

**Les couloirs nord-américains de transport  
et d'échanges commerciaux :  
incidences environnementales et stratégies d'atténuation**

Rapport final

Préparé pour la  
**Commission nord-américaine de coopération environnementale**

par  
**ICF Consulting**

août 2001

La présente publication a été préparée pour le Secrétariat de la Commission de coopération environnementale (CCE) et ne reflète pas nécessairement les vues des gouvernements du Canada, du Mexique ou des États-Unis.

Cette publication peut être reproduite en tout ou en partie sous n'importe quelle forme, sans le consentement préalable du Secrétariat de la CCE, mais à condition que ce soit à des fins éducatives ou non lucratives et que la source soit mentionnée. La CCE apprécierait recevoir un exemplaire de toute publication ou de tout écrit inspiré du présent document.

## Table des matières

Sommaire .....	iii
<b>1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Méthode.....</b>	<b>2</b>
2.1 Sélection des couloirs.....	2
2.2 Flux de marchandises.....	5
2.3 Mouvements des véhicules transportant les marchandises.....	6
2.4 Scénarios d'échanges commerciaux futurs.....	8
2.5 Facteurs d'émission.....	9
2.6 Groupe consultatif des intervenants.....	13
<b>3 Les échanges actuels et leurs conséquences sur la qualité de l'air.....</b>	<b>13</b>
3.1 Couloir Vancouver-Seattle.....	15
3.2 Couloir Winnipeg-Fargo.....	16
3.3 Couloir Toronto-Detroit.....	17
3.4 Couloir San Antonio-Monterrey.....	20
3.5 Couloir Tucson-Hermosillo.....	23
3.6 Autres modes de transport des marchandises.....	25
<b>4 Scénarios d'échanges commerciaux futurs et incidences sur la qualité de l'air.....</b>	<b>26</b>
4.1 Couloir Vancouver-Seattle.....	27
4.2 Couloir Winnipeg-Fargo.....	28
4.3 Couloir Toronto-Detroit.....	30
4.4 Couloir San Antonio-Monterrey.....	32
4.5 Couloir Tucson-Hermosillo.....	35
<b>5 Stratégies d'atténuation.....</b>	<b>37</b>
5.1 Carburants de remplacement.....	37
5.2 Réduction du temps d'attente à la frontière.....	40
5.3 Renforcement des normes mexicaines visant les émissions des camions.....	45
5.4 Réduction du nombre de voyages à vide.....	46
5.5 Trains routiers.....	48
<b>6 Autres effets environnementaux.....</b>	<b>51</b>
6.1 Ressources en eau.....	51
6.2 Ressources biologiques.....	51
6.3 Bruit et vibrations au sol.....	52
6.4 Matières dangereuses.....	53
6.5 Sommaire des autres effets environnementaux.....	53
<b>7 Besoins de données et possibilités de coopération.....</b>	<b>54</b>
7.1 Besoins de données.....	54
7.2 Collecte de données et possibilités de partager ces données.....	55
<b>8 Résumé.....</b>	<b>56</b>
<b>Ouvrages à consulter.....</b>	<b>60</b>
<b>Annexe A Tableaux récapitulatifs des flux de marchandises.....</b>	<b>62</b>
<b>Annexe B Commentaires des réviseurs sur le document de travail.....</b>	<b>68</b>
<b>Annexe C Réponses à certains commentaires.....</b>	<b>69</b>

## **Sommaire**

Les échanges entre le Canada, les États-Unis et le Mexique se sont intensifiés depuis la mise en œuvre de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA). Évidemment, l'accroissement du transport d'origine commerciale a joué sur les incidences environnementales dans les couloirs d'échanges. La présente étude se penche sur les incidences environnementales de ces échanges commerciaux dans cinq segments binationaux de trois grands couloirs de transport visés par l'ALÉNA, surtout au niveau de la qualité de l'air. Les cinq segments étudiés sont Vancouver-Seattle, Winnipeg-Fargo, Toronto-Detroit, San Antonio-Monterrey et Tucson-Hermosillo. L'étude établit les flux actuels et futurs de marchandises, le débit des véhicules transportant des marchandises et leurs émissions dans chacun de ces segments. On se penche également sur l'incidence de plusieurs stratégies d'atténuation.

À l'heure actuelle, les échanges dans le cadre de l'ALÉNA sont à l'origine de la majeure partie de la pollution de l'air dans tous les couloirs, surtout les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de particules de moins de 10 µ de diamètre (PM-10). Le transport de marchandises transfrontalier représente entre 3 % et 11 % de toutes les émissions de NO<sub>x</sub> de source mobile dans les couloirs, et entre 5 % et 16 % de toutes les émissions de PM-10 de source mobile. La majeure partie des marchandises est transportée par camion dans les couloirs et ce mode représente actuellement la principale source d'émissions d'origine commerciale : de manière générale, les trois quarts des émissions de NO<sub>x</sub> et plus de 90 % des émissions de PM-10. Les camions immobilisés à la frontière sont à l'origine d'une grande partie des émissions de monoxyde de carbone (CO), surtout dans les couloirs où les retards sont problématiques. Ainsi, selon les estimations, 6 % des émissions de CO liées aux échanges sont imputables aux camions dont le moteur tourne au ralenti. On est à préparer des relevés locaux de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre, mais ces outils ne sont pas encore disponibles. Néanmoins, on sait que le transport de surface dans l'ensemble est à l'origine de près de 20 p. 100 des émissions de gaz à effet de serre en Amérique du Nord; il est donc probable que le transport lié aux échanges commerciaux représente environ le même pourcentage dans certains couloirs.

À l'horizon 2020, en raison d'une réduction importante des émissions, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 liées aux échanges vont diminuer ou seront inchangées par rapport aux niveaux actuels, même si le volume des échanges a doublé ou quadruplé. Dans la plupart des couloirs reliant les États-Unis et le Canada, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 provenant du transport de marchandises visées par l'ALÉNA par tonne-kilomètre chuteront à moins du cinquième des niveaux actuels. Les améliorations ne seront pas aussi importantes les couloirs reliant les États-Unis et le Mexique, si l'on suppose que le diesel à faible teneur en soufre ne sera pas disponible à grande échelle au Mexique. Cependant, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 provenant du transport de marchandises visées par l'ALÉNA par tonne-kilomètre devraient tout de même diminuer pour atteindre environ le quart des niveaux actuels.

Puisque les émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre et de CO ne diminueront pas en vertu des nouvelles normes, on s'attend à ce qu'elles augmentent considérablement d'ici à 2020. Selon le scénario de base pour 2020, les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) liées aux échanges visés par l'ALÉNA atteindront 2,4 à 4 fois les niveaux actuels dans les cinq couloirs. Ces augmentations sont critiques compte tenu des objectifs nationaux de stabilisation ou de réduction de ces émissions.

Toute modification aux hypothèses sur la croissance des échanges ou la part des modes de transport peut jouer considérablement sur les estimations des émissions futures. Par exemple, si la croissance du trafic routier et ferroviaire suit la tendance des dix dernières années, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 pourraient dépasser de 50 % les niveaux prévus dans les scénarios de base pour 2020. Le cas échéant, en 2020, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 pourraient être supérieures aux niveaux de 1999 dans certains couloirs. Un réaménagement des parts détenues par les transports routier et ferroviaire jouerait également sur les émissions futures, quoique dans une moindre mesure. Par exemple, une réorientation en faveur du rail entraînerait l'accroissement des émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 dans la plupart des couloirs – même si cela réduirait du coup les émissions de COV, CO et de CO<sub>2</sub>.

La mise en place de certaines stratégies d'atténuation permettrait de réduire les émissions d'origine commerciale. Voici les cinq stratégies de transport routier analysées par la présente étude :

- L'utilisation du gaz naturel par les poids lourds permettrait de réduire les émissions liées aux échanges (PM-10 surtout) au cours des dix prochaines années. À l'horizon 2020, en raison de la modernisation des moteurs diesel en ce qui a trait à certains polluants, il est probable que le gaz naturel ne permettra pas de réduire les émissions dans les couloirs entre le Canada et les États-Unis. En 2020, dans les couloirs reliant les États-Unis et le Mexique, si l'on présume que le diesel à faible teneur en soufre n'est pas disponible à grande échelle au Mexique, l'utilisation du gaz naturel par 20 % des camions mexicains permettrait de réduire de 10 % les émissions de PM-10 d'origine commerciale.
- Les véhicules commerciaux doivent patienter en moyenne une heure aux frontières canado-américaines et américano-mexicaines. Grâce au réaménagement des politiques et à certains investissements, cette attente serait réduite de moitié, d'où une diminution de 0,2 à 0,6 tonne métrique de CO par jour à chaque passage (entre 1,5 % et 2,4 % des émissions d'origine commerciale dans les segments de couloir).
- Au Mexique, l'utilisation de diesel à faible teneur en soufre permettrait aux camions mexicains d'atteindre les niveaux d'émissions prévus pour les camions américains et canadiens. Si les émissions des camions mexicains s'enlignaient sur celles des États-Unis d'ici 2020, les émissions de NO<sub>x</sub>, COV et PM-10 dans le couloir San Antonio-Monterrey diminueraient de moitié environ.
- Rationaliser le transport des marchandises en limitant le kilométrage des véhicules vides permettrait d'accroître le rendement énergétique et de réduire les émissions de polluants liées aux échanges. Dans le couloir Toronto-Détroit, une baisse du pourcentage de camions vides de 10 % à 15 % permettrait d'éliminer plus de 0,5 tonne métrique de NO<sub>x</sub> et 600 tonnes métriques de CO<sub>2</sub> par jour d'ici 2020 (5 % du total imputé aux camions commerciaux). Il serait possible de réduire davantage les émissions dans les couloirs États-Unis-Mexique, mais les données nécessaires à cette analyse sont incomplètes.
- Autoriser les ensembles routiers dans les couloirs de l'ALÉNA permettrait de réduire le trafic routier et les émissions qui y sont associées. Puisque l'utilisation des ensembles routiers permet de réduire les coûts d'expédition par camion, leur part du fret augmenterait probablement, au détriment du rail. Accroître à 47 854 kg (105 500 livres) la charge limite des camions dans cinq États du Midwest américain et autoriser les configurations doubles

dans les Rocheuses entraînerait une réduction des émissions de polluants de l'ordre de 4 % à 7 % comparativement au scénario de base pour 2020.

Certaines des données nécessaires à l'évaluation des incidences environnementales dans les couloirs de transport et d'échanges commerciaux sont indisponibles ou incomplètes. Un effort concerté s'impose si l'on veut recueillir et distribuer cette information, surtout dans les secteurs suivants :

- Trafic transfrontalier, y compris un comparatif entre les camions et wagons vides et pleins;
- Schémas de déplacement du fret (origine et destination) dans les régions frontalières;
- Données et méthodologie pour l'estimation des émissions du rail;
- Mesure du temps d'attente moyen des véhicules commerciaux à la frontière.

## **1 Introduction**

La mise en œuvre de l'Accord de libre-échange nord-américain en 1994 a renforcé les liens économiques sains entre le Canada, les États-Unis et le Mexique. Depuis la signature de l'ALÉNA, les échanges entre le Canada et les États-Unis ont presque doublé et totalisent 410 milliards de dollars par année. Les échanges entre les États-Unis et le Mexique se sont intensifiés encore plus rapidement; ils ont plus que triplé pour atteindre 252 milliards de dollars par année. Les échanges entre le Canada et le Mexique, encore modestes à 7,5 milliards de dollars, ont quand même plus que doublé durant la même période. Ces échanges ont favorisé la prospérité des trois pays, certes, mais ils ont également des conséquences sur l'environnement dans les couloirs d'échanges commerciaux.

La libéralisation du marché nord-américain peut avoir de nombreuses incidences sur l'environnement, tant favorables que défavorables. À la base, l'incidence des échanges sur l'environnement peut provenir d'une modification de l'échelle de la production, d'une distribution étendue des produits et, indirectement, d'une restructuration des procédés de production<sup>1</sup>. Le présent document se penche sur les incidences environnementales associées à un seul élément de l'ouverture du marché – le mouvement physique des marchandises entre les pays. Et même si le mouvement des marchandises nord-américaines s'opère par une variété de modes – routier, ferroviaire, maritime, aérien, gazoducs/oléoducs –, nous concentrons notre attention sur les transports routier et ferroviaire, puisque ces modes sont les plus néfastes pour l'environnement.

Il existe un grand nombre d'études sur les incidences environnementales du transport de marchandises et pourtant, très peu d'entre elles cherchaient à isoler l'impact associé aux échanges internationaux. Il s'agit d'une tâche ardue, puisque les échanges visés par l'ALÉNA se déroulent dans le cadre d'autres activités de transport et de fret dans de multiples domaines à l'échelle locale, étatique/provinciale et nationale. Qui plus est, l'information disponible sur le mouvement des marchandises nord-américaines ne vise habituellement pas à étudier l'incidence environnementale des échanges dans les couloirs de transport. La présente étude se propose donc de mettre en lumière les secteurs pour lesquels les données techniques sont incompatibles ou insuffisantes et de souligner la nécessité de mieux coordonner la planification écologique entre les trois pays.

Le présent rapport vise d'abord et avant tout à cerner les incidences du développement des couloirs de transport et d'échanges nord-américains sur la qualité de l'air, aujourd'hui et demain. On présente une analyse approfondie de cinq couloirs binationaux sélectionnés, tel qu'expliqué dans la section 2. Dans la section 3, on calcule les échanges commerciaux et les expéditions par camion et par train, ainsi que les émissions polluantes pour chaque couloir. La section 4 présente une analyse similaire, pour l'année 2020, fondée sur des scénarios de croissance des échanges. Dans la section 5, on évalue l'efficacité de diverses stratégies d'atténuation dans la réduction des émissions liées aux échanges. D'autres exemples des répercussions environnementales du transport routier et ferroviaire des marchandises sont analysés sommairement dans la section 6. La section 7 délimite les secteurs pour lesquels les données actuelles ne permettent pas une évaluation des incidences environnementales. Enfin, la section 8 récapitule les conclusions.

