMA+**

EXPOSÉ PRÉPARÉ POUR

**LA SÉANCE SUR « APPLICATION OF INNOVATION TO
IMPROVE ROADWAY SAFETY »**

**DU CONGRÈS ANNUEL DE 2011 DE
L'ASSOCIATION DES TRANSPORTS DU CANADA
À EDMONTON (ALBERTA)**

1 Résumé

Depuis de nombreuses années, le ministère des Transports du Québec (MTQ) souhaite diminuer le nombre de collisions frontales sur son réseau routier. Il s'agit du type d'impact le plus recensé lors d'une collision qui cause la mort sur les routes de la province du Québec. Différents aménagements et mesures ont été implantés, mais les collisions frontales constituent toujours une préoccupation pour le ministère dans la poursuite d'une amélioration globale du bilan routier. Aussi, pour diminuer le risque de collisions, plusieurs conversions de routes à deux voies contiguës en autoroutes sont réalisées, alors que les débits véhiculaires sont faibles. L'impact économique et environnemental de la conversion est aussi important dans un contexte de développement durable.

En Europe, un concept de route a été développé : il s'agit des routes de type 2+1. Cette conception géométrique s'inscrit dans un mouvement de réflexion de nouvelle façon de faire qui a débuté dans les années 1990, où certains pays européens avaient comme objectif la diminution importante des collisions mortelles/ blessures corporelles et ce, en respectant les finances publiques des pays et le développement durable. Les premières expériences de l'application des routes 2+1 démontrent des gains satisfaisants au niveau de la sécurité et de la circulation.

1.1 Objectifs de l'étude

Actuellement, au Québec, les routes de type 2+1 ne sont pas normées par le ministère des Transports du Québec. L'objectif de l'étude rapportée dans ce texte est de démontrer l'applicabilité ou non de ce type de route sur le réseau routier québécois.

1.2 Méthodologie

Une importante revue littéraire a été réalisée dans le cadre de cette étude afin :

- d'identifier les causes et les tendances des collisions frontales sur le réseau du MTQ, de les comparer aux autres types de collisions et de déterminer les coûts sociaux reliés aux collisions frontales;
- de caractériser les glissières médianes pour séparer les voies à contresens;
- de caractériser les routes de type 2+1;
- d'évaluer les bénéfices/coûts des routes de type 2+1 versus les routes contiguës;
- de dresser les critères d'applicabilité ou non des routes de type 2+1 au Québec.

1.3 Conclusions

Le concept de route de type 2+1, d'après la revue de littérature réalisée notamment via l'expertise suédoise, semble applicable aux routes québécoises. Néanmoins, si le MTQ désire normaliser la route 2+1, les normes devront tenir compte des caractéristiques propres au réseau du MTQ. Des critères, tels que le nombre de collisions, les débits véhiculaires, les coûts de construction et d'entretien, les impacts sur l'environnement et la configuration du réseau routier (accès, intersection, etc.) devront être étudiés en détail pour garantir la faisabilité au cas par cas.

Il est important de mentionner que les informations, les recommandations et les conclusions décrites dans ce document n'ont pas été approuvées par le ministère des Transports du Québec. Il s'agit d'un projet actuellement en cours.

2 Texte

2.1 Contexte

Au Québec, sur une période comprise entre 1990 et 2010, 7 741 collisions mortelles ont été recensées sur le réseau routier sous juridiction du ministère des Transports du Québec (MTQ). Parmi ces événements, 30 % des collisions sont de type frontal, alors que ce type de collision ne représente que seulement 2 % des collisions. (1)

De prime abord, les collisions frontales surviennent davantage dans un milieu rural sur les routes à deux voies contiguës dont la vitesse affichée est de 90 km/h. Selon le *Highway Safety Manuel* (2), il s'avère que le profil en travers des routes, particulièrement la largeur des voies et des accotements ainsi que les débits, a une grande influence sur la fréquence des collisions frontales sur les routes rurales à chaussées contiguës.

Au fil des années, plusieurs mesures ont été implantées au Québec dans le but de réduire les collisions de type frontal, telles que des bandes rugueuses, des glissières, ou même l'ajout d'accotements. Toutefois, ce type de collision constitue toujours une préoccupation pour le MTQ dans la poursuite d'une amélioration globale du bilan routier.

Certains pays européens ont développé un nouveau type d'aménagement routier consistant en une route à une voie par direction offrant, à intervalles réguliers, une voie auxiliaire de dépassement, et ce, alternativement dans une direction et dans l'autre. Ce type d'aménagement est connu sous l'appellation du terme suivant : route de type 2+1. À ce concept routier, mais non systématique, s'ajoute l'aménagement d'une glissière médiane au centre de la chaussée afin de réduire le risque d'empiétement dans la voie inverse.

Cette conception géométrique s'inscrit dans un mouvement de réflexion de nouvelle façon de faire qui a débuté dans les années 1990 où certains pays européens avaient comme objectif la diminution importante des collisions mortelles/blessures corporelles et ce, en respectant les finances publiques des pays et le développement durable. Les premières expériences de l'application des routes 2+1 démontrent des gains satisfaisants au niveau de la sécurité et de la circulation. Aujourd'hui, plusieurs pays européens ont leur propre guide de conception de route de type 2+1.

2.2 Caractérisation des routes de type 2+1

Pour mener à terme cette section, plusieurs thématiques de la route de type 2+1 sont passées en revue, à savoir :

- les généralités et le contexte;
- les caractéristiques géométriques;
- la gestion des intersections et des accès;
- la signalisation et le marquage;
- l'acceptation des conducteurs;
- l'usage des glissières à câbles haute tension;
- l'entretien;
- les impacts sur la circulation et la sécurité.