---

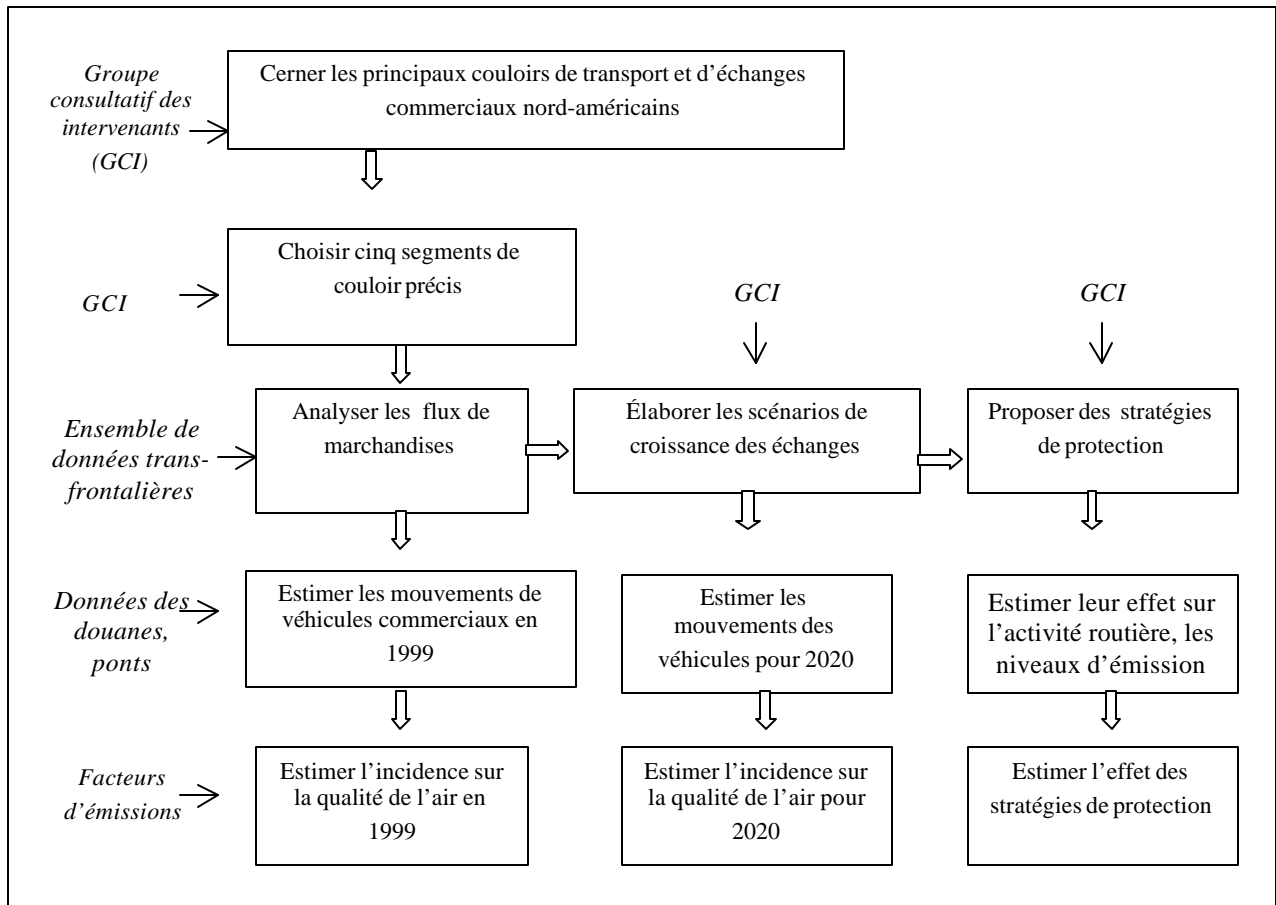
<sup>1</sup> *NAFTA Effects – A Survey of Recent Attempts to Model the Environmental Effects of Trade.*

Trois annexes sont intégrées au présent rapport. L'annexe A présente les tableaux récapitulatifs des flux de marchandises dans chaque couloir. L'annexe B renferme les commentaires formulés par les personnes qui ont révisé le document de travail. Enfin, l'annexe C donne suite à certains de ces commentaires.

## 2 Méthode

La méthode utilisée pour cette étude est illustrée par le schéma présenté à la figure 1. Chaque élément clé est décrit d'une manière plus fouillée ci-dessous.

Figure 1. Schéma de la méthode utilisée pour l'étude



### 2.1 Sélection des couloirs

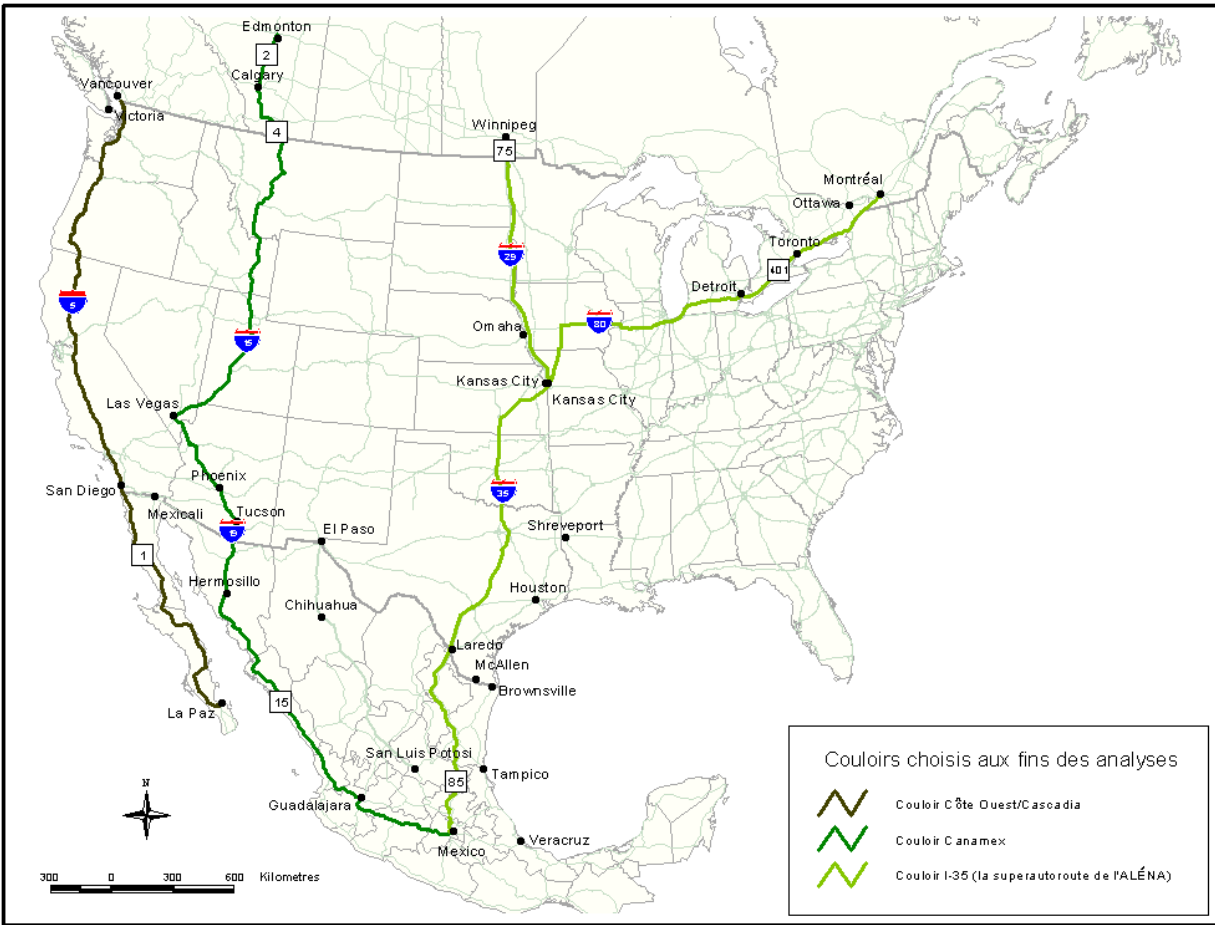
Pour commencer, il fallait sélectionner les couloirs de transport et d'échange à analyser. On a d'abord circonscrit les principaux couloirs nord-américains traversant les trois pays. Ensuite, des segments de ces couloirs ont été sélectionnés pour une analyse approfondie. La plupart des couloirs sont, en règle générale, définis par des autoroutes, même si tous les couloirs sélectionnés comprennent un service de fret ferroviaire et certains, un service de transport maritime.

Au départ, sept grands couloirs ont été retenus au terme d'un examen d'études antérieures. Trois couloirs se démarquaient pour ce qui est des échanges entre les Canada, les États-Unis et le Mexique : le couloir de la côte ouest, le couloir CANAMEX et le couloir de l'autoroute nord-américaine (North American Superhighway). Nous avons au Groupe consultatif des intervenants (GCI) de nous aider à confirmer la pertinence de ces trois couloirs et à délimiter les segments visés par l'étude. Les couloirs choisis sont présentés dans la figure 2 et décrits ci-dessous :

- Le couloir de la côte ouest part de Vancouver (Colombie-Britannique) et longe la côte ouest américaine sur l'Interstate 5 jusqu'à Tijuana, au Mexique, puis se termine plus au sud, à Baja California. On l'appelle parfois couloir Cascadia, couloir I-5 ou couloir du Pacifique. La portion américaine porte la désignation fédérale de « couloir à haute priorité n° 30 ». Le service ferroviaire court parallèlement à l'autoroute dans la presque totalité du couloir.
- Le couloir CANAMEX part d'Edmonton (Alberta), passe par Calgary et se rend jusqu'au Montana, puis à Salt Lake City, Las Vegas et Phoenix, avant de traverser la frontière mexicaine à Nogales et atteindre Hermosillo, puis Guadalajara. La portion américaine du couloir porte la désignation de « couloir à haute priorité n° 26 ». On l'appelle parfois couloir I-15. Le service ferroviaire court parallèlement au couloir à partir de Tucson.
- Le couloir de l'autoroute nord-américaine (North American Superhighway Corridor ou NASCO) part de Winnipeg (Manitoba) puis traverse Fargo, Kansas City, Dallas et Laredo (Texas); il entre ensuite au Mexique, traverse Monterrey et se termine à Mexico. On l'appelle parfois couloir Mid-Continent ou I-35. La portion plus au nord est aussi désignée sous le nom de couloir Red River. Un embranchement emprunte l'axe ouest-est à partir de Kansas City, jusqu'à Chicago et Detroit, puis Toronto et Montréal. Le service ferroviaire court parallèlement à l'ensemble du couloir.



Figure 2 : Couloirs nord-américains de transport et d'échanges commerciaux



Ces trois couloirs ont été analysés en fonction des critères suivants : 1) systèmes de transport (autoroute et rail), 2) aspects socio-économiques des grands centres urbains et 3) repérage des segments critiques dans l'ensemble du couloir. Cinq de ces segments critiques ont été retenus pour une analyse approfondie des incidences (échanges commerciaux, transport, environnement). Il s'agissait de trouver des segments assez longs pour permettre de saisir l'incidence des échanges au-delà de la région frontalière immédiate, mais assez courts pour que l'activité de fret soit dominée par les échanges visés par l'ALÉNA. Nous avons choisi les segments les plus importants aux yeux du GCI, soit ceux qui traversent une frontière internationale et offrent des itinéraires de rechange (autoroutiers et ferroviaires). Il s'agit des cinq segments suivants :

- Couloir de la côte ouest – segment nord (de Vancouver, C.-B., à Seattle/Olympia, État de Washington)
- Couloir de l'autoroute nord-américaine – segment nord-ouest (de Winnipeg, Man., à Fargo, Dakota du Nord)
- Couloir de l'autoroute nord-américaine – segment nord-est (de Toronto, Ont., à Detroit/Ann Arbor, Michigan)

- Couloir de l'autoroute nord-américaine – segment sud (de San Antonio, Texas, à Monterrey, Nuevo Leon)
- Couloir CANAMEX – segment sud (de Tucson, Arizona, à Hermosillo, Sonora)

## **2.2 Flux de marchandises**

On a utilisé des données sur le flux des marchandises dans l'analyse des échanges et du transport dans chaque segment. En fondant l'analyse sur les données relatives au flux de marchandises, non pas sur un simple dénombrement de véhicules, nous pouvons étudier des questions telles que les schémas origine/destination, les variations dans le niveau des échanges dans des industries précises, les changements dans la taille et le poids des véhicules et les changements dans la part détenue par le mode de transport.

L'information sur le flux de marchandises a été compilée à partir d'un examen des données du *Transborder Surface Freight Dataset*, préparées par le U.S. Bureau of Transportation Statistics. Cet ensemble de données, généré électroniquement à partir de rapports des douanes, est considéré comme un indicateur relativement fiable des passages à la frontière selon les modes de transport. Il renferme des informations sur la charge et la valeur des expéditions, le mode de transport, les marchandises transportées, le port d'entrée, l'État ou la province d'origine et de destination. Il ne comprend pas de fichiers uniques offrant tous ces renseignements simultanément; entre autres, aucun fichier ne renferme d'informations sur les marchandises et le port d'entrée. Par conséquent, nous avons évalué les flux de marchandises dans des ports d'entrée précis en multipliant la composition des marchandises entre chaque paire État/province par la portion du flux entre cette paire qui utilise un port d'entrée en particulier. En outre, il fallait ajuster la base de données pour traduire le fait que les exportations américaines ne sont consignées qu'au niveau de la valeur de l'expédition. Pour convertir ces valeurs en charges, nous avons utilisé les dossiers d'importations des États-Unis, afin d'estimer les coefficients charges-valeurs estimées pour chacune des marchandises (et, dans les échanges entre le Canada et les États-Unis, pour chacune des provinces).

Puisque l'analyse des flux de marchandises a été réalisée à partir d'une base de données des douanes américaines, les expéditions entre le Canada et le Mexique ne sont pas représentées. À l'heure actuelle, les flux de marchandises entre le Canada et le Mexique sont modestes par rapport aux échanges entre ces pays et les États-Unis, et leur incidence n'a pas d'effet significatif sur l'analyse du transport et de l'environnement. Les échanges bidirectionnels de marchandises entre le Canada et le Mexique ont totalisé 7,5 milliards de dollars en 1999, soit seulement 2 p.1 00 des échanges entre le Canada et les États-Unis, et 4 % des échanges entre les États-Unis et le Mexique. Par conséquent, ces montants se situent probablement dans la marge de précision pour les données et l'analyse dans le présent rapport.

Le tableau 1 récapitule les flux de marchandises par camion et par rail dans les cinq segments<sup>2</sup>. Le couloir Toronto-Detroit (qui comprend les passages Detroit-Windsor et Port-Huron) est, de loin, celui qui affiche le tonnage de fret le plus élevé – plus que les quatre autres segments

---

<sup>2</sup> Signalons que le tableau complet des mouvements des marchandises indique des informations sur l'origine ou la destination pour 50 États américains et 98 catégories de marchandises (système de tarif douanier harmonisé à deux chiffres); il est donc difficile de l'inclure dans un rapport de ce format.

combinés. Dans tous les couloirs, le flux de marchandises transporté par rail est important, mais la part du rail dépasse celle du transport routier dans un seul segment (Winnipeg-Fargo).