2.2.1 Généralité et contexte

Contexte historique

La route de type 2+1 est connue et exploitée en Europe depuis les années 1980. Cette route est venue combler l'écart qui subsistait entre l'autoroute et la route à deux voies contiguës afin de fournir un intermédiaire en termes de coûts, de sécurité, de circulation et d'impact sur l'environnement (3, 4 et 5). En ce qui a trait à l'écart qui existe entre l'autoroute et la route à deux voies contiguës, les normes (6) de conception routière du Québec ne font pas exception à cette règle. En effet, le Québec démontre une grande souplesse de débit quant au choix de la classification fonctionnelle d'une route. Par exemple, une autoroute peut supporter aussi peu qu'un débit journalier moyen annuel (DJMA) de 8 000 véh./j, alors qu'une route nationale peut supporter un DJMA compris entre 500 et 15 000 véh./j. (7).

En ce qui concerne la sécurité, la Suède est le pays ayant le plus fait avancer ce type de route par l'introduction d'une glissière à câbles haute tension pour séparer les voies à contresens. Aujourd'hui, plus de 2 000 km de route de type 2+1 sont aménagés, et ce, sur de longs itinéraires. L'expérience suédoise est bien documentée dans la littérature. D'ailleurs, un rapport du *National Cooperative Highway Research Program* (NCHRP) recommande l'aménagement de ce type de route aux États-Unis (8).

Définition du concept

La route de type 2+1 est une catégorie spéciale de route à trois voies dont la voie centrale est alternativement affectée à chacun des sens. Elle consiste à deux voies dans un sens et une dans l'autre, avec une alternance régulière des sections. Cette route permet le dépassement dans le sens à deux voies, alors que le dépassement y est interdit dans la direction à une seule voie.

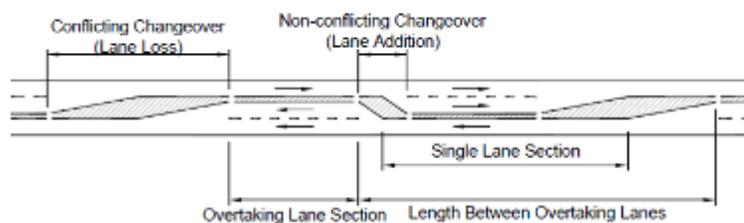
La vitesse affichée de la route de type 2+1 est variable. En effet, celle-ci peut être de 90 km/h, alors qu'elle peut aussi être de 110 km/h dans certains cas, lorsqu'il y a contrôle des accès et présence de carrefours dénivelés. Selon le pays, les voies à contresens peuvent être séparées par une glissière de sécurité ou non. La figure 1 illustre des exemples de la route de type 2+1 en Suède.

Figure 1 : Exemples de route de type 2+1 en Suède (9)



La figure 2 présente de manière schématique le concept de route de type 2+1.

Figure 2 : Concept de la route de type 2+1 (10)



En référence à la figure 2, les termes particuliers aux différents éléments géométriques de base d'une route de type 2+1 sont les suivants :

- **Zone de transition « Changeover »** : Section de la route qui implique un changement dans l'utilisation prévue de la voie du milieu d'une route 2+1. Deux types de zones de transition sont présents dans une route 2+1 :
 - **Zone de transition critique « Conflicting Changeover »** : Section de la route où il y a perte de voie pour la voie du milieu;
 - **Zone de transition non critique « Non-conflicting Changeover »** : Section de la route où il y a gain de voie pour la voie du milieu;
- **Tronçon à une voie « Single Lane Section »** : Section de la route où la circulation est à une voie;
- **Tronçon à deux voies « Overtaking Lane Section »** : Section de la chaussée où la circulation est à deux voies pour la même direction.

Enfin, il existe différents types de route 2+1 (11) : la route conventionnelle, qui permet la connexion aux intersections et aux accès, et la route de type semi-autoroute, qui interdit les carrefours à niveau, les accès aux riverains ainsi que les usagers vulnérables et les véhicules agricoles.

Expérience suédoise

En Suède, la politique « Vision zéro » a conduit à mettre l'accent sur plusieurs programmes, dont la conception des routes. En effet, les routes sont construites ou reconstruites avec des fonctionnalités qui assurent une réduction de l'exposition au risque des usagers, et ce, en considérant que les collisions font partie de la réalité d'un réseau routier; le but est d'assurer que les collisions aient le moins d'impact possible sur la sécurité des usagers. Aujourd'hui, la Suède présente l'un des plus faibles taux de mortalité par million de véhicules/kilomètres au monde (12).

La mise en opération des routes de type 2+1 fait partie intégrante de la politique « Vision zéro ». Ce type de route était bien connu et implanté ailleurs en Europe avant sa mise en opération en Suède. Il présentait des résultats intéressants, ce qui a justifié son expérimentation en Suède. Un élément nouveau est intégré par la Suède dans le concept : les voies à contresens sont séparées par une glissière à câbles haute tension (13).

En Suède, le créneau occupé par les routes à deux voies contiguës sont celles de 13 m de largeur (voies de circulation de 3,75 m et accotements revêtus de 2,75 m). Dans les années 1990, on compte plus de 4 000 km de routes bidirectionnelles de 13 m. Ces routes ont un trafic compris entre 2 000 et 14 000 véhicules par jour, dont une part importante de poids lourds.