**Tableau 1. Récapitulatif des flux de marchandises transfrontaliers en 1999  
(millions de kg)**

Segment	Par camion			Par rail			Camion et rail		
	Sud-nord	Nord-sud	Sous-total	Sud-nord	Nord-sud	Sous-total	Sud-nord	Nord-sud	Total
Vancouver-Seattle	3 112	3 711	6 822	840	3 557	4 398	3 952	7 268	11 220
Winnipeg-Fargo	2 098	2358	4 456	652	4 132	4 784	2 750	6 490	9 240
Toronto-Detroit *	22 355	21 677	44 032	5 466	12 104	17 569	27 821	33 780	61 601
San Antonio-Monterrey	7 281	10 345	17 626	2 994	5 950	8 944	10 275	16 295	26 571
Tucson-Hermosillo	2 385	1 390	3 775	981	579	1 560	3 366	1 969	5 335

\* Sud-nord = des États-Unis au Canada; nord-sud = du Canada aux États-Unis

### **2.3 Mouvements des véhicules transportant les marchandises**

Pour déterminer les incidences environnementales, il faut recueillir de l'information sur les mouvements des véhicules de fret (pleins et vides) dans un couloir donné. Les flux de marchandises ne sont pas nécessairement proportionnels au trafic des véhicules de fret, parce que certains d'entre eux sont vides ou ne transportent pas leur charge maximale. Nous avons recueilli de l'information sur les mouvements transfrontaliers des camions et des trains auprès des douanes américaines et canadiennes, des autorités responsables de l'exploitation des ponts et des tunnels privés.<sup>3</sup> Ces organismes consignent le passage de tous les véhicules commerciaux, y compris les camions plus petits à deux et trois essieux, qui ne servent pas nécessairement aux échanges internationaux. Puisque la présente étude s'attache aux échanges visés par l'ALÉNA, nous avons calculé le nombre de poids lourds (quatre essieux ou plus) à chaque point de passage, en supposant que ce résultat représentait le nombre de camions de marchandises utilisés pour les échanges commerciaux. En règle générale, les camions plus petits sont utilisés pour les services et non pour le transport de marchandises sur de longues distances. L'information sur la taille du camion est disponible à partir d'une foule de relevés des passages à la frontière, même si ces rapports ne sont pas uniformes<sup>4</sup>. Dans les couloirs où la région frontalière est faiblement peuplée, comme c'est le cas pour celui de Winnipeg-Fargo, presque tout le trafic de marchandises traversant la frontière est associé à des échanges sur de longues distances, et les poids lourds représentent plus de 95 % de tous les camions utilisés dans ces échanges. Lorsque la frontière est bordée de centres urbains à forte démographie, un pourcentage plus élevé des camions de service

<sup>3</sup> Les débits de camions dans l'axe nord-sud à Nogales étaient indisponibles, et on a présumé qu'ils étaient égaux aux débits dans l'axe sud-nord.

<sup>4</sup> Voir les rapports suivants : *1995 Commercial Vehicle Survey: Station Summary Report; Bi-National Border Transportation Planning and Programming Study*; Leidy 1995; *Lower Mainland Truck Freight Study*; et *Prairie Provinces Transportation System Study*.

passent la frontière quotidiennement, et cela peut déformer le dénombrement des camions commerciaux.

Le nombre de wagons qui traversent la frontière n'était disponible que pour certains couloirs. Certaines stations de douanes ne compilent pas de statistiques sur le trafic ferroviaire ou, alors, ne font pas de distinction entre les wagons pleins et les wagons vides. À d'autres passages, notamment les tunnels ferroviaires entre l'Ontario et le Michigan, l'information est considérée comme exclusive. Comme nous l'expliquons ci-dessous, cette lacune n'interdisait pas le calcul des émissions du rail, car celles-ci sont déterminées par le tonnage de fret et la consommation de carburant.

Nous avons également utilisé les flux de marchandises pour évaluer les mouvements des véhicules de fret. Le tonnage des flux de marchandises a été converti en nombre de véhicules de fret chargés (remorques ou wagons) à l'aide des données sur la charge utile moyenne. Pour les camions, la charge utile moyenne est calculée à partir de la densité des marchandises, avec le code à deux chiffres du système tarifaire harmonisé, tandis que pour les wagons, elle est calculée à partir d'un échantillonnage de feuilles de route ferroviaires de 1992<sup>5</sup> <sup>6</sup>. Avec ces données, on a ensuite calculé le nombre de véhicules de fret chargés. Pour les camions, un facteur d'échelle, obtenu pour couloir et chaque direction, rapporte le tonnage des flux de marchandises au nombre total des véhicules. Ce facteur a été utilisé pour évaluer l'incidence des changements futurs dans les flux de marchandises sur les mouvements des véhicules.

Le tableau 2 présente les débits transfrontaliers de véhicules transportant des marchandises. Pour les camions, le débit est fondé sur les dénombrements aux postes de douane et il comprend les véhicules pleins et vides. Pour le rail, les débits ne prennent en compte que les wagons chargés, calculés à partir des données sur le mouvement des marchandises.

**Tableau 2. Débit transfrontalier de véhicules de marchandises, 1999**

Segment	Camions (chargés et vides)			Wagons (chargés)		
	Sud-nord	Nord-sud	Total	Sud-nord	Nord-sud	Total
Vancouver-Seattle	396 586	426 464	823 050	12 156	51 429	63 585
Winnipeg-Fargo	172 295	190 433	362 728	10 478	53 638	64 116
Toronto-Detroit *	2 337 266	2 340 007	4 677 273	78 869	202 947	281 816
San Antonio-Monterrey	1 189 209	1 045 324	2 234 533	56 451	87 200	143 651
Tucson-Hermosillo	219 471	219 471	438 942	13 792	8 831	22 623

\* sud-nord = des États-Unis au Canada; nord-sud = du Canada aux États-Unis

<sup>5</sup> Figliozi, 2001.

<sup>6</sup> Hancock, 2001.

## **2.4 Scénarios d'échanges commerciaux futurs**

On a élaboré des scénarios de croissance des échanges pour étudier les incidences environnementales en 2020 dans d'autres conditions. Ainsi, on a préparé un scénario de base pour base 2020 pour chacun des segments binationaux à partir des tendances et des prévisions faites par d'autres études. Sur le plan historique, la décennie qui été une période de forte croissance des échanges entre les pays de l'ALÉNA et une période de croissance économique relativement robuste; c'est pourquoi, dans les cinq cas, les scénarios de base prévoient une croissance plus lente qu'au cours des dernières années. Les scénarios ne sont pas des projections : ils illustrent simplement un éventail de conditions futures possibles. L'incidence du scénario de base est alors comparée avec un ou plusieurs autres scénarios possibles, qui supposent que des changements ont été apportés dans l'industrie du transport ou dans l'infrastructure du couloir. Dans certains cas, l'autre scénario possible prévoit une croissance plus rapide des échanges par le transport routier ou le rail. Dans un autre, on prévoit une modification des coûts d'expédition de l'un des modes, ce qui entraîne une redistribution des parts détenues par les modes de transport. L'ampleur de cette redistribution a été estimée à l'aide des facteurs d'élasticité croisée présentés dans le tableau 3.<sup>7</sup> Ce tableau donne le pourcentage du transport sur rail qui serait détourné au profit du transport routier par suite d'un changement du coût relatif des expéditions par camion contre le transport par rail. Par exemple, avec une baisse de 1 % des coûts du transport routier, 3,6 % du tonnage de produits agricoles finis transportés par rail serait détourné vers le transport routier. Cette élasticité prend en compte le fait que certains produits sont mieux adaptés à un mode de transport en particulier et qu'ils ne sont donc guère susceptibles d'être influencés par de tels changements.

**Tableau 3. Élasticité croisée par tonne/mille transportée par rail, par catégorie de marchandise**

Marchandise	Elasticité croisée par tonne/mille transportée par rail
Produits agricoles en vrac	0,03
Produits agricoles finis	3,60
Produits alimentaires en vrac	0,73
Produits alimentaires finis	2,10
Bois d'œuvre et bois	0,65
Meubles	0,44
Pâte et papier	0,82
Produits chimiques en vrac	0,58
Produits chimiques finis	3,35
Produits métalliques primaires	1,35
Produits métalliques ouverts	6,25
Équipements	4,25
Matériel électrique	4,45
Véhicules motorisés	0,25
Pièces de véhicules motorisés	1,25
Déchets et débris	0,19
Vrac – autres	0,18
Finis – autres	4,20

<sup>7</sup> Extrait de *A Guidebook for Forecasting Freight Transportation Demand*.

## **2.5 Facteurs d'émission**

Dans chaque couloir, nous avons calculé l'incidence des échanges transfrontaliers sur les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), de composés organiques volatiles (COV), de monoxyde de carbone (CO), de particules de moins de 10 microns de diamètre (PM-10) et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Les émissions responsables de la pollution de l'air sont habituellement calculées par l'application des données relatives à l'activité des camions transportant les marchandises aux facteurs d'émission. Il est donc essentiel de déterminer ces facteurs d'émission avec précision pour l'analyse et les conclusions. Les détails de ce processus sont fournis plus loin.

### ***Facteurs d'émission des camions pour 1999***

Les facteurs d'émission des poids lourds relativement aux NO<sub>x</sub>, aux COV et au CO ont été calculés à l'aide du modèle MOBILE5 de l'EPA (agence de protection de l'environnement des États-Unis). Les facteurs d'émission de PM-10 ont été établis au moyen du modèle PART5 de l'EPA, et les facteurs d'émission de CO<sub>2</sub> ont été obtenus à partir des caractéristiques de combustion du diesel<sup>8</sup>. Le calcul a posé en principe que tous les camions étaient équipés d'un moteur diesel. Deux séries de facteurs d'émission ont été élaborées – un débit d'émission sur autoroute fondé sur une vitesse moyenne de 55 milles à l'heure et un facteur d'émission au ralenti. Les données sur l'économie de carburant reposaient sur les statistiques annuelles publiées par le U.S. Department of Energy<sup>9</sup>.

Les facteurs d'émission dépendent de l'âge et du kilométrage du parc de véhicules. Pour les camions américains et canadiens, la ventilation par âge reposait sur les données d'immatriculation des camions de ligne. On a présumé que le taux de trafiquage des camions était égal aux moyennes nationales, et qu'ils n'étaient pas soumis à un programme d'inspection et d'entretien. Les facteurs relatifs aux PM-10 ne reflètent que les émissions de gaz d'échappement, pas la poussière de route remise en suspension. On a posé en principe que le parc de camions de ligne du Mexique affichait la même ventilation d'âge que ceux Canada et des États-Unis. Cependant, les camions mexicains construits avant 1993 sont classés dans la catégorie des émissions non contrôlées (camions américains antérieurs à 1988 avec le kilométrage approprié), puisque le Mexique n'avait pas de normes sur les émissions des camions diesel avant cette année-modèle. Nous avons également pris pour hypothèse que le parc de fardiers mexicains – pour les déplacements transfrontaliers – avait en moyenne cinq ans de plus que les camions de ligne américains et canadiens; par conséquent, seulement 10 % du parc était constitué de camions construits après 1993. On a donné au diesel mexicain la même qualité qu'aux États-Unis, soit 500 parties de soufre par million (ppm).

### ***Facteurs d'émission des camions pour 2020***

Le calcul des émissions pour 2020 repose en grande partie sur les hypothèses relatives aux facteurs d'émission des camions de demain. En décembre 2000, l'EPA a approuvé des normes très strictes pour l'année-modèle 2007 et les moteurs de poids lourds des années subséquentes.

---

<sup>8</sup> Stodolsky, 2000

<sup>9</sup> *Annual Energy Outlook*.

Selon les nouvelles normes, les émissions de NO<sub>x</sub> seront 20 fois plus faibles que les niveaux actuels, tandis que les émissions de COV et de PM-10 seront dix fois plus faibles. Les normes seront mises en œuvre progressivement sur trois ans et tous les nouveaux moteurs devront s'y conformer d'ici à 2010. La réduction considérable des émissions est rendue possible surtout par les règlements de l'EPA sur le contenu en soufre du diesel. Les techniques de contrôle des émissions des moteurs diesel de poids lourds, notamment les filtres catalytiques de particules et les catalyseurs de NO<sub>x</sub>, sont inefficaces avec le diesel à teneur élevée en soufre. Selon le règlement émis par l'EPA en décembre 2000, le contenu en soufre du carburant diesel doit être réduit à 15 ppm – la norme actuelle est de 500 ppm – d'ici à 2006. Le Canada a publié un avis soulignant son intention d'adopter une norme semblable. Aux fins de la présente étude, nous avons présumé que les normes relatives aux émissions des poids lourds entreraient en vigueur dans les délais prévus aux États-Unis et au Canada. Cependant, il est possible que leur mise en œuvre soit retardée. Cela donnerait lieu à des facteurs d'émission considérablement plus élevés pour les camions américains et canadiens pour 2020.

Les facteurs d'émission pour 2020 ont été déterminés de la même manière que ceux de 1999; on a toutefois pris en compte le règlement de 2004 et le nouveau règlement américain de 2007 sur le diesel. De même, nous avons présumé que le Canada enlignera ses normes sur les nouvelles normes américaines sur le diesel, et qu'elles entreraient en vigueur au même moment. On a mis au point une version du modèle MOBILE5 faisant intervenir les normes d'émission de 2004 (signalons que les normes de 2004 ne visent pas les PM). Puisque les modèles MOBILE5 et PART5 ne comprennent pas, pour l'heure, les normes d'émission de 2007, ces dernières ont été intégrées à l'extérieur du modèle en supposant une absence de détérioration et en utilisant le facteur de conversion actuelle pour établir la puissance au frein contre la consommation de carburant. En 2020, seulement 8,4 % des camions de ligne en fonction auront été construits avant ou en 2006.

Le calcul des facteurs d'émission des camions de ligne mexicains pour 2020 part du principe que les normes américaines de 2004 seront adoptées, mais pas les normes de 2007, plus sévères. Nous avons donné au parc de camions de ligne mexicain le même profil d'âge et de ventilation que les parcs américains et canadiens. Nous n'avons pas utilisé de facteurs d'émission distincts pour les vieux fardiers en 2020. Nous avons posé en principe que l'utilisation de ces véhicules pour les déplacements transfrontaliers cessera graduellement. Nous avons aussi supposé que le diesel offert au Mexique conservera sa teneur en soufre actuelle, 500 ppm. Les tableaux 4 et 5 illustrent tous les facteurs d'émission pour les camions.

**Tableau 4. Facteurs d'émission des camions – sur l'autoroute**

		Facteurs d'émission des camions, sur l'autoroute (g/mille)				
		NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	É.-U./Canada	12,8	1,06	6,50	0,75	1 612
	Mexique, longue distance	19,3	1,50	7,28	1,13	1 612
2020	É.-U./Canada	1,38	0,32	6,21	0,051	1 612
	Mexique	4,73	0,96	6,21	0,262	1 612

**Tableau 5. Facteurs d'émission des camions – au ralenti**

	Facteurs d'émission des camions, au ralenti (g/minute)				
	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999 É.-U./Canada	0,78	0,21	1,76	0,036	173
Mexique, fardiers	1,72	0,39	2,44	0,082	173
2020 É.-U./Canada	0,08	0,05	1,68	0,003	173
Mexique	0,32	0,19	1,95	0,017	173

En 2020, dans les couloirs États-Unis–Canada, compte tenu des nouvelles normes, les émissions de NO<sub>x</sub> et PM-10 par tonne-kilomètre du transport routier sont considérablement plus faibles que pour celles du rail. Dans les trois couloirs États-Unis–Canada à l'étude, les émissions de NO<sub>x</sub> et PM-10 par tonne-kilomètre imputables au rail sont de 1,5 à 2,7 fois plus élevées que celles des camions. (La variation dépend de la part des camions vides et du temps d'attente des camions à la frontière.) Dans les couloirs États-Unis–Mexique, les émissions de NO<sub>x</sub> et PM-10 par tonne-kilomètre imputables au rail demeurent légèrement plus faibles que celles des camions. Dans tous les couloirs, le rail jouit d'un avantage important sur le transport routier en ce qui a trait aux émissions d'autres polluants et à la consommation de carburant par tonne-kilomètre. Les émissions de CO et de CO<sub>2</sub> par tonne-kilomètre du rail ne représentent qu'environ le dixième des émissions des camions en 2020.