L'enjeu de sécurité sur le réseau des routes de 13 m est important : 20 % du nombre total de collisions par année et le tiers des accidents hors agglomération.

Compte tenu du débat politique concernant le réseau autoroutier, de l'objectif « Vision zéro », des problèmes de sécurité posés par les routes de 13 m et de la diminution substantielle des crédits d'investissements pour le réseau interurbain, le gouvernement suédois met en place un programme pilote pour l'aménagement des routes de type 2+1. Ce programme repose sur la mise en place de 15 projets pilotes de routes de type 2+1. Ainsi en 2004, 1 000 km sont comptabilisés, le nombre monte à 1 850 km en 2007 (8) et 2 000 km en 2008 (14).

Expérience québécoise

Dans les dernières années au Québec, deux routes de type 2+1 ont été aménagées. L'autoroute 50, entre Mabel et Grenville, sur une longueur totale de 9 km, ainsi que la route 133, entre Sainte-Anne-de-Sabrevois et Philipsburg, sur une longueur d'environ 31 km, en incluant les traversées d'agglomération.

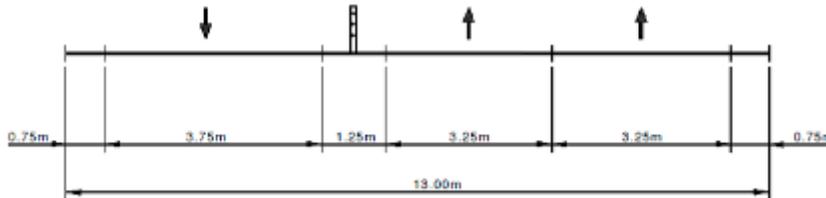
L'autoroute 50 est de type semi-autoroute où les carrefours sont dénivelés et les accès sont contrôlés. Les raisons qui ont amené le MTQ à construire une nouvelle route en route 2+1 étaient la prévision des DJMA, qui sont actuellement de 7 000-8 000, et l'élimination des dépassements dans la voie inverse. Présentement, aucune glissière de sécurité n'est aménagée dans la zone médiane. La route 133 a subi une conversion d'une route avec la présence d'une voie de virage à gauche dans les deux sens (VVG2S) en route 2+1. Aucune glissière de sécurité n'est aménagée dans la zone médiane.

2.2.2 Géométrie

Deux aspects géométriques sont abordés dans la littérature : le profil en travers et la voie de dépassement proprement dite. Les données géométriques disponibles proviennent des pays suivants : Suède, France, Royaume-Uni, Irlande, Allemagne et Finlande.

Il en ressort, pour le profil en travers, que la géométrie globale (tronçons à une voie et à deux voies) est très similaire d'un pays à l'autre. La figure 3 illustre un profil typique de route de type 2+1. Ce profil transversal fait partie intégrante de différents profils proposés par la *Swedish National Road Administration* (SNRA).

Figure 3 : Profil en travers d'une route 2+1 (8)



Par contre, le concept de route de type 2+1 est adapté selon la situation et surtout par rapport à son environnement. De façon générale, il appert qu'il y a une variabilité dans la largeur totale des profils en travers des différents pays traités. En effet, la largeur des accotements varie entre 0,25 et 1,5 m. Ensuite, la largeur des voies varie entre 3,0 et 4,25 m ainsi qu'entre 3,0 et 3,5 m pour le tronçon à une voie et à deux voies respectivement.

Concernant l'aménagement médian séparant les voies à contresens, les dispositifs utilisés sont variables. En effet, la Suède et l'Irlande implantent de façon systématique une glissière à câbles haute tension (figure 4) alors que la France plante une glissière rigide (figure 5). La Finlande, n'ayant aucun dispositif médian au début des années 2000, recommande maintenant l'aménagement d'une glissière à câbles haute tension pour toute nouvelle construction. Le Royaume-Uni et l'Allemagne n'aménagent aucun dispositif médian, mais offrent une surlargeur pour séparer les voies à contresens. D'ailleurs, l'Allemagne utilise les bandes rugueuses comme séparateur médian. (8)

Figure 4 : Glissière à câbles haute tension – exemple suédois (8)

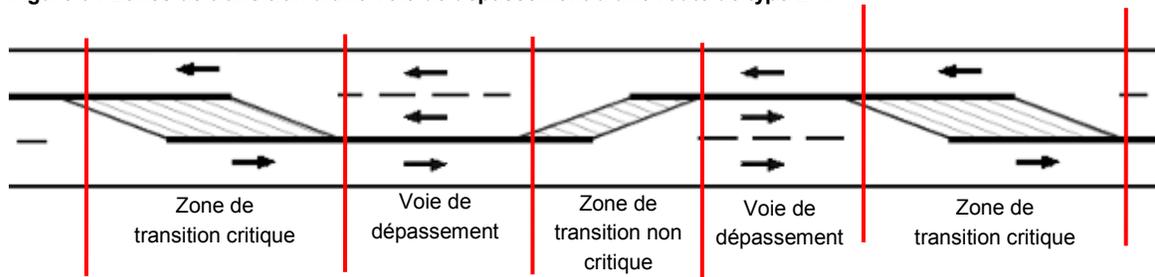


Figure 5 : Glissière rigide (15)



Concernant la voie de dépassement, celle-ci comprend divers aspects géométriques, dont la voie de dépassement proprement dit, la zone de transition critique et la zone de transition non critique, telle que l'illustre la figure 6.

Figure 6 : Zones de transition d'une voie de dépassement d'une route de type 2+1



La longueur de la voie de dépassement est influencée par l'alignement de la route, la topographie, l'environnement ainsi que par le positionnement des intersections. En général, la voie de dépassement peut varier entre 1,0 et 2,5 km (8).

Enfin, la longueur de la zone de transition critique est évidemment plus longue que la transition non critique afin d'offrir au conducteur une marge de sécurité supplémentaire lors de la convergence des deux voies en une seule. La zone de transition critique varie entre 180 et 500 m et entre 30 et 150 m pour la zone de transition non critique en fonction des pays traités.

2.2.3 Gestion des intersections et des accès

Que l'on soit en présence d'une route 2+1 conventionnelle ou de type semi-autoroute, les intersections à niveau ou dénivelées sont localisées dans les zones de transition. De plus, la canalisation des manœuvres de virage est systématique lorsque l'intersection est à niveau. Il est constaté que la présence d'intersections trop nombreuses a un impact sur la faisabilité de la route 2+1. Pour ce qui est des accès riverains, ceux-ci sont limités au minimum et même interdits dans le cas d'une route 2+1 de type semi-autoroute. Les figures 7 et 8 illustrent des exemples d'intersection en Suède pour une route 2+1 (8).

Figure 7 : Exemple d'intersection en T d'une route 2+1 en Suède



Figure 8 : Exemple d'intersection en croix d'une route 2+1 en Suède



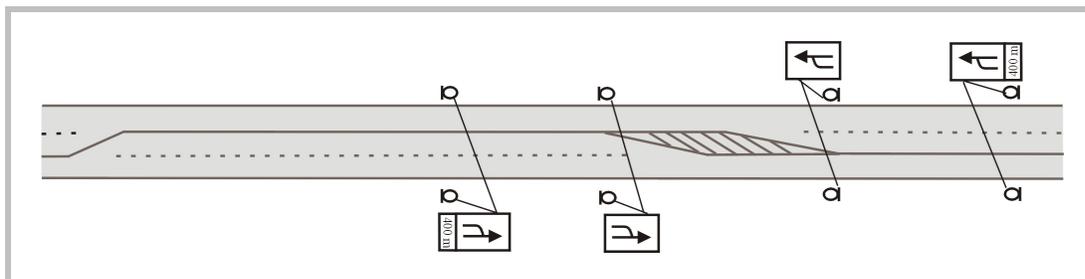
2.2.4 Signalisation et marquage

La littérature démontre que la signalisation et le marquage d'une route 2+1 ne sont pas différents de ce qui est mis en place pour une voie de dépassement traditionnelle. Une seule particularité pour certains pays est l'ajout de panneaux indiquant la longueur de la voie de dépassement à venir.

Certains pays comme la Suède, l'Allemagne et le Royaume-Uni, installent les panneaux appropriés des deux côtés de la route (droite et gauche pour les deux directions), alors qu'en Finlande, les panneaux sont seulement du côté droit. En ce qui concerne le marquage, seule une flèche

directionnelle identifie la fin de la voie de dépassement. La figure 9 présente un exemple suédois des panneaux de signalisation relative à la zone de transition (11).

Figure 9 : Panneaux de signalisation et marquage dans les zones de transition



2.2.5 Acceptation des conducteurs

Au fil des années, les concepteurs des différents pays (8) apprécient et supportent la route 2+1. Les conducteurs croient que la route 2+1 est plus sécuritaire qu'une route à deux voies contiguës. En effet, ces derniers se sentent plus confortables et avouent qu'il est plus facile d'effectuer des manœuvres de dépassement.

2.2.6 Usage des glissières à câbles haute tension

La Suède est l'un des pays à avoir recours à un dispositif médian. Les autorités utilisent des glissières à câbles haute tension de type CEN N2 constituées de 3 ou 4 câbles.

Les principaux éléments considérés par la Suède pour l'implantation des glissières médianes à câbles haute tension sont les suivants :

- **Entretien** : la ligne de rive de la zone médiane doit être visible et la neige doit être enlevée sur une distance minimale de 0,4 m de la ligne de rive de la zone médiane. De plus, une voie de circulation, du tronçon à deux voies, doit être fermée lorsque les poteaux doivent être remplacés;
- **Contrôle des accès** : le nombre d'entrées privées et d'intersections avec accès aux routes 2+1 doit être minimisé;
- **Motocyclistes** : selon une étude réalisée par les autorités suédoises (SNRA) (16), aucune évidence ne permet d'affirmer que le risque de collisions mortelles augmente suite à l'utilisation de glissières médianes à câbles.
- **Véhicules lourds** : peu de données permettent de déterminer le niveau de performance des glissières à câbles face aux collisions impliquant des véhicules lourds. Par contre, malgré le fait que les glissières n'ont pas été conçues spécifiquement pour résister aux véhicules lourds, l'expérience suédoise montre qu'elles offrent un bon niveau de sécurité.

Des tests ont été réalisés par le *National Highway and Transportation Research Institute* sur des glissières à câbles de type EN 1317 H2. Ces tests ont permis de vérifier le niveau de performance des glissières à câbles lors d'un impact avec un autobus circulant à 70 km/h et entrant en contact avec la glissière selon un angle de 20°. La figure 10 montre le comportement de ces glissières selon des intervalles de 0,0 s 0,7 s et 2,0 s à la suite de la collision initiale de l'autobus avec la glissière de sécurité (17).