#### *Facteurs d'émission du rail*

En règle générale, le calcul des émissions des locomotives repose sur la consommation de carburant, pas sur la distance parcourue. En avril 1998, l'EPA a émis ses normes définitives pour les émissions de NO<sub>x</sub>, d'hydrocarbures (HC), de CO, de PM-10 et de fumée pour les locomotives au diesel neuves et reconstruites, qui n'étaient pas réglementées aux États-Unis auparavant. La norme prévoit une réduction de 45 p.1 00 des émissions de NO<sub>x</sub> des locomotives construites entre 2002 et 2004 (niveau I), et une réduction de 59 % des émissions de NO<sub>x</sub> des locomotives construites en 2005 et par la suite (niveau II). Les émissions d'hydrocarbures et de PM-10 des locomotives construites en 2005 et par la suite devront être réduites de 40 %. En raison de la longue durée de vie des locomotives, les avantages de ces nouvelles normes ne seront pas entièrement réalisés d'ici à 2020. Nous supposons que le Canada et le Mexique adopteront des normes semblables.

Les facteurs d'émission des locomotives ont été élaborés à l'aide du *Locomotive Emission Standards: Regulatory Support Document* (avril 1998) de l'EPA. Ils visent uniquement les locomotives de ligne de catégorie I. Les taux d'émission prennent pour hypothèse que toutes les locomotives construites entre 1973 et 2001 seront adaptées aux normes du niveau 0, selon les règlements de 1997 de l'EPA. On présume que les locomotives construites entre 2002 et 2004 répondront aux normes du niveau I à la construction et à chaque adaptation subséquente, et que les locomotives construites à partir de 2005 répondront aux normes du niveau II à la construction et à chaque adaptation subséquente. Le petit nombre de locomotives construites avant 1972 encore en service ne sont pas considérées comme affectées au transport de ligne.



Nous prévoyons aussi que le Canada et les États-Unis adopteront des normes relatives au diesel à faible teneur en soufre d'ici 2020. Puisque le soufre contenu dans le diesel est un facteur des émissions de particules, l'introduction de diesel à faible teneur en soufre aux États-Unis et au Canada favorisera probablement une réduction des émissions de PM-10 des locomotives, même en l'absence de nouvelles techniques antipollution. Pour l'heure, il existe très peu de données à ce sujet, mais une étude laisse croire qu'on pourrait réduire les émissions de PM-10 d'environ 19 %<sup>10</sup>. Nous avons intégré cette diminution dans l'estimation des facteurs d'émission des locomotives pour 2020 aux États-Unis et au Canada, comme l'illustre le tableau 6.

**Tableau 6. Facteurs d'émission des locomotives**

	Facteurs d'émission des locomotives (g/gal)				
	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	269,4	10,0	26,5	6,69	21,68
2020	140,0	7,9	26,5	3,96 (4,89)*	21,68

\* Locomotives mexicaines

Pour déterminer la consommation de carburant des locomotives en 1999, nous avons d'abord établi la consommation moyenne de carburant par tonne-mille-commerciale de marchandises transportées<sup>11</sup>. Ce résultat (386 tonnes-milles au gallon) prend en compte toutes les activités ferroviaires de catégorie 1 aux États-Unis. Plusieurs raisons expliquent le rendement énergétique plus élevé des locomotives : nombre accru de locomotives électriques, mise au point de moteurs diesel plus économiques, réduction des tares, entre autres. Pour déterminer la consommation de carburant en 2020, on a ajusté une courbe sur les données historiques et fait une projection pour les années futures. On prévoit donc que le rendement énergétique atteindra 456 tonnes-milles commerciales par gallon en 2020<sup>12</sup>. Les taux de consommation de carburant ont été appliqués aux tonnes-milles du chemin de fer pour les scénarios de 1999 et 2020 des couloirs. La consommation de carburant a ensuite été multipliée par les facteurs d'émission, ce qui donne les émissions estimées des locomotives.

Il est possible que la disponibilité du diesel à faible teneur en soufre donne lieu à des normes inférieures à celles de 2005 pour les émissions produites par les locomotives. Aux États-Unis, Argonne National Laboratory vient d'entreprendre une étude des dispositifs de contrôle d'émissions évolués pour locomotives. Cependant, il n'existe actuellement pas de plan visant à réduire les normes relatives aux émissions aux États-Unis. Si des normes moins sévères sont mises en œuvre avant 2020, les taux d'émissions moyens en 2020 ne seront probablement pas très différents des taux énoncés dans le tableau 6, en raison de la lenteur du renouvellement du parc ferroviaire.

<sup>10</sup> *Diesel Fuel Effects on Locomotive Exhaust Emissions.*

<sup>11</sup> *Railroad Facts.*

<sup>12</sup> *Air Quality Issues in Intercity Freight.*

## **2.6 Groupe consultatif des intervenants**

L'étude a été guidée dirigée par un groupe consultatif des intervenants (GCI). Le rôle du GCI était d'épauler l'équipe de recherche dans les tâches suivantes : 1) sélection des couloirs de transport et d'échanges commerciaux, 2) recensement des initiatives environnementales existantes dans ces couloirs et 3) sélection des mesures d'atténuation aux fins d'analyse. Le GCI a également fourni des commentaires sur le document de travail – certains sont indiqués dans l'annexe B. En outre, on espère que les membres du GCI nous aideront à faire connaître les résultats du projet et, par conséquent, à favoriser l'atteinte des objectifs à long terme de cet effort. Cependant, les conclusions du rapport n'appartiennent qu'aux auteurs et en représentent pas nécessairement l'opinion des membres du GCI.

Le GCI réunit des représentants de gouvernements et d'organisations non gouvernementales (ONG). Les représentants gouvernementaux comprennent des membres du personnel de ministères de l'environnement (Environnement Canada, U.S. Environmental Protection Agency, Instituto Nacional de Ecología de Mexico), du commerce et des échanges (ministère des Affaires étrangères et du Commerce extérieur du Canada, U.S. Department of Commerce, Secretaría de Economía de Mexico), des transports et de l'énergie (Transport Canada, U.S. Department of Energy, Secretaría de Comunicaciones y Transportes de Mexico). Le GCI comprend aussi un représentant d'au moins une ONG de chaque pays, y compris la Manitoba Clean Environment Commission, Environmental Defense, et la Foundation for Intermodal Research and Education. Cette dernière a également représenté des parties intéressées dans le secteur du transport, à l'instar d'une entreprise de camionnage du Mexique qui a été incluse dans le GCI.

## **3 Les échanges actuels et leurs conséquences sur la qualité de l'air**

Dans la présente section, on décrit les niveaux actuels d'activités de transport liées aux échanges dans chaque couloir et leurs conséquences sur la qualité de l'air. Les émissions sont évaluées sur la base de quatre polluants ( $\text{NO}_x$ , COV, CO et PM-10) et du  $\text{CO}_2$  – le principal gaz à effet de serre. Pour le secteur du transport des marchandises, les émissions de  $\text{NO}_x$  et PM-10 représentent la plus importante source de préoccupation et toute réduction de ces émissions serait bénéfique pour la qualité de l'air à l'échelle locale. Les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) sont des précurseurs de l'ozone troposphérique (smog); ils sont surtout produits par les moteurs à combustion interne à surcompression. Les PM-10 comprennent les fines particules provenant des fumées diesel. La plupart des particules provenant des camions et des locomotives sont de fines particules appelées PM-2,5, qui sont les plus néfastes pour l'homme. Aux États-Unis, les poids lourds sont responsables d'environ 20 % des émissions de source mobile de  $\text{NO}_x$  et PM-10 à l'échelle nationale, par rapport à 5 % pour les locomotives. À l'échelle nationale, le transport des marchandises n'est pas une source importante de CO. Mais les poids lourds jouent pour beaucoup dans les concentrations localisées (points chauds) de CO dans les zones urbaines.

Dans chaque couloir, nous avons cerné les zones urbaines qui ne satisfont pas aux normes nationales sur la qualité de l'air pour l'ozone, les particules ou le  $\text{CO}_2$ . Signalons que l'EPA a annoncé, il y a peu, son intention de revoir ses normes sur l'ozone et les PM-10. S'agissant de l'ozone, la norme d'une heure sera remplacée par une norme de huit heures destinée à protéger la population contre une exposition prolongée. La norme visant les PM-10 s'accompagnera d'une

nouvelle norme sur les PM-2.5, fondée sur la reconnaissance du fait que ces fines particules sont plus dommageables pour la santé que les particules plus grosses. La mise en œuvre de ces normes a été interrompue par des contestations juridiques. Par suite de la mise en œuvre de ces nouvelles normes, certaines zones urbaines dans les couloirs pourraient perdre leur statut de conformité. Le Canada s'affaire également à adopter une norme nationale sur les PM-2.5.

Le CO<sub>2</sub> est un gaz naturel qui ne représente pas de danger immédiat pour la santé des humains. Cependant, il s'agit du principal composant des gaz à effet de serre, lesquels contribuent au réchauffement de la planète. Les sources de transport sont responsables d'environ 30 % de la totalité des gaz à effet de serre en Amérique du Nord, et le CO<sub>2</sub> constitue environ 95 % de ces gaz à effet de serre. En Amérique du Nord, le transport de surface représente environ 20 % des émissions de gaz à effet de serre liées au transport, soit environ 6 % de toutes les émissions de gaz à effet de serre sur le continent.

En général, pour calculer les émissions des cinq polluants, on multiplie les volumes de trafic routier et ferroviaire par la longueur du couloir et le facteur d'émission approprié. Même s'ils se ressemblent, les cinq segments n'ont pas tous la même longueur. Pour simplifier la comparaison au chapitre des émissions d'origine commerciale et des incidences du temps d'attente à la frontière, la longueur des segments a été normalisée. Par conséquent, nous avons assigné à chaque segment une longueur de 364 kilomètres (226 milles). Il s'agit de la longueur exacte des couloirs Winnipeg-Fargo et Vancouver-Seattle/Olympia. Les trois autres couloirs (Toronto-Detroit/Ann Arbor, San Antonio-Monterrey, et Tucson-Hermosillo) sont un peu plus longs; par conséquent, le calcul des émissions ne reflète les flux de marchandises que sur une portion du segment entier<sup>13</sup>.

Les émissions produites par les camions au ralenti sont également calculées à partir du temps d'attente à la frontière et présentés séparément. L'incidence du temps d'attente à la frontière est habituellement considérée comme modeste comparativement aux émissions dans l'ensemble du couloir. Si les segments analysés étaient plus courts, l'incidence du temps d'attente au ralenti aurait l'air plus importante.

Pour bien saisir l'importance des émissions dans les couloirs d'échanges de l'ALÉNA, nous les avons comparées avec un relevé de toutes les émissions de source mobile. En 1996, l'EPA a dressé un inventaire national par comté (modélisation REMSAD), fondé sur le relevé des tendances nationales en matière d'émissions de l'EPA. Nous avons additionné les émissions dans tous les comtés le long du couloir, y compris les comtés traversés par des autoroutes et situés à moins de 20 kilomètres d'une autoroute. Ce total – l'ensemble des émissions de source mobile dans la région du couloir – est ensuite comparé aux émissions d'origine commerciale. Il n'y avait pas de relevé disponible au niveau du comté pour le CO<sub>2</sub>, mais il est en voie d'élaboration.

Soulignons que l'étude estime uniquement les émissions des véhicules de transport utilisés pour les échanges internationaux. Les émissions provenant des camions et des locomotives qui n'interviennent que dans les échanges domestiques ne sont pas pris en compte.

---

<sup>13</sup> Toronto-Detroit : 377 km (234 milles); San Antonio-Monterrey : 496 km (308 milles); Tucson-Hermosillo : 406 km (252 milles).

### 3.1 Couloir Vancouver-Seattle

Le segment nord du couloir de la côte ouest (figure 3) débute à Vancouver (environ 1,8 million d'habitants). Vancouver compte d'importants ports maritimes et est également le terminus ouest des chemins de fer Canadien Pacifique (CP) et Canadien National (CN). L'autoroute 99 descend de Vancouver jusqu'à la frontière américaine, à Blaine (État de Washington). Les véhicules commerciaux traversent la frontière à proximité de cet endroit, à l'est sur l'autoroute 15 de C.-B. Aux États-Unis, le couloir emprunte l'Interstate 5 jusqu'à Seattle, qui compte d'importants ports maritimes et environ 3,4 millions d'habitants. Les services ferroviaires du CP et du CN vont de Vancouver à la frontière américaine, où ils rejoignent les lignes de BNSF, puis vont Seattle et au sud de ce point. La population totale dans le couloir est de 5 573 000 habitants. D'ici 2020, elle devrait augmenter de 36 % pour atteindre 7 451 000 habitants.



Ce segment est le cinquième en importance au chapitre des marchandises transportées par camion entre les États-Unis et le Canada. En vertu de la *Clean Air Act* des États-Unis, la région de Seattle-Tacoma (comtés de King et Pierce) n'est pas conforme aux normes sur les particules (PM-10). Elle est également désignée « zone d'entretien » pour ce qui est de l'ozone (au terme de la norme d'une heure) et du monoxyde de carbone. La vallée du bas Fraser (région de Vancouver) a déjà été aux prises avec des problèmes d'ozone, mais le taux de polluants n'a pas dépassé les objectifs nationaux canadiens depuis quelques années.

Les flux de marchandises dans le couloir est dominé par les produits du bois et du papier, en raison de la concentration de ces industries dans la région du Nord-Ouest du Pacifique. Les flux de ces marchandises est plus important en direction sud qu'en direction nord. En 1999, les flux de marchandises transportées en surface ont totalisé 11,1 millions de tonnes métriques, dont 61 % par camion. La plupart des camions se déplacent entre la Colombie-Britannique et l'État de Washington, l'Oregon et la Californie. Pour le rail, le flux part de C.-B. ou d'Alberta en direction de la côte ouest américaine ou du Texas.

Pour calculer les émissions, on a supposé que le couloir s'étend de Vancouver à Olympia (État de Washington) sur une distance de 364 kilomètres (226 milles). Les camions attendent en moyenne 37 minutes à la frontière (dans les deux directions), selon l'hypothèse retenue<sup>14</sup>. On présume aussi que tous les déplacements de marchandises se font sur la pleine longueur du couloir. Les émissions liées aux échanges dans le segment sont présentées au tableau 7. Le transport routier est le principal responsable des émissions, dont 76 % des NO<sub>x</sub>, 88 % des COV

<sup>14</sup> WTA and BCTA Trucking Survey Results Summary

et PM-10, et plus de 90 % du CO et du CO<sub>2</sub>. Les camions au ralenti à la frontière sont responsables de 4 % des émissions de CO. Si l'on compare les émissions avec le relevé des émissions de source mobile pour cette région, on constate que les émissions d'origine commerciale représentent 4,6 % des PM-10 et 2,8 p.100 des NO<sub>x</sub>.

**Tableau 7. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir Vancouver-Seattle, 1999 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	VOC	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camions, en mouvement	6 533	540	3 312	382	821 535
Camions, au ralenti	65	18	147	3	14 459
Sous-total, camions	6 598	558	3 460	385	835 994
Rail	2 030	78	206	52	76 465
Total	8 628	635	3 666	437	912 459
Total dans segment É.-U.	6 946	534	3 090	366	765 441
% du relevé des émissions de source mobile	2,8 %	0,3 %	0,2%	4,6 %	s.o.