Figure 10 : Aperçu de la déformation dynamique d'une glissière à câble haute tension avec un autobus (18)



0,0 seconde

0,7 seconde

2,0 secondes

2.2.7 Entretien

À l'exception de la Suède (5), très peu de pays ont documenté cet aspect. A priori, la Suède avait prévu certains problèmes d'entretien (réparation des glissières à câbles haute tension dans l'espace médian, activités de déneigement) auxquels elle n'a finalement pas été confrontée de manière importante. Étant donné que la glissière à câbles est heurtée fréquemment, soit deux collisions par kilomètre par année, une augmentation du nombre d'interventions sur le terrain est enregistrée en comparaison à une route à deux voies contiguës. Il est à noter que la glissière à câbles est réparée quelques heures suivant la collision. De plus, la largeur de la médiane oblige les travailleurs à manœuvrer dans un espace restreint à proximité de la circulation. Pour assurer au maximum la sécurité des travailleurs et des conducteurs, la Suède a établi des façons de faire, telles que décrites dans ce document (figure 11). D'ailleurs, aucune information ne confirme une augmentation du nombre de collisions en période de travaux lors de réparation des glissières à câbles.

une amélioration de deux niveaux de service par rapport à une route à deux voies contiguës avec voies de dépassement isolées (8).

■ Voie de dépassement

L'impact de la voie de dépassement de la route de type 2+1 est similaire à celle de la voie de dépassement isolée à l'exception que la route de type 2+1 offre une voie de dépassement en alternance à tous les 2,5 km environ. Cet aménagement permet donc de réduire l'effet de peloton tout au long de la route 2+1, contrairement à une voie de dépassement isolée où l'effet de peloton réapparaît rapidement à environ 2,0 km en aval de la voie de dépassement. (19)

■ Vitesse

Généralement, la vitesse affichée de la route de type 2+1 varie entre 90 et 110 km/h. Cette variation peut être tributaire au type de route de type 2+1 aménagé : conventionnelle avec intersections à niveau (90 km/h) ou semi-autoroute où les intersections à niveau et les accès sont proscrits (110 km/h). À noter que la Suède et la Finlande limitent la vitesse permise des véhicules lourds à 80 km/h (8). De plus, la Suède réduit la vitesse affichée à 70 km/h dans l'environnement immédiat des intersections à niveau importantes (5).

La revue de littérature montre que l'on assiste à une augmentation de la vitesse lors de l'implantation d'une route de type 2+1 de manière statistiquement significative. Le confort offert par la route de type 2+1 favorise des vitesses pratiquées élevées. Seule la réglementation peut contraindre les vitesses. D'ailleurs, il a été noté une augmentation des vitesses pratiquées en moyenne de 2 km/h versus une route à deux voies contiguës. Aucun ouvrage n'a démontré que l'augmentation des vitesses a eu un impact négatif sur la sécurité des usagers (20).

Impact sur la sécurité

Les pays ayant réalisé une évaluation des statistiques de collisions confirment d'excellents bilans routiers pour la route 2+1. L'Allemagne (8), qui aménage des bandes rugueuses pour le traitement de la médiane, montre que le niveau de sécurité de la route 2+1 est comparable à celui d'une autoroute

La Suède démontre une nette diminution du nombre de collisions mortelles et graves (14) suite à la conversion de routes à deux voies contiguës en route 2+1. En mai 2009, la conversion de routes conventionnelles à 13 m en route de type 2+1 montre une réduction de 55 à 60 % des collisions impliquant des blessures graves et une réduction de 75 à 80 % des collisions mortelles (14). En raison de l'introduction d'une glissière à câbles haute tension pour séparer les voies à contresens, la Suède a pratiquement éliminé les collisions de type frontal, ce qui a eu comme impact direct de réduire de plus de la moitié le nombre de collisions mortelles et graves sur tous les types de route 2+1. En revanche, les collisions avec la glissière à câbles sont fréquentes, mais celles-ci occasionnent généralement des dommages matériels seulement (8).

De façon plus spécifique, la *Sweden National Road and Transport Research Institute* (16) a réalisé une analyse spécifique des taux d'accidents de différentes routes 2+1. Le tableau 1 présente différents indicateurs de sécurité des routes 2+1 ainsi que la réduction des collisions suite à l'implantation des routes de type 2+1 versus les routes à deux voies contiguës.

Tableau 1 : Indicateurs de sécurité des différents types de route de type 2+1 en Suède – Comparaison avec deux voies contiguës conventionnelles et semi-autoroute

Types de route de type 2+1 avec glissière à câbles	Nombre tué et grave par million de paires d'essieux-kilomètres		Réduction VS deux voies contiguës (13 m)		Nombre tué et grave / nombre tué-grave-léger (section courante)	Réduction VS deux voies contiguës
	Intersection et section courante	Section courante	Intersection et section courante	Section courante		
Conventionnelle à 90 km/h	0,0177	0,0104	63 %	74 %	0,17	66 %
Conventionnelle à 110 km/h	0,0305	0,0238	39 %	46 %	0,25	55 %
Semi-autoroute à 90 km/h*	0,0177	0,0146	62 %	66 %	0,19	63 %
Semi-autoroute à 110 km/h*	0,0219	0,0209	57 %	56 %	0,25	58 %
2+1 sans glissière**	0,0323	0,0250	31 %	39 %	0,31	36 %

* Les intersections font référence à des carrefours dénivelés

** Très peu de routes de type 2+1 sont sans glissière médiane – Dans ce cas, des bandes rugueuses sont aménagées

En résumé, la route de type 2+1 conventionnelle à 90 km/h offre le meilleur niveau de sécurité à comparer aux types de route 2+1, sans discriminer la forte réduction du nombre de tué grave par million de paires d'essieux-kilomètres pour tous les types de route 2+1 comparativement aux routes à deux voies contiguës.