### 3.2 Couloir Winnipeg-Fargo

La portion nord-ouest du couloir de l'autoroute nord-américaine (figure 4) emprunte l'autoroute 75 vers le sud en partance de Winnipeg (667 000 habitants). L'autoroute traverse la frontière à Emerson (Manitoba) et Pembina (Dakota du Nord), puis devient l'I-29. Elle suit l'I-29 jusqu'à Fargo (170 000 habitants). Pour le reste du couloir, il n'y a que des régions rurales et faiblement peuplées. En 1999, la population totale des régions traversée par le couloir s'élevait à 949 000 personnes. Selon les prévisions, elle augmentera lentement, pour atteindre 1 016 000 de personnes en 2020, soit une hausse de 7 %. Le chemin de fer part de Winnipeg, traverse la frontière à l'est de Pembina à Noyes (Minnesota), où il rejoint le vaste réseau de BNSF. Le passage Emerson-Pembina est le septième en importance au chapitre des marchandises transportées par camion entre les États-Unis et le Canada, selon le poids. La portion américaine du couloir ne comprend aucune région portant la désignation « non conforme aux normes » ou d'« entretien » aux termes de la *Clean Air Act* américaine. De même, à Winnipeg, on a constaté aucune violation des objectifs nationaux de qualité de l'air récemment.

Environ 9,2 millions de tonnes métriques de marchandises ont été transportées dans ce couloir en 1999; elles sont réparties également entre le transport routier et le rail. La composition des marchandises

**Figure 4**



transportées par camion est plus variée que dans les autres couloirs Canada/États-Unis, et aucun groupe de marchandises ne domine le lot. On constate un important flux, en direction sud, de produits agricoles (animaux, graines oléagineuses, produits végétaux transformés), de bois et de charbon. Les expéditions vers le nord comprennent des fournitures agricoles (nourriture pour animaux, engrais), des équipements et du papier. La plupart des camions empruntent le couloir entre le Manitoba et les États supérieurs du Midwest – Minnesota, Mort Dakota, Illinois et Wisconsin. Le flux ferroviaire affiche un important déséquilibre : 87 % des mouvements se font en direction sud. Il est dominé par les expéditions d'engrais (surtout vers le Minnesota, l'Illinois et l'Indiana) et de céréales (surtout vers le Minnesota et l'Illinois).

La longueur du couloir est de 364 kilomètres (226 milles). Aucune information n'est disponible sur le temps d'attente moyen à la frontière pour les camions, mais en période de pointe, on recense jusqu'à 30 ou 40 véhicules en attente<sup>15</sup>. Nous avons donc supposé que le temps d'attente moyen était de 15 minutes, étant donné que de nombreux camions à ces passages ont une autorisation de pré-dédouanement. Nous avons présumé que tous les flux de marchandises parcouraient le segment dans sa totalité. Le tableau 8 montre les émissions associées aux marchandises visées par l'ALÉNA dans le couloir. Ce couloir affiche le plus haut niveau d'émissions du transport ferroviaire; elles représentent 44 % des émissions totales de NO<sub>x</sub> et 25 % des émissions totales de PM-10. Comparativement au relevé des émissions pour cette région de la portion américaine du segment, les échanges représentent 15,6 % des émissions de PM-10 de source mobile et 11,3 % des émissions de NO<sub>x</sub> de source mobile. Il s'agit des niveaux les plus élevés dans les cinq couloirs étudiés. On sait que les échanges jouent pour beaucoup dans les émissions dans cette région, car la population est éparsée et il n'y a pas de grands centres industriels.

**Tableau 8. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir Winnipeg-Fargo, 1999 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camions, en mouvement	2 879	238	1 460	168	362 061
Camions, au ralenti	19	5	44	1	4 306
Sous-total, camions	2 899	243	1 504	169	366 366
Rail	2 279	84	225	57	83 176
Total	5 178	328	1 728	226	449 543
Total du segment É.-U.	3 344	226	1 199	155	309 667
% du relevé des émissions de source mobile	11,3 %	1,0 %	0,5 %	15,7 %	s.o.

### **3.3 Couloir Toronto-Detroit**

Le segment nord-est du couloir de l'autoroute nord-américaine (figure 5) part de Toronto en direction ouest sur l'autoroute 401. Il traverse des régions à forte population dans le Sud-Ouest

<sup>15</sup> *Canada/U.S. International Border Crossing Infrastructure Study.*

ontarien de traverser la frontière au poste Windsor-Detroit. La plupart des véhicules commerciaux empruntent le pont Ambassador, bien que certains utilisent le tunnel Detroit-Windsor. En 1999, 12,5 millions de véhicules, dont 3,4 millions de camions, ont emprunté ce tunnel. Il s'agit du passage transfrontalier le plus achalandé d'Amérique du Nord. À partir de Detroit, l'I-94 s'étend vers l'ouest jusqu'à Ann Arbor puis Chicago. Il existe une autre route pour les camions : de London (Ontario), ils empruntent l'autoroute 402 en direction ouest et traversent le pont Blue Water entre Sarnia et Port Huron. On a récemment doublé les voies de ce pont, qui en compte maintenant six. En 1999, 4 millions de véhicules l'ont emprunté, dont 1,5 million de camions. Les passages Detroit-Windsor et Port Huron-Sarnia figurent respectivement au premier et au troisième rang au chapitre des marchandises transportées par camion entre les États-Unis et le Canada pour ce qui est du poids.

Dans l'ensemble, les lignes du CN et du CP courent parallèlement aux autoroutes. Le CP exploite le tunnel ferroviaire Detroit-Windsor, tandis que le CN exploite le tunnel St. Clair River à Sarnia. Ce tunnel, de construction récente, est adapté aux wagons modernes à deux niveaux de chargement et au service RoadRailer. Les entreprises Norfolk Southern, Conrail et BNSF offrent une desserte entre Detroit et les destinations à l'ouest. En 1999, la population totale dans ce couloir était d'environ 10,7 millions de personnes, dont 2,3 millions dans la région de Toronto et 4,3 millions dans la région de Detroit. La population devrait augmenter de 24 % d'ici à 2020 pour atteindre 13,2 millions de personnes. Cette croissance touchera surtout le Sud-Ouest ontarien, car la population de Detroit devrait demeurer stable. Selon les normes actuelles de l'EPA, la région de Detroit est une zone d'entretien pour l'ozone et le monoxyde de carbone, tandis que le comté de Wayne (Detroit) est une zone d'entretien pour les PM-10. Le couloir Windsor-Toronto affiche les niveaux d'ozone et de particules les plus élevés au Canada, et on y détecte chaque année plusieurs violations des objectifs nationaux pour l'ozone.



Les flux bidirectionnels de marchandises dans ces passages transfrontaliers (Windsor-Detroit et Sarnia-Port Huron) totalisent plus de 61 millions de tonnes métriques, soit plus que les flux enregistrés dans les quatre autres segments combinés. Environ 72 % du tonnage est transporté par camion. Près du quart de toutes les marchandises expédiées par camion dans le couloir sont des automobiles et des pièces d'automobiles, même si les flux d'acier, de bois, de produits du papier et d'équipements sont importants. Le Michigan est la principale destination des expéditions par camion du côté américain, et les États voisins (Ohio, Illinois et Indiana) se partagent la majeure partie du reste. Les flux par rail sont également importants; le tonnage en direction des États-Unis représente plus du double des expéditions dans la direction opposée. Le flux par rail d'automobiles et de pièces d'automobile est très important en direction des États-Unis, mais il n'est pas aussi élevé dans l'autre direction. Les produits chimiques forment le groupe de marchandises le plus important en direction de l'Ontario, suivi du plastique et des céréales. Les envois par rail en direction de l'Ontario proviennent surtout du Texas.

Pour calculer les émissions, nous avons fixé la longueur de ce segment à 364 kilomètres (226 milles). En gros, il s'agit du tronçon entre Kitchener (Ontario) et Ann Arbor (Michigan). La route passant par Port Huron-Sarnia fait 21 kilomètres de plus que la route traversant Detroit. Aucune information n'est disponible sur le temps d'attente moyen à ces passages. Selon



certaines observations, il n'y a pas beaucoup d'attente en général pour les véhicules commerciaux aux ponts Ambassador et Blue Water<sup>16</sup>. Par conséquent, nous avons utilisé un temps d'attente estimé à 20 minutes, ce qui cadre avec les autres passages où les files d'attente ne sont pas très longues. Selon nos hypothèses, tous les flux de marchandises empruntent le segment dans sa totalité.

Les émissions liées aux échanges visées par l'ALÉNA sont présentées au tableau 9. Ce couloir affiche les niveaux d'émissions le plus élevés – camion et rail – des cinq couloirs étudiés, soit près du double des niveaux du couloir suivant, San Antonio-Monterrey. Le transport de marchandises par camion est à l'origine de la majeure partie des émissions – 81 % des émissions de NO<sub>x</sub> et plus de 90 % des autres polluants. Les camions au ralenti à la frontière contribuent à hauteur de 2 % aux émissions de CO liées aux échanges. En comparaison avec le relevé des émissions de source mobile pour la portion américaine du segment, les émissions d'origine commerciale représentent une part importante des émissions de NO<sub>x</sub> (4,8 %) et de PM-10 (7,4 %). Puisque la région métropolitaine de Detroit compte plus de 5 millions d'habitants et de nombreuses industries, ce pourcentage très élevé est un peu étonnant, et il met en évidence l'importance des volumes d'échanges dans le couloir.

**Tableau 9. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir Toronto-Detroit, 1999 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	VOC	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camions, en mouvement	37 764	3 122	19 147	2 209	4 748 684
Camions, au ralenti	199	54	452	9	44 415
Sous-total, camions	37 963	3 176	19 599	2 218	4 793 098
Rail	8 700	322	857	216	317 516
Total	46 663	3 498	20 456	2 434	5 110 615
Total dans segment É.-U.	13 315	996	5 829	671	1 415 665
% du relevé des émissions de source mobile	4,8 %	0,4 %	0,2 %	7,4 %	s.o.

### **3.4 Couloir San Antonio-Monterrey**

Le segment sud du couloir de l'autoroute nord-américaine (figure 6) s'étend vers le sud sur l'I-35 partir de San Antonio, jusqu'à la frontière mexicaine à Laredo. Au Mexique, la route emprunte la MX 085 (également l'autoroute à péage 85D) jusqu'à Monterrey. Le service ferroviaire jusqu'à Laredo est assuré par Union Pacific (UP), BNSF et la compagnie régionale Texas Mexican Railway Company (Tex Mex). Les lignes UP offrent une connexion directe avec la ligne mexicaine Ferrocarril del Noreste (FNE). La ligne FNE court parallèlement à la MX-085 sur la majeure partie du tracé, de Laredo à Monterrey puis à Mexico.

<sup>16</sup> Voir *Canada/U.S. International Border Crossing Infrastructure Study*; Giermanski 1999.



Figure 6

En 1999, la population totale dans ce couloir totalisait 4,2 millions de personnes, dont 1,1 million à San Antonio et Monterrey. On prévoit une croissance phénoménale dans ce couloir, où la population devrait atteindre 6,4 millions de personnes en 2020. La croissance la plus rapide devrait avoir lieu dans la région frontalière. Dans le comté de Webb au Texas, qui englobe Laredo, la population devrait augmenter 2,5 fois d'ici 2020 pour atteindre 507 000 personnes. La population de Nuevo Laredo atteindra au moins 440 000 personnes d'ici 2020. La pollution de l'air due à l'ozone et aux particules constitue un problème sérieux à Monterrey. En 1997, les niveaux d'ozone ont dépassé pendant 36 jours les normes mexicaines sur la qualité de l'air (neuf jours pour les PM-10). Les niveaux de pollution atmosphérique à Laredo et Nuevo Laredo ne dépassent pas pour le moment les normes américaines ou mexicaines, mais il faut préciser qu'il existe peu de stations de surveillance dans cette région.

En 1999, les flux de marchandises dans le couloir ont totalisé plus de 26 millions de tonnes métriques, dont 66 % transportées par camion. Les marchandises expédiées vers le sud par camion étaient surtout du

charbon, du plastique, du matériel électrique et des pièces d'automobile. La majeure partie de ces marchandises sont des pièces qui seront assemblées au Mexique puis réacheminées, par camion, aux États-Unis sous forme de produits finis. Par conséquent, les expéditions par camion vers le nord sont dominées par le matériel électrique, les équipements et les automobiles. Une large part (44 %) des expéditions par camion sont à destination et en partance du Texas. Après le Texas, toutefois, les points d'arrivée des expéditions par camions sont habituellement situés loin de la frontière, dans des États comme le Michigan, la Californie et l'Illinois. Cela est dû au fait que le couloir sert aux échanges entre les États-Unis et le Mexique à l'échelle des États, et non seulement entre les États voisins. Près des deux tiers des marchandises expédiées par rail se dirigent vers le sud. Les matières premières comme la pulpe de bois, les céréales, le ciment et la pierre, et le charbon sont les principales marchandises expédiées par rail vers le sud; elles proviennent du Texas, de la Géorgie et des États agricoles du Midwest. Le trafic ferroviaire en direction nord est composé surtout d'automobiles destinées au Michigan et de boissons envoyées au Texas.

Une analyse des échanges entre les États-Unis et le Mexique doit nécessairement prendre en compte les usines de maquiladoras. Établie en 1965, la maquiladora comprend surtout des usines juste au sud de la frontière où l'on assemble des produits finis en utilisant des pièces américaines. Les produits finis sont ensuite réexportés aux États-Unis. Exprimé en pourcentage des échanges totaux, l'impact des maquiladoras se fait sentir le plus fermement aux passages the El Paso-Ciudad Juarez et San Ysidro-Tijuana. Nuevo Laredo et Nogales comptent également un grand nombre de maquiladoras. Au passage Laredo-Nuevo Laredo, on estime que 13 % des échanges en direction nord et 12 % des échanges en direction sud sont associés aux

maquiladoras<sup>17</sup>. Parce que ces marchandises ne sont habituellement pas transportées sur toute la longueur du segment du couloir, nous avons ajusté en conséquence les données sur l'activité des camions.

Pour calculer les émissions, nous avons fixé la longueur du couloir à 364 kilomètres (226 milles), soit jusqu'à environ Pearsall (Texas) au nord. Il y a deux principaux passages transfrontaliers pour les camions dans ce couloir. Le pont Lincoln-Juarez, qui relie les centres-villes de Laredo et Nuevo Laredo, est situé à la fin de l'I-35 et de la MX 085. L'autre passage est le pont Columbia, situé à 35 kilomètres (22 milles) au nord-ouest des centres-villes. Utiliser ce passage ajoute environ 64 kilomètres au trajet, mais le temps d'attente à la frontière y est considérablement plus court. Selon des sondages récents, 61 % des camions commerciaux empruntant ce couloir utilisent le pont Lincoln-Juarez, et les autres utilisent le pont Columbia. Nos calculs des émissions de 1999 tiennent compte de ce partage.

En vertu de la réglementation actuelle, la circulation des camions mexicains aux États-Unis est limitée aux zones commerciales entourant le passage transfrontalier<sup>18</sup>. De même, les transporteurs américains n'ont habituellement pas le droit d'utiliser les autoroutes mexicaines sous contrôle fédéral. En raison de ces restrictions et des exigences douanières, les couloirs d'Échanges entre les États-Unis et le Mexique ont mis au point un système unique de transfert des marchandises. En général, les marchandises (à destination du nord et du sud) sont acheminées à un terminal dans la région frontalière par des camions de ligne. Les remorques passent ensuite la frontière en étant tirées par des fardiens de propriété majoritairement mexicaine. Une fois la frontière traversée, des camions de ligne transportent les marchandises jusqu'à leur destination. Les fardiens sont habituellement plus vieux que les camions de ligne et produisent donc plus d'émissions. Pour tenir compte de ce système dans nos calculs, nous avons présumé que toutes les marchandises expédiées par camion entre San Antonio et Laredo étaient transportées par des camions de ligne américains, et que toutes les marchandises transportées entre Nuevo Laredo et Monterrey étaient à bord de camion de ligne mexicains. Les déplacements transfrontaliers, qui ne représentent qu'une fraction de la distance totale mais l'ensemble de l'attente au ralenti, sont donc considérés, dans notre analyse, comme étant assurés par des fardiens mexicains, dans les deux directions.