Impact économique

L'analyse des coûts d'implantation des expériences européennes d'implantation de routes de type 2+1 montre que les coûts de construction d'une route 2+1 sont inférieurs à celui d'une route à quatre voies et d'une autoroute. Le CRE Capitale Nationale (7) renforce cette hypothèse en montrant que les coûts de construction d'une route de type 2+1 avec glissières à câbles séparant les voies à contresens sont inférieurs d'environ un 33 % à celui d'une route à quatre voies, et de 50 % à celui d'une autoroute (10).

Une analyse effectuée par l'Irlande (21) confirme également que les coûts d'une route de type 2+1 sont 23 % moins cher qu'une route ordinaire à quatre voies (séparées ou non). Cependant cette étude du NRA souligne que les coûts d'entretien sont plus élevés pour les routes de type 2+1.

Un certain nombre d'études des coûts d'entretien et d'exploitation ont été menées sur les routes de type 2+1 en Suède (16). Les coûts d'exploitation par kilomètres de route par année avant et après la conversion d'une route à deux voies contiguës en route 2+1 ont été calculés. En résumé, les coûts d'entretien hivernal ont augmenté (entre 300 et 1 500 \$ en fonction des routes par km et par an). L'augmentation est encore plus importante pour les semi-autoroutes (2 300 à 4 600 \$ par km et par an). Cela s'explique par la nécessité de ressources supplémentaires. Par contre, l'utilisation de sel n'a pas augmenté, elle reste inchangée avec environ 0,1 tonne par km et par épandage (verglas ou neige). Les coûts qui subissent la plus forte augmentation sont les coûts liés aux glissières à câbles séparant les voies à contresens comprenant les coûts de réparation des barrières.

La sécurité routière est l'une des principales raisons de la conversion des routes à deux voies contiguës en route de type 2+1 ou à la construction de nouvelle route 2+1. En Allemagne (8), une étude a montré que le taux de collisions des routes de type 2+1 est inférieur à ceux de tous les autres types de routes à deux voies. Le ratio avantages-coûts de la transformation de routes existantes en routes de type 2+1 est compris entre 1 et 10.

Une étude suédoise montre que l'investissement de construction par kilomètre (km) par rapport à la diminution annuelle des collisions permet une économie sur l'efficacité d'environ 3 millions de dollars pour les routes de type 2+1 conventionnelle en comparaison à une route à 2 voies contiguës. (16)

2.3 Calcul des bénéfices/coûts pour le Québec

2.3.1 But

Le but de l'analyse bénéfices-coûts dans le cadre de cette étude est de comparer les avantages et les coûts reliés à l'implantation d'une route 2+1 ou d'une autoroute par rapport à une route rurale à deux voies (route nationale), afin de déterminer le scénario maximisant le rendement des investissements pour la société. De ce fait, la route nationale représente le scénario de référence auquel les différents scénarios sont comparés.

Les bénéfices sont déterminés par l'amélioration de la sécurité, soit par la réduction des coûts reliés aux collisions. Quant aux coûts relatifs aux différents scénarios, les coûts de construction, ainsi que les coûts d'entretien et d'exploitation ont été considérés.

2.3.2 Scénarios d'analyse

Les scénarios d'analyse sont les suivants :

- Route nationale – Une route nationale est une route à deux voies et deux directions en milieu rural avec une vitesse affichée de 90 km/h.
- Route 2+1 – Au total, quatre variantes de route 2+1 sont analysées (route conventionnelle et semi-autoroute ainsi qu'avec et sans glissière médiane), dont un concept de base qui consiste en une route à trois voies dont la voie centrale est alternativement affectée à chacun des sens.
- Autoroute – Le type d'autoroute considéré est une autoroute à quatre voies en milieu rural avec aménagement de fossé gazonné dans le terre-plein central

2.3.3 Méthode

L'analyse bénéfices-coûts est réalisée en utilisant le critère du ratio de la valeur actualisée des avantages sur la valeur actualisée des coûts (VAA/VAC). Les valeurs actualisées sont calculées afin de comparer les flux financiers survenant sur l'ensemble d'une période d'analyse, en ramenant tous les avantages et coûts sur une même base.

Détermination des bénéfices

Selon la littérature consultée, les routes 2+1 et les autoroutes offrent un niveau de sécurité plus élevé pour les usagers qu'une route rurale à deux voies. De ce fait, les avantages de chacun des concepts sont évalués en termes de réduction des coûts de collisions par rapport aux routes rurales contiguës. Dans le but de distinguer les coûts associés des collisions pour les différents scénarios, les deux paramètres suivants doivent être connus :

- nombre de collisions prédit;
- coûts sociaux des collisions.

Les bénéfices reliés aux réductions des coûts de temps d'attente et de déplacements, des impacts environnementaux, du coût d'utilisation des véhicules et de la valeur résiduelle ou de revente future des équipements ou des infrastructures ne sont pas évalués dans le cadre de cette analyse.

Prédiction du nombre de collisions

La prédiction du nombre de collisions a été réalisée à l'aide de fonctions de performance de sécurité (FPS) et de facteurs de modification des collisions (FMC).

Fonction de performance de sécurité

Suite à une recherche dans la littérature, aucune fonction de performance n'a été trouvée spécifiquement pour les routes 2+1. De ce fait, une fonction de performance pour les routes rurales à deux voies a dû être utilisée. À cette FPS, un facteur de modification des collisions évaluant une proportion de réduction des collisions lors de la conversion d'une route à deux voies contiguës en route 2+1 a été appliqué.

La prédiction du nombre de collisions pour les autoroutes a nécessité l'utilisation d'une FPS spécifique à ce type d'éléments routiers. Étant donné qu'aucune FPS n'est disponible à partir des conditions routières du Québec, des FPS ayant été développées par le ministère des Transports de l'Ontario (MTO) ont été utilisées.

Facteurs de modification des collisions (FMC)

Les facteurs de modification des collisions utilisés pour cette analyse sont basés principalement sur l'expérience suédoise en raison des nombreuses conversions de routes rurales à deux voies en route 2+1 qui y ont été réalisées depuis les vingt dernières années. Par conséquent, l'impact des routes 2+1 sur les collisions mortelles et avec blessés est bien documenté. Tout dépendamment du type d'aménagement de route 2+1, une réduction variant de 7 % à 55 % (8) du nombre de collisions mortelles et avec blessés est à prévoir. Cependant, la documentation consultée ne permet pas de statuer avec confiance sur l'effet d'une conversion de route rurale à deux voies en route 2+1 sur les collisions avec dommage matériel seulement. Pour cette raison, l'évaluation de la réduction des coûts de collisions a été effectuée seulement pour les collisions mortelles et avec blessés.

Coût des collisions

Les coûts sociaux retenus des collisions ont été obtenus selon la méthode du capital humain (22). Les coûts en valeur de 2006 en fonction de la gravité des collisions sont les suivants :

- Mortelles : 591 258 \$
- Avec blessés graves : 160 823 \$
- Avec blessés légers : 19 816 \$
- Avec dommages matériels seulement : 12 351 \$

Détermination des coûts

Deux types de coûts ont été considérés pour l'analyse avantages-coûts soit, les coûts de construction ainsi que des coûts d'exploitation et d'entretien.

Des coûts de construction ont été estimés pour les différents scénarios. À ces coûts construction, s'ajoutent les coûts d'entretien et d'exploitation en termes de longueur pondérée et en fonction des saisons (hiver et été). Puisque l'analyse ne tient pas compte d'une route existante, les coûts de construction ne prennent pas en compte les coûts d'acquisition de terrain et de réhabilitation. Il est à noter que ces coûts peuvent varier en fonction du milieu et de différentes contraintes (géotechnique, environnement, etc.).

2.3.4 Résultats

Pour la présentation des résultats, il est à noter que les ratios calculés font toujours référence au scénario de base, soit par rapport à une route nationale à deux voies contiguës. Dans tous les cas, peu importe la variabilité des DJMA, longueur du tronçon et la durée de la période, la route 2+1 avec séparateur médian, offre toujours un ratio bénéfices/coûts supérieur (avantageuse) en comparaison à une route 2+1 sans dispositif médian et à une autoroute.

Tel que mentionné dans la méthodologie d'analyse, l'absence de FPS pour la route 2+1, il est impossible de statuer sur le moment où l'on doit convertir une route à deux voies contiguës en route 2+1 et d'une route 2+1 à une autoroute. Par contre, il est possible d'affirmer que les DJMA des routes 2+1, en Suède, varient entre 4 000 et 20 000. (8 et 11) Selon cette information, il est possible d'élaborer un cas d'analyse pour une construction d'une nouvelle route, soit en route 2+1 ou en autoroute, à savoir :

- Période d'analyse en année (Horizon) : 20 ans
- DJMA en 2011 : 10 000
- DJMA prévue en 2031 : 15 000 (correspond à une augmentation de 2 % par année)
- Longueur du tronçon : 25 km

Selon ces paramètres, une route 2+1 offre un ratio de 0,37 alors qu'une autoroute a un ratio de 0,09. Autrement dit, la route 2+1 offre un meilleur ratio bénéfices/coûts de l'ordre de 4 fois plus important selon les paramètres établis.

2.4 Recommandations et conclusion

Pourquoi des routes de type 2+1?

Les collisions frontales constituent seulement 2 % des collisions qui ont lieu sur le réseau du MTQ, mais représentent 30 % des collisions mortelles. Il s'agit du type d'impact le plus recensé lors d'une collision qui cause la mort.

Au fil des années, plusieurs mesures ont été implantées au Québec dans le but de réduire les collisions de type frontal, telles que des bandes rugueuses, des glissières, et même l'ajout d'accotements pavés. Toutefois, ce type de collisions constitue toujours une préoccupation pour le Ministère dans la poursuite d'une amélioration globale du bilan routier. La mise sur pied d'un programme visant à réduire le nombre de collisions frontales permettrait, sans aucun doute, de réduire les coûts sociaux qu'engendrent ces collisions, lesquelles représentent 109 millions de dollars par année alors qu'elles constituent 2 % de l'ensemble des collisions au Québec.

La route de type 2+1, qui est une route à une voie par direction offrant, à intervalles réguliers, une voie auxiliaire de dépassement, et ce, alternativement dans une direction et dans l'autre, est venue combler l'écart qui subsistait entre l'autoroute et la route à deux voies contiguës afin de fournir un aménagement intermédiaire en termes de coûts, de sécurité, de circulation et d'impact sur l'environnement. La Suède est le pays ayant le plus fait avancer ce type de route, au niveau de la sécurité, par l'introduction d'une glissière à câbles haute tension pour séparer les voies à contresens. Aujourd'hui, plus de 2 000 km de route de type 2+1 sont aménagés, principalement, sur de longs itinéraires. L'expérience suédoise est bien documentée dans la littérature. Le concept de route de type 2+1 est idéal pour offrir un gain de deux niveaux de services en comparaison à une route deux voies contiguës. Il s'agit d'un concept sécuritaire avec de nombreux bénéfices pour la société. La littérature démontre que la route de type 2+1, concernant la fonctionnalité et la sécurité, offre un bon compromis entre une route à deux voies contiguës et l'autoroute.