Le tableau 10 présente les émissions dans le couloir en 1999. Le transport de marchandises par camion est responsable de 84 % des émissions de NO<sub>x</sub> et plus de 90 % des émissions d'autres polluants. Les camions au ralenti sont à l'origine de 6,3 % des émissions de CO liées aux échanges; il s'agit de la proportion la plus élevée des cinq couloirs. Comparativement au relevé des émissions de source mobile pour la portion américaine du segment, les échanges visés par l'ALÉNA sont à l'origine de 12,4 % des émissions de PM-10 et 8,5 % des émissions de NO<sub>x</sub>, derrière le couloir Winnipeg-Fargo.

---

<sup>17</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

<sup>18</sup> Dernièrement, un groupe spécial d'arbitrage de l'ALÉNA a avalisé le plein accès des camions mexicains, et l'administration Bush a fait savoir qu'elle se plierait à cette décision. Comme nous l'expliquons dans la section 4, nous présumons que ces restrictions seront éliminées dans l'analyse des scénarios futurs.

**Tableau 10. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir San Antonio-Monterrey, 1999 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camions, en mouvement	21 129	1 707	9 665	1 236	2 316 476
Camions, au ralenti	480	110	682	23	38 925
Sous-total, camions	21 609	1 817	10 347	1 259	2 355 401
Rail	4 261	158	420	106	155 523
Total	25 871	1 975	10 767	1 364	2 510 924
Total du segment É.-U.	15 566	1 303	7 615	863	1 794 510
% du relevé des émissions de source mobile	8,5 %	0,9 %	0,5 %	12,4 %	s.o.

### 3.5 Couloir Tucson-Hermosillo

Le segment sud du couloir CANAMEX (Figure 7) part du Tucson (Arizona) (804 000 habitants) et suit l'I-19 jusqu'à la frontière. Nogales (Arizona) est une petite ville de 20 000 habitants, mais sa jumelle mexicaine de Sonora State est huit fois plus grosse. À partir de Nogales (Sonora), le couloir suit la MX 015 vers le sud jusqu'à Santa Ana et Hermosillo (609 000 habitants). UP assure le service ferroviaire entre Tucson et Nogales, où la ligne rejoint le réseau de Ferrocarril Del Norte Pacifico, qui descend le long de la côte ouest du Mexique. En 1999, la population totale dans ce couloir était de 1,7 million de personnes, et l'ont prévoit qu'elle atteindra plus de 2,4 millions de personnes en 2020. Nogales (Arizona), plus précisément le comté de Santa Cruz, est une zone non conforme pour les PM-10 en vertu des normes actuelles de l'EPA, et l'on pense que Nogales (Sonora) affiche également des niveaux de PM-10 supérieurs aux normes<sup>19</sup>. Les niveaux ambiants de PM-10 à Hermosillo ont dépassé les normes à plusieurs reprises en 2000, surtout durant les mois plus frais. Tucson est une zone d'entretien pour le monoxyde de carbone.



**Figure 7**

Dans ce couloir, on transport 5,3 millions de tonnes métriques par année, dont 71 % par camion. Contrairement au passage Laredo-Nuevo Laredo, le passage Nogales sert surtout aux échanges entre les États frontaliers voisins (Arizona et Sonora). Les camions en direction nord transportent principalement des fruits et légumes et des noix des noix destinés à Phoenix et d'autres centres urbains. Nogales est le seul grand passage frontalier entre les États-Unis et le Mexique qui enregistre des variations saisonnières importantes au niveau des échanges, en raison du

<sup>19</sup> U.S.-Mexico Border Environmental Indicators 1997.

pourcentage élevé de produits agricoles. Les camions en direction sud transportent du plastique, du fer et de l'acier, du charbon et du matériel électrique. À l'heure actuelle, le volume de marchandises transportées par camion entre le Mexique et les parties nord du couloir CANAMEX est plutôt faible. Le rail transporte 1,5 million de tonnes métriques de marchandises dans le couloir, principalement du ciment et de la pierre destinés à l'Arizona. Le rail transporte aussi un grand nombre d'automobiles vers le nord en provenance de l'usine de Ford à Hermosillo. Vers le sud, les envois par rail comprennent du minerai et de l'acier d'Arizona et des pièces d'automobile du Michigan.

Pour calculer les émissions, nous avons fixé la longueur du segment à 364 kilomètres (226 milles), soit jusqu'à la ville de Carbó dans Sonora State. Les camions traversent la frontière à Mariposa, à environ 2,5 kilomètres à l'ouest du centre-ville de Nogales. Le trafic ferroviaire passe la frontière au poste de DeConcini au centre-ville. Pour les camions, le temps d'attente à la frontière est d'environ 50 minutes en direction nord et 20 minutes en direction sud<sup>20</sup>. Comme dans le cas du couloir San Antonio-Monterrey, nous avons présumé que la portion « autoroute » du déplacement est assurée par des camions de ligne américains et mexicains dans leur pays respectif, et que le passage transfrontalier (et le temps au ralenti) fait intervenir des fardiers mexicains. Les échanges en provenance des maquiladoras constituent une part importante des activités totales à ce passage, et nous avons récemment estimé que ces usines étaient à l'origine de 29 % des expéditions vers le nord et de 47 % des expéditions vers le sud<sup>21</sup>. Les données sur les activités des camions ont été ajustées pour refléter cette situation dans le calcul des émissions.

Les émissions liées aux échanges visés par l'ALÉNA dans le couloir sont présentées au tableau 11. Les camions sont responsables de 83 % des émissions de NO<sub>x</sub> et de plus de 90 % des émissions d'autres polluants. Les camions au ralenti à la frontière sont à l'origine de 6,2 % des émissions de CO liées aux échanges, juste après le passage Laredo/Nuevo Laredo. Comparativement au relevé des émissions de source mobile pour la portion américaine du segment, les échanges visés par l'ALÉNA ont une incidence moins importante que dans les autres couloirs. Les émissions d'origine commerciale pour le segment américain représentent 4,3 % du relevé des PM-10 et 2,7 % du relevé des NO<sub>x</sub>.

---

<sup>20</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study*

<sup>21</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

**Tableau 11. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir Tucson-Hermosillo, 1999 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camions, en mouvement	3 515	279	1 480	205	344 028
Camions, au ralenti	72	17	103	3	7 294
Sous-total, camions	3 587	296	1 583	209	351 323
Rail	743	28	73	18	27 125
Total	4 330	323	1 656	227	378 448
Total du segment É.-U.	1 370	125	738	80	167 870
% du relevé des émissions de source mobile	2,7 %	0,3 %	0,2%	4.3%	s.o.

### **3.6 Autres modes de transport des marchandises**

#### *Transport maritime*

Le transport maritime représente une part importante des flux de marchandises en Amérique du Nord. Environ 56 % des expéditions commerciales entre le Canada et le Mexique se font par voie maritime. Les principales marchandises ainsi transportées sont les graines oléagineuses et les céréales (vers le sud) et le pétrole (vers le nord). Entre le Canada et les États-Unis, plus de 20 % des marchandises sont transportées par voie maritime. Les principales exportations canadiennes par voie maritime aux États-Unis sont le charbon, le pétrole et les produits de papier, tandis que les importations sont surtout le pétrole. (Les données sur les échanges entre les É.-U. et le Mexique sont incomplètes, mais font état de l'importance des transports maritimes)<sup>22</sup>. En valeur absolue, ces échanges ont certes augmenté sans arrêt, mais il demeure que la part des transports maritime a diminué. Il y a dix ans, le transport de marchandises par voie maritime représentait 63 % des échanges canado-mexicains et 28 % des échanges canado-américains.

La majeure partie des flux de marchandises par voie maritime entre le Canada et les États-Unis se fait entre des ports de l'océan Atlantique et, par conséquent, n'a pas d'incidence environnementale directe sur les couloirs visés par l'ALÉNA analysés dans la présente étude. Cependant, les ports des Grands Lacs et de la côte ouest traitent une quantité importante des échanges visés par l'ALÉNA. Hamilton, en Ontario, une ville située à la pointe ouest du Lac Ontario, est le plus gros port canadien au chapitre de la valeur des expéditions par voie maritime en provenance des États-Unis. Le port de Vancouver arrive au second rang.

Presque tous les échanges par voie maritime entre les États-Unis et le Mexique passent par le golfe du Mexique. Il s'agit principalement de pétrole importé par les États-Unis qui provient de la côte de Campeche et Veracruz, et qui est acheminé vers des ports du Texas et de la Louisiane. On remarque aussi des expéditions considérables entre les États-Unis et le Mexique à partir du port d'Altamira, près de Tampico. Cet itinéraire offre une solution de rechange au trajet autoroutier San Antonio-Monterrey-Mexico.

<sup>22</sup> *North American Transportation in Figures.*

Les gros navires marchands utilisent habituellement du mazout lourd et ont presque tous des moteurs diesel pour l'alimentation électrique auxiliaire à bord. Les émissions dépendent de plusieurs facteurs, dont la distance parcourue, le type et l'âge des moteurs. Le temps de chargement et de déchargement dans le port peut également constituer un facteur important des incidences sur la qualité de l'air urbain. Dans l'ensemble, les émissions des bateaux ne représentant qu'une petite portion des émissions totales. Selon une analyse des émissions en 1997 aux États-Unis, les navires sont à l'origine de 1,0 % des émissions de NO<sub>x</sub> et de 0,1 % des émissions de PM-10 au pays.

En raison de la part importante du transport maritime, on pourrait penser que ce mode dessert un large éventail de marchés et que, par conséquent, on pourrait l'utiliser davantage comme stratégie de réduction des émissions. Certes, le transport maritime dessert une foule de marchés. Qui plus est, des innovations telles que les barges de chargement se sont avérées utiles pour transporter des marchandises qui, autrement, auraient été confiées au rail. Ainsi, cela montre le potentiel d'accroissement des services. Mais, dans l'ensemble, l'importante part détenue par le transport maritime témoigne du fait que les échanges par voie maritime en Amérique du Nord affichent généralement les mêmes caractéristiques que les autres modes de transport sur l'eau au chapitre des marchandises, et que ce mode de transport convient davantage aux marchandises en vrac.

### ***Pipeline***

Une quantité importante de marchandises est également acheminée entre le Canada et les États-Unis par les pipelines, surtout du pétrole et du gaz. Le Canada a exporté 52 millions de tonnes métriques de carburant par pipelines en 1999, ce qui constitue un volume plus important que les envois par camion et par rail en direction sud dans un seul couloir. Presque toutes ces expéditions proviennent d'Alberta et sont destinées aux États du Midwest et du centre. En règle générale, l'incidence environnementale des pipelines dépend des moteurs fixes utilisés pour comprimer ou pomper les fluides dans le pipeline.

## **4 Scénarios d'échanges commerciaux futurs et incidences sur la qualité de l'air**

Les échanges et les transports dans les cinq couloirs vont connaître une croissance considérable au cours des années à venir. La présente section expose des scénarios d'échanges commerciaux pour 2020 et des estimations sur leur incidence sur la qualité de l'air. Un scénario de base pour 2020 a été élaboré pour chaque couloir en fonction du taux de croissance probable des échanges. D'autres scénarios possibles sont ensuite utilisés pour comparer les variations dans la croissance ou les changements dans l'industrie du transport avec le scénario de base. Toutes les incidences sur la qualité de l'air sont estimées à partir des facteurs d'émission pour 2020 décrits dans la section 2.

Il est difficile de prédire quel sera le temps d'attente à la frontière dans 20 ans. Selon nos scénarios de base, dans les cinq couloirs, le trafic va doubler, voire quadrupler, ce qui entraînera certainement des engorgements à certains postes frontaliers. Parallèlement, il est fort probable que l'infrastructure de tous les postes frontaliers sera modernisée. Par exemple, on prévoit actuellement d'ajouter un quatrième passage entre Laredo et Nuevo Laredo, et l'exploitant du

Le pont Ambassador a fait savoir qu'il doublera la capacité du pont au besoin. En raison de ces incertitudes, nous avons présumé, dans le calcul des émissions pour 2020, que le temps d'attente à la frontière sera inchangé. En outre, nous n'estimons pas les conséquences de l'accroissement du transport de marchandises sur le mouvement des véhicules non commerciaux et leurs émissions. Par exemple, l'augmentation des volumes de camions dans les couloirs entraînerait une hausse de la congestion routière causée par les automobiles et de leurs émissions.

## **4.1 Couloir Vancouver-Seattle**

### *Scénario de base*

Selon le scénario de base pour 2020 pour le couloir Vancouver-Seattle, le flux des marchandises expédiées par camions et par train augmentera de 4,2 % par année, donnant lieu à un flux total de 26,6 millions de tonnes métriques d'ici 2020. Ces prévisions sont supérieures à celles de Transport Canada pour le tonnage des transports pour compte d'autrui (2,3 % par année jusqu'en 2015), mais inférieures à la croissance récente des volumes (6,5 % par année entre 1986 et 1996).<sup>23 24</sup>

Le tableau 12 présente les émissions d'origine commerciale en 2020 selon le scénario de base. En raison de la réduction remarquable prévue dans les taux d'émission des camions et, dans une moindre mesure, du rail, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 chutent pour atteindre moins que la moitié des niveaux de 1999 même si le tonnage fait plus que doubler. Les émissions de CO et de CO<sub>2</sub> doublent par rapport à 1999, ce qui cadre avec la croissance des échanges.

**Tableau 12. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir Vancouver-Seattle, scénario de base pour 2020**

	Flux annuel des marchandises (millions de kg)	Véhicules par année*	Émissions (kg/jour)				
			NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camion	16 186	1 952 758	1 678	399	7 842	62	1 983 469
Rail	10 434	150 860	2 187	123	415	62	153 569
Total	26 620	s.o.	3 865	522	8 256	123	2 137 038
% de 1999	237 %	237 %	44 %	82 %	225 %	28 %	234 %

\* Wagons chargés seulement

### *Autre scénario possible – Amélioration de la desserte ferroviaire*

Nous étudions l'incidence d'un autre scénario possible dans lequel le rail obtient un part plus importante des flux de marchandises. Le Washington State Department of Transportation a lancé récemment une initiative de services intermodaux sur courte distance, en vue de favoriser une amélioration de la desserte ferroviaire qui permettrait au rail d'aller chercher une part plus grande du trafic intermodal entre la Colombie-Britannique et l'État de Washington. Il existe

<sup>23</sup> *Freight Transport Trends & Forecasts to 2015.*

<sup>24</sup> *Transportation and North American Trade.*



d'autres possibilités pour améliorer la desserte ferroviaire dans ce couloir. Par exemple, la ligne de BNSF au nord de Seattle comprend plusieurs tunnels qui ne sont pas adaptés aux wagons de chargement modernes à deux niveaux. Et le projet de fusion entre le CN et BNSF pourrait retrancher entre 12 à 24 heures du temps de déplacement entre Vancouver et la Californie.