Quelle applicabilité des routes de type 2+1 au Québec?

Dans le cas d'une route existante ou pour l'aménagement d'une nouvelle route, la revue de littérature n'aborde que très peu de façon spécifique les critères d'applicabilité justifiant une route 2+1. Cette thématique est plutôt traitée dans sa globalité. Par contre rien n'indique que l'applicabilité n'est pas possible sur certaines routes du MTQ.

Évidemment, certains critères d'applicabilité sont à considérer tels que :

- Les collisions (observées et prédites);
- Les débits (observés et prédits);
- Les coûts de construction/entretien;
- Les impacts sur l'environnement;
- La configuration du réseau routier (accès, intersection, etc.). Il est constaté que la présence d'intersections trop nombreuses a un impact sur la faisabilité de la route 2+1. Pour ce qui est des accès riverains, ceux-ci sont limités au minimum et même interdits dans le cas d'une route 2+1 de type semi-autoroute. Concernant la séparation des voies à contresens, considérant notre climat (neige), il est requis d'aménager une glissière médiane pour des raisons de sécurité. La mise en place de barrière médiane offre des bénéfices en termes de réduction des collisions frontales.

Quelles sont les recommandations pour l'applicabilité des routes de type 2+1 au Québec?

L'analyse a permis de constater et d'affirmer que la route 2+1 vient combler un écart qui subsiste entre la route à deux voies contiguës et l'autoroute, ce qui justifie de poursuivre l'avancement des travaux en vue d'une normalisation de ce type de route. En effet, certaines démarches supplémentaires doivent être conduites, à savoir :

- L'évaluation des routes de type 2+1 qui existent actuellement au Québec. Une évaluation comparative, particulièrement au niveau de la conception géométrique et des éléments de guidage, avec les routes 2+1 en Europe ainsi qu'un analyse avant/après des collisions sur les routes 133 et A-55 pourrait permettre d'évaluer les bénéfices et les mesures correctives à apporter, le cas échéant.
- La création d'un comité pour définir avec les différents intervenants en circulation, sécurité routière et conception pour établir une nouvelle coupe type pour les routes de type 2+1 et les critères d'implantation de cet aménagement;
- La réalisation de visites sur le terrain pour prendre connaissance des exemples européens afin de connaître les dernières innovations;
- La mise en place d'un projet pilote visant à évaluer la glissière à câble haute tension comme dispositif médian.

3

Références

- (1) Société de l'assurance automobile du Québec
- (2) AASHTO, Highway Safety Manuel, 1st edition, 2010.
- (3) National Roads Authority of Ireland, "NRA New Divided Road Types: Type 2 and Type 3 Dual-Carriageways", 2007;
- (4) ICTAVRI/rapport de l'équipe projet – SETRA/CSTR/LP, Profil A 2+1 voies avec séparateur central en Suède, Annexe 4, 2002.;
- (5) Carlsson et al., 2+1 Roads with Cables Barriers - A Swedish Success Story, 2005.
- (6) Ministère des Transports du Québec. « Normes et ouvrages routiers », Tome I, Conception routière, 2005.
- (7) Gouvernement du Québec, Conseil régional de l'environnement, « Nouveaux types de routes : efficaces, écologiques, économiques et sécuritaires » www.cre-capitale.org/documents/nouveauxtypesroutes.pdf, consulté en 2010.
- (8) NCHRP, Research Results Digest, "Application of European 2+1 Roadway Designs", number 275, 2003, 25 pages.
- (9) Szagala, P., "Analysis of 2+1 Roadway Design Alternatives", 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, 2005.
- (10) The Highway Agency, United Kingdom, "Design Manual for Roads and Bridge", Volume 6, Section 1, part 4, 2008, 34 pages.
- (11) VU94 S2-Summary. "Swedish design guidelines for 2+1 roads with median barriers".
- (12) TRB, "Achieving Traffic Safety Goal in the United States", Lessons from Other Nations, Special Report 300, 2010.
- (13) Johansson R., "Vision zero – the Swedish Traffic Safety Policy", Road Safety Scotland Annual. Seminar, 2007. www.srsc.org.uk/Images/Roger%20Johansson_tcm4-455561.ppt.
- (14) Carlsson A. et Bergh T. "2+1 Roads in Sweden", Swedish National Road and Transport Research Institute. présentation Powerpoint consultée en 2011.
- (15) PATTE L., « Les routes à 2+1 voies (chaussée séparée) », Setra Cete-Méditerranée, 2009.
- (16) Carlsson et al., "Evaluation of 2+1 Roads with Cables Barriers Final report (summary), VTI, 2009, 21 pages.
- (17) Blue System AB, <http://www.bluesystems.se/>.
- (18) <http://www.bluesystems.se/indexe.htm>.
- (19) TRB, Highway Capacity Manual, 2000.
- (20) Gattis, J. L., Bhave R., et al. "Alternating passing lane lengths". Transportation Research Record, 2006.
- (21) National Roads Authority of Ireland, "2+1 road pilot program". National Roads Authority, 2004, 8 pages.
- (22) Ministère des Transports du Québec. « Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport », Partie 3, 2007.