Le camionnage revendique actuellement 61 % du fret acheminé par voie de surface dans le couloir, y compris 87 % des produits à valeur élevée (plus de 1 dollar la livre). Pour les marchandises de moindre valeur (moins de 1 dollar la livre), le camionnage et le rail ont une part presque égale, ce qui signifie que le rail pourrait accroître sa part.

Pour estimer l'incidence de l'amélioration de la desserte ferroviaire, nous posons l'hypothèse que les coûts d'expédition par rail baissent de 10 %, et nous appliquons cette réduction à l'élasticité croisée exposée dans le tableau 3. Il en résulte un détournement de plus de 700 000 tonnes métriques de fret en faveur du rail, une hausse de 6,8 % du tonnage ferroviaire par rapport au scénario de base pour 2020. Les principales marchandises détournées vers le rail sont le bois, le plastique, la pâte de bois et les engrais. Le trafic routier dans le couloir chute de 84 000 véhicules par année. Puisque le rail est moins énergivore que le camion, une réorientation des modes entraînerait une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> d'origine commerciale de plus de 3 %, comme l'indique le tableau 13. Les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 d'origine commerciale augmenteraient légèrement, en raison de l'avantage relatif du transport routier pour ce qui est des émissions de ces polluants en 2020.

**Tableau 13. Couloir Vancouver-Seattle – Incidence de l'amélioration de la desserte ferroviaire (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	8 693	635	3 666	437	912 459
Scénario de base pour 2020	3 865	522	8 256	123	2 137 038
Amélioration de la desserte ferroviaire pour 2020	3 945	514	7 961	125	2 065 803
% variation (scénario de base c. autre scénario possible p. 2020)	2,1 %	-1,5 %	-3,6 %	1,4 %	-3,3%

## **4.2 Couloir Winnipeg-Fargo**

### *Scénario de base*

Selon le scénario de base pour 2020, le tonnage de fret routier et ferroviaire dans le couloir Winnipeg-Fargo enregistre une croissance de 6 % par année, pour un total de 31,4 millions de tonnes métriques. Le tableau 14 présente les émissions en 2020 selon le scénario de base. Les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 chute à 80 % et 57 % respectivement des niveaux de 1999. Bien que cette chute soit spectaculaire à la lumière du triplement des volumes de fret, elle est inférieure à la réduction dans les deux autres couloirs États-Unis-Canada. Cela est imputable notamment à la part importante que détient le rail, qui ne devrait normalement pas réduire ses

taux d'émission d'une manière aussi remarquable que les camions. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux échanges atteignent plus de trois fois les niveaux de 1999.

**Tableau 14. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir Winnipeg-Fargo, scénario de base pour 2020**

Flux annuel des marchandises (million kg)	Véhicules annuels*	Émissions (kg/jour)					
		NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>	
Camion	1 233 117	1 057	250	4 884	39	1 245 485	
Rail	217 966	3 408	192	646	96	239 357	
Total	s.o.	4 465	442	5 530	135	1 484 842	
Pourcentage de 1999	340 %	340 %	86 %	135 %	320 %	60 %	330 %

\* Wagons chargés seulement

### *Autre scénario possible – Accroissement du trafic routier*

Plusieurs indicateurs laissent croire que le trafic routier pourrait augmenter plus rapidement qu'au taux annuel de 6 %. Entre 1986 et 1996, le nombre de camions au passage Emerson-Pembina s'est accru en moyenne de 9,4 % par année. Les exportations du Minnesota, le principal partenaire commercial du Manitoba, se sont accrues de 9,9 % par année au cours des six dernières années. Le maire de Winnipeg prévoit que les échanges dans le couloir pourraient augmenter de 12 % par année à court terme<sup>25</sup>. Même si Winnipeg a été longtemps une plaque tournante des transports sur l'axe est-ouest dans les provinces des Prairies, certains indices laissent croire que la croissance se fera plutôt sur l'axe nord-sud. Winnipeg est située à 24 heures de route des grands marchés américains du Wisconsin, du Minnesota et l'Illinois. Certains représentants industriels ont prédit que le couloir d'échanges Winnipeg-Minneapolis deviendra de plus en plus importants dans les années à venir<sup>26</sup>.

Dans le cadre d'un autre scénario possible pour 2020, nous avons calculé les volumes de marchandises transportées et les émissions en fonction d'une croissance annuelle du transport routier de 9 %. Le flux des marchandises augmenteraient de 38 % par rapport aux hypothèses du scénario de base, présentées dans le tableau 15. Le fret ferroviaire demeure à l'origine de plus de la moitié des émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 liées aux échanges, mais la part du transport routier augmente, passant d'un quart à environ 40 %. Contrairement au scénario de base pour 2020, les émissions de NO<sub>x</sub> sont légèrement plus élevées qu'en 1999. Les émissions de CO<sub>2</sub> et de CO augmentent de près de 70 % par rapport aux niveaux du scénario de base, et représentent cinq fois les niveaux de 1999.

**Tableau 15. Couloir Winnipeg-Fargo – Incidence de l'accroissement du trafic routier**

Flux annuel des marchandises	Émissions (kg/jour)
---------------------------------	---------------------

<sup>25</sup> Toulin, 1999

<sup>26</sup> *Prairie Provinces Transportation System Study.*

	(millions de kg)	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	9 240	5 178	328	1 728	226	449 543
Scénario de base pour 2020	31 412	4 465	442	5 530	135	1 484 842
Accroissement du trafic routier en 2020	43 486	5 307	641	9 422	166	2 477 417
% variation (scénario de base c. autre scénario possible pour 2020)	38 %	19 %	45 %	70 %	23 %	67 %

### 4.3 Couloir Toronto-Detroit

#### Scénario de base

Les liens économiques entre l'Ontario et les États du Midwest étaient déjà bien établis au début des années 90, de sorte que la croissance du transport des marchandises dans ce couloir a été moins forte que la croissance binationale des échanges au cours des dernières années. Entre 1986 et 1996, le trafic routier dans ces trois passages a progressé de 5,7 % par année<sup>27</sup>. Selon une autre étude, les échanges dans ce couloir augmenteront de 5 % par année<sup>28</sup>. Cette donnée sert de fondement au scénario de base pour 2020, tant pour le flux de marchandises transportées par camion que par rail. Le tonnage transfrontalier totalise 172 millions de tonnes métriques à l'horizon 2020.

Les émissions liées aux échanges selon le scénario de base de 2020 sont présentées dans le tableau 16. Les émissions de NO<sub>x</sub> sont inférieures de moitié aux niveaux de 1999 et les émissions de PM-10 chutent à moins du tiers des niveaux de 1999. Les émissions de CO et de CO<sub>2</sub> atteignent 2,7 fois les niveaux de 1999, proportionnellement à la croissance du volume de fret.

**Tableau 16. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir Toronto-Detroit, scénario de base pour 2020**

Flux annuel des marchandises (millions de kg)	Véhicules par année *	Émissions (kg/jour)				
		NO <sub>x</sub>	CVO	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camion	13 030 708	11 342	2 674	52 165	416	13 353 393
Rail	785 129	10 662	600	2 021	302	748 796
Total	s.o.	22 004	3 274	54 186	718	14 102 189
% de 1999	279 %	47 %	94 %	265 %	29 %	276 %

\* Wagons chargés seulement

<sup>27</sup> *Transportation and North American Trade.*

<sup>28</sup> *Southwest Ontario Frontier International Gateway Study.*

### **Autre scénario possible – Amélioration de la desserte ferroviaire**

Au cours des dix dernières années, les chemins de fer ont vu leur part du fret intermodal s'amenuiser dans ce couloir<sup>29</sup>. Le CN et le CP investissent maintenant dans de nouvelles techniques afin de retrouver une partie du trafic perdu au profit du transport routier. Il s'agit notamment de deux importants aménagements, la « Iron Highway » (l'autoroute de fer) et le service RoadRailer. L'autoroute de fer, un concept original de CSX, utilise de longues plates-formes articulées qui sont divisées au centre afin de former des rampes d'accès. Les remorques peuvent être chargées et déchargées facilement, sans grues. CP commercialise ce service dans le sud de l'Ontario et au Québec sous le nom « Expressway ». La technique RoadRailer, utilisée par Norfolk Southern Railway aux États-Unis, fait intervenir des remorques spécialisées convertissables en wagons à l'aide d'assemblages roues/essieux (bogies). Les locomotives conventionnelles peuvent tirer jusqu'à 120 remorques RoadRailer. Le CN a introduit ce service dans le couloir Toronto-Detroit et a l'intention de l'étendre à Chicago. Il est également possible d'utiliser les voitures de VIA pour la messagerie-marchandise à l'aide de la technique RoadRailer. Ces améliorations pourraient accroître considérablement la part du rail, et d'autres améliorations pourraient être apportées si on élargissait le tunnel Detroit-Windsor pour l'adapter aux wagons modernes à deux niveaux de chargement et aux trains transportant des automobiles. Selon le scénario de base, le transport routier obtient 71 % de tout le fret dans le couloir, y compris 60 % des marchandises de moindre valeur (moins de 1 dollar la livre). Cela indique que le rail pourrait augmenter sa part du transport de marchandise.

Nous avons analysé l'incidence d'un scénario de croissance différente, avec une amélioration de la desserte ferroviaire. Nous utilisons l'hypothèse d'une baisse de 10 % des coûts d'expédition par rail par rapport au transport routier, et nous appliquons cette donnée à l'élasticité croisée présentée dans le tableau 3. Le résultat est un accroissement de 12 % du tonnage par rail par rapport au scénario de base (environ 5,8 millions de tonnes métriques), le plastique, le fer et l'acier, et les pièces d'automobile constituant la majorité des marchandises détournées au profit du rail. Près de 600 000 camions sont retirés du couloir annuellement. Le tableau 17 montre l'incidence sur les émissions de ce transfert de mode par rapport au scénario de base. À l'horizon 2020, les émissions de NO<sub>x</sub> et PM-10 augmentent de 3,3 % et de 2,4 % dans ce scénario, tandis que les émissions d'autres polluants reculent, les émissions de CO et CO<sub>2</sub> diminuant de plus de 3 % en raison du virage en faveur du rail.

**Tableau 17. Couloir Toronto-Detroit – Incidence de l'amélioration de la desserte ferroviaire (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PS-10	CO <sub>2</sub>
1999	46 663	3 498	20 456	2 434	5 110 615
Scénario de base pour 2020	22 004	3 274	54 186	718	14 102 189
Amélioration de la desserte ferroviaire en 2020	22 818	3 240	52 381	737	13 667 435
% variation (Scénario de base c. autre scénario possible pour 2020)	3,7 %	-1,0%	-3,3%	2,7 %	-3,1%

<sup>29</sup> *Assessment of Modal Integration & Modal Shift Opportunities.*

## 4.4 Couloir San Antonio-Monterrey

### *Scénario de base*

Le taux de croissance des échanges commerciaux dans ce couloir va probablement être le plus élevé des cinq couloirs visés par l'étude. Les récentes tendances observées indiquent une très forte augmentation de la circulation des camions et des trains. Cette augmentation, qui coïncide avec les premières années d'application de l'ALÉNA, est sans doute appelée à ralentir quelque peu, mais on prévoit encore une poursuite du phénomène. Les échanges bilatéraux transitant par le couloir diffèrent de ceux qui utilisent les autres principaux couloirs reliant les États-Unis et le Mexique, car il s'agit principalement d'échanges avec la région industrielle du centre du Mexique plutôt qu'avec le secteur frontalier des *maquiladoras*. Les mouvements de marchandises sont composés de divers produits et ne sont pas concentrés dans une industrie en particulier. En vertu du scénario de base pour 2020, on suppose que la croissance annuelle sera de 6,8 % jusqu'en 2020, ce qui portera à 106 millions le nombre de tonnes métriques transportées cette année-là.

Pour évaluer les effets environnementaux, le scénario de base suppose une levée des restrictions imposées aux frontières aux camions américains et mexicains. Un comité d'arbitrage récemment mis sur pied sous l'égide de l'ALÉNA s'est dit favorable à ce qu'on accorde un accès sans restrictions aux camions mexicains, et l'administration Bush a indiqué qu'elle se conformerait à cette décision. On présume que la moitié des camions utilisant l'intégralité du couloir sont des véhicules américains et l'autre moitié, des véhicules mexicains. Comme l'indique la section 2, les coefficients d'émission applicables aux camions de ligne mexicains devraient être nettement inférieurs en 2020 qu'en 1999, mais toujours supérieurs aux coefficients d'émission observés entre les États-Unis et le Canada, parce qu'ils ne tiennent pas compte de l'utilisation de carburant diesel à faible teneur en soufre. Il est prévu que l'on cesse progressivement d'utiliser de vieux fardiers pour faire franchir la frontière à des remorques, et que ce sont donc des camions de ligne qui transporteront toutes les marchandises entre San Antonio et Monterrey. Le pourcentage d'échanges avec le secteur des *maquiladoras* devrait demeurer le même. À l'heure actuelle, les camions peuvent emprunter deux ponts pour traverser le fleuve dans la région de Laredo/Nuevo Laredo. Le pont Columbia, qui a été inauguré en 1991, est de plus en plus utilisé. Les camionneurs attendent moins en prenant ce pont, mais se rallongent de 70 kilomètres. Un autre point de passage est prévu au centre-ville. Pour évaluer les émissions en 2020, nous supposons que la moitié des camions utiliseront le pont Columbia (ils ne sont que 40 % pour l'instant) et que l'autre moitié empruntera les points de passage existants et celui qui doit être créé au centre-ville.

Les émissions prévues pour 2020 par le scénario de base sont indiquées dans le tableau 18. En ce qui concerne les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10, l'intégralité de la croissance des échanges commerciaux dans le couloir est compensée par des véhicules plus propres, ce qui génère une légère baisse par rapport aux niveaux de 1999. Le transport routier demeure la principale source de ces émissions – 73 % des NO<sub>x</sub> et 81 % des PM-10. Des cinq couloirs, c'est dans celui-ci que les émissions de CO et de CO<sub>2</sub> progressent le plus vite (elles sont multipliées par quatre).

**Tableau 18. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir San Antonio-Monterrey, scénario de base pour 2020**

Flux annuel de marchandises (en millions de kg)	Nombre annuel de véhicules*	Émissions (kg/jour)					
		NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>	
Route	70 171	8 895 760	18 078	3 882	38 427	924	9 703 413
Rail	35 608	571 880	7 463	420	1 415	226	524 098
Total	105 779	S/O	25 541	4 302	39 842	1 150	10 227 511
Pourcentage de 1999	398 %	398 %	99 %	218 %	370 %	84 %	407 %

\* Wagons chargés seulement

### *Autre scénario possible – Accroissement du trafic routier*

Plusieurs facteurs pourraient entraîner une augmentation du flux de marchandises au-delà des chiffres prévus par le scénario de base. Le nombre de camions passant la frontière à Laredo a augmenté au rythme incroyable de 11,4 % par an entre 1990 et 1997<sup>30</sup>. Cette période correspond aux premières années d'application de l'ALÉNA, mais également à la récession qui a frappé les États-Unis au début des années 1990 et à la crise financière qui a secoué le Mexique en 1995. Le couloir San Antonio-Monterrey sert actuellement et va continuer de servir de voie d'accès principale pour le commerce entre les États-Unis et le Mexique. Non seulement il relie les États-Unis avec Monterrey, troisième ville mexicaine en importance, mais il sert également de voie principale entre Mexico et les États-Unis. Ainsi, étant donné que les relations commerciales entre les États-Unis et le Mexique vont continuer de se développer au-delà des *maquiladoras*, ce couloir va très certainement demeurer au premier plan.

La levée des restrictions actuellement imposées à la circulation des camions américains et mexicains sur le territoire mexicain ou américain va sans doute elle aussi stimuler le transport routier. Les États-Unis limitent la circulation des camions mexicains aux zones commerciales avoisinant les municipalités frontalières; en réponse à ces limitations, le Mexique interdit aux camions américains d'emprunter ses routes fédérales. En raison de ces restrictions, le transport routier entre les deux pays se fait à l'aide d'au moins trois véhicules différents : un camion de ligne jusqu'à la région frontalière, un fardier pour traverser la frontière et un autre camion de ligne jusqu'à la destination finale. En autorisant un accès transfrontalier complet aux camions américains et mexicains, les deux pays pourraient réduire considérablement les coûts du transport.

Pour examiner l'incidence d'un accroissement du transport routier, nous supposons que le nombre de camions empruntant le couloir augmentera de 8,6 % par année. Avec une telle évolution, en 2020, le flux des marchandises transportées par camion sera 5,5 fois plus élevé qu'en 1999. Le nombre de camions augmentera au même rythme si la taille des véhicules et le pourcentage de voyages de retour à vide demeurent constants. On suppose que le volume du

<sup>30</sup> En raison de la modification des procédures de présentation des données au poste douanier de Laredo, les chiffres de 1998-2000 ne peuvent être comparés à ceux de 1997 et des années précédentes .

transport ferroviaire va augmenter selon les niveaux de base (de 6,8 % par an). Les répercussions environnementales d'un tel scénario sont importantes, comme l'indique le tableau 19. Les émissions de polluants sont de 30 % à 40 % supérieures à ce que prévoit le scénario de base pour 2020. Contrairement au scénario de base, qui prévoit que la réduction des coefficients d'émission de NO<sub>x</sub> et de PM-10 est plus que contrebalancée par l'augmentation du trafic observée depuis 1999, cet autre scénario produit des émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 beaucoup plus élevées qu'en 1999. Les émissions de CO et de CO<sub>2</sub> atteignent plus de cinq fois leur niveau actuel.

**Tableau 19. Autre scénario possible dans le couloir San Antonio-Monterrey – Impact de l'accroissement du trafic routier (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	25 871	1 975	10 767	1 364	2 510 924
Scénario de base pour 2020	25 541	4 302	39 842	1 150	10 227 511
Accroissement du trafic routier en 2020	33 142	5 934	55 999	1 538	14 307 441
Pourcentage de changement (scénario de base par rapport à l'autre scénario pour 2020)	30 %	38 %	41 %	34 %	40 %

#### *Autre scénario possible – Accroissement du trafic ferroviaire*

Un autre scénario possible pour ce couloir est un accroissement annuel du trafic ferroviaire. Entre 1990 et 1997, la croissance annuelle moyenne du nombre de wagons franchissant la frontière à Laredo-Nuevo Laredo a été de 11,7 %, chiffre encore plus élevé que celui de la croissance du trafic routier. Plusieurs facteurs permettraient de maintenir la forte croissance du transport ferroviaire. Les chemins de fer mexicains ont été privatisés en 1997 et, après plusieurs années d'investissements, s'avèrent aujourd'hui plus efficaces et plus rentables. *Transportacion Ferroviaria Mexicana* (TFM) est le principal exploitant de grandes lignes entre Mexico, Monterrey et Nuevo Laredo. La compagnie de chemin de fer a récemment apporté de nombreuses améliorations à son infrastructure dans le couloir, notamment grâce à un nouveau système de contrôle des trains entre Monterrey et Nuevo Laredo, à la création de nouvelles cours de triage près de la frontière et à la multiplication des voies d'évitement. La durée des trajets entre Nuevo Laredo et Mexico est passée de 60 heures à 34 heures pour les trains intermodaux, et à 44 heures pour les trains de marchandises<sup>31</sup>. Le partenariat entre TFM et les compagnies Kansas City Southern et Texas-Mexican Railroads a par ailleurs permis d'améliorer l'efficacité du transport ferroviaire transfrontalier. C'est le transport intermodal qui offre sans doute le plus de possibilités pour le transport ferroviaire dans le couloir, et les compagnies américaines et mexicaines de chemin de fer investissent actuellement dans la construction d'installations intermodales ou la rénovation d'installations intermodales existantes

Dans le cadre d'un autre scénario, nous supposons que le volume de marchandises transitant par le couloir va augmenter de 9 % par an jusqu'en 2020. Cela signifie que 54,6 millions de tonnes

<sup>31</sup> Vantuono, 1999.

de marchandises seront acheminées par rail dans ce couloir en 2020, soit six fois plus qu'en 1999. La croissance du transport routier respectera le scénario de base. Le tableau 20 indique l'impact de ce scénario sur le plan des émissions. Les émissions de polluants augmentent de 2 % à 15 % par rapport au scénario de base, et ce sont les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 qui connaissent la plus forte hausse. Cependant, les émissions générées par un tel scénario sont nettement inférieures à celles qu'entraînerait le premier scénario de remplacement (accroissement du trafic routier).

**Tableau 20. Autre scénario possible pour le couloir San Antonio-Monterrey – Impact de l'accroissement du trafic ferroviaire (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	25 871	1 975	10 767	1 364	2 510 924
Scénario de base pour 2020	25 541	4 302	39 842	1 150	10 227 511
Accroissement du trafic ferroviaire en 2020	29 530	4 526	40 598	1 270	10 507 629
Pourcentage de changement (scénario de base par rapport à l'autre scénario pour 2020)	16 %	5 %	2 %	10 %	3 %

## **4.5 Couloir Tucson-Hermosillo**

### *Scénario de base*

Les marchandises acheminées par ce couloir sont moins variées que celles qui transitent par les autres principaux couloirs reliant les États-Unis et le Mexique, et comptent davantage de minéraux et de produits agricoles. Ainsi, la croissance des échanges ne devrait pas atteindre les niveaux élevés observés dans le couloir San Antonio-Monterrey. Le scénario de base pour 2020 prévoit une croissance annuelle de 4,6 %. Le volume total de marchandises transportées atteindrait 13,7 millions de tonnes métriques en 2020.

Comme dans le cas du couloir San Antonio-Monterrey, les restrictions imposées à la circulation des camions devraient être levées d'ici 2020, de sorte que les transporteurs américains et mexicains puissent emprunter l'intégralité du segment sans avoir à recourir aux fardiers à la frontière. Le tableau 21 indique les émissions prévues par le scénario de base pour 2020. Les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 correspondent à environ la moitié des émissions de 1999, principalement en raison de la réduction des taux d'émission des camions. Le transport routier demeure responsable de la majeure partie de ces émissions – 70 % des NO<sub>x</sub> et 78 % des PM-10. Comme dans les autres couloirs, les émissions de CO et de CO<sub>2</sub> augmentent proportionnellement au volume des échanges.



**Tableau 21. Émissions des véhicules commerciaux empruntant le couloir Tucson-Hermosillo, scénario de base pour 2020**

Flux annuel de marchandises (en millions de kg)	Nombre annuel de véhicules*	Émissions (kg/jour)					
		NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>	
Route	9 706	1 128 684	1 798	389	4 056	91	1 024 372
Rail	4 011	58 172	841	47	159	27	59 042
Total	13 718	S/O	2 639	436	4 215	118	1 083 415
Pourcentage de 1999	257 %	257 %	61 %	135 %	254 %	52 %	286 %

\* Wagons chargés seulement

***Autre scénario possible – Passage du transport ferroviaire au transport routier***

Un autre scénario pour le couloir Tucson-Hermosillo examine l'incidence du passage du rail à la route. En vertu du scénario de base, 71 % des marchandises et 64 % de celles dont la valeur est la plus faible (moins de 1 \$ la livre) sont acheminées par la route, et on observe peu de changements quant à la répartition des modes de transport pour les plus longues distances. Plusieurs éléments permettent de croire que la progression des échanges dans ce couloir va faire baisser la part du rail. Premièrement, et c'est le facteur le plus important, les marchandises transportées dans ce couloir le sont sur une distance relativement courte, ce qui tend à favoriser le transport routier. À l'heure actuelle, 72 % des marchandises transportées par camion et 75 % de celles qui sont transportées par rail quittent l'Arizona ou y sont acheminées, et les principales villes de l'Arizona se trouvent à moins de 24 heures de route de Nogales, de Santa Ana et de Hermosillo. Deuxièmement, les coûts du transport routier vont probablement baisser lorsque les véhicules mexicains se verront accorder l'accès à l'intégralité du réseau routier américain. Troisièmement, la croissance des échanges entre Sonora et la Californie ne touchera pas le couloir, parce que la plupart des camions passent par Mexicali-Calexico. Quatrièmement, le transport par trains à deux niveaux se fait déjà entre les États-Unis et Hermosillo; le trafic ferroviaire devrait donc être moins dense à l'avenir que dans les autres couloirs.

Pour examiner l'incidence d'une augmentation de la part du transport routier, nous supposons que les coûts du transport routier vont baisser de 10 % par rapport à ceux du transport ferroviaire. Lorsqu'on applique ce changement aux effets d'élasticité croisée illustrés au tableau 3, on observe une augmentation de 2,7 % du transport routier bidirectionnel, avec environ 260 000 tonnes de marchandises qui passent du rail à la route. Le nombre annuel de camions augmente de 32 000. Le tableau 22 montre l'incidence de ce scénario sur les émissions. Par rapport au scénario de base pour 2020, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 changent très peu. L'augmentation des émissions d'autres polluants est de l'ordre de 1,9 % à 2,5 %.

**Tableau 22. Couloir Tucson-Hermosillo – Impact du passage du transport ferroviaire au transport routier (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
1999	4 330	323	1,656	227	378 448
Scénario de base pour 2020	2 639	436	4,215	118	1 083 415
Accroissement de la part du trafic routier en 2020	2 635	444	4,319	119	1 108 381
Pourcentage de changement (scénario de base par rapport à l'autre scénario pour 2020)	-0,2 %	1,8 %	2,5 %	0,6 %	2,3 %

## 5 Stratégies d'atténuation

La section précédente montre de quelle façon l'instauration de nouvelles normes strictes va réduire considérablement les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 par les camions. Malheureusement, la croissance rapide du transport routier va contrebalancer une grande partie de ces gains. En outre, si les nouvelles normes visant l'ozone et les particules entrent en vigueur aux États-Unis, on va sans doute mettre l'accent sur la réduction des émissions des moteurs diesel. Diverses stratégies permettent d'atténuer certains des effets sur la qualité de l'air du transport de marchandises dans les couloirs commerciaux visés par l'ALÉNA. La présente section examine cinq stratégies de ce type : carburants de remplacement, réduction du temps d'attente à la frontière, établissement de normes plus strictes pour les émissions des camions au Mexique, réduction du nombre de voyages à vide et utilisation de trains routiers. Comme on l'indique plus tôt, le GCI a participé à la sélection de ces stratégies d'atténuation aux fins d'analyse. Même si de nombreuses autres stratégies techniques et opérationnelles sont susceptibles de favoriser une réduction des répercussions du transport de marchandises sur la qualité de l'air, la portée de la présente étude nous oblige à limiter l'analyse à ses cinq stratégies.

### 5.1 Carburants de remplacement

#### *Description*

L'utilisation de carburants de remplacement peut contribuer de façon significative à la réduction des émissions de polluants par le secteur du transport de marchandises. Les carburants de remplacement sont le gaz naturel comprimé (GNC), le gaz naturel liquéfié (GNL), le propane, l'éthanol et le méthanol; on peut aussi utiliser des véhicules électriques. Jusqu'à maintenant, la plupart des programmes liés aux carburants de remplacement visaient principalement les véhicules légers à deux ou trois essieux, par exemple, les camions de livraison de colis et les flottes de véhicules utilitaires, mais les plus gros camions peuvent aussi utiliser ce type de carburant. Le gaz naturel (GNC et GNL) et le propane sont les carburants les plus recommandés pour les gros camions transportant des marchandises sur de longues distances. En raison des installations nécessaires à l'approvisionnement en carburant et à l'entretien, l'utilisation de la plupart des carburants de remplacement est pour l'instant limitée aux zones urbaines. Afin de promouvoir leur utilisation pour le transport interurbain, plusieurs régions sont en train de créer

des « couloirs propres » - voies de circulation entre certaines villes très fréquentées dotées d'une infrastructure axée sur les carburants de remplacement.

Aux États-Unis, une coalition baptisée *Interstate Clean Transportation Couloir* (ICTC) est en train de mettre en place le premier couloir propre du pays. Ce couloir triangulaire reliera les principales villes de la Californie et du Nevada. Il comprendra dix postes d'approvisionnement en GNL, qui pourront servir environ 250 poids lourds et 500 camions chargés des livraisons locales. On fait également la promotion des couloirs propres dans le cadre d'une stratégie visant à atténuer les effets environnementaux du trafic routier transfrontalier. Au Texas, une coalition d'organismes publics, baptisée *International Clean Transportation Corridor-3* (ICTC-3) est en train de créer un couloir propre le long de la route I-35. L'objectif premier de la coalition consiste à éduquer et à sensibiliser les intervenants concernés. Elle regroupe des coordinateurs du programme *Clean Cities* et des intervenants de coalitions de Laredo, Houston, San Antonio, Austin, Dallas/Fort Worth, Oklahoma City, Kansas City, Omaha, Red River Valley et Winnipeg. ICTC-3 assume également le rôle de groupe de travail sur les carburants de remplacement dans le cadre de la *North American Superhighway Coalition*. La portion Laredo-San Antonio du couloir est particulièrement prometteuse, parce qu'elle traverse les deux comtés qui sont les plus gros producteurs de gaz naturel du Texas (Webb et Zapata). ICTC-3 fait en outre la promotion des carburants de remplacement à Monterrey, au Mexique, et a récemment accompagné un groupe de fabricants de véhicules et de fournisseurs d'équipement fonctionnant avec du carburant de remplacement (tous Américains) à une rencontre avec des gestionnaires de flottes de véhicules et les employés d'associations professionnelles au Mexique. On a proposé la création d'un autre couloir propre dans la portion nord du couloir de la côte ouest (*West Coast Corridor*), qui relie l'Oregon à Vancouver.<sup>32</sup>

### ***Incidence sur les émissions***

Par rapport aux poids lourds d'aujourd'hui qui fonctionnent au diesel, les camions utilisant du GNL ou du GNC produisent moins d'émissions de NO<sub>x</sub>, de COV, de CO et de PM-10 (ce sont les émissions de PM-10 qui diminuent le plus). Le tableau 23 montre que les émissions de PM-10 par mille parcouru par des camions au gaz naturel sont douze fois inférieures à la moyenne des camions américains et canadiens, et 18 fois inférieures à celle des camions de ligne mexicains. Si 10 % des camions empruntant n'importe lequel des couloirs fonctionnaient aujourd'hui au gaz naturel, les émissions de PM-10 provenant des camions seraient réduites de 9 % et les émissions de NO<sub>x</sub>, d'environ 4 %. L'incidence de l'utilisation de véhicules lourds au gaz naturel sur les émissions de gaz à effet de serre demeure incertaine, car elle dépend largement des hypothèses relatives à l'efficacité énergétique. Une récente étude a révélé que les émissions de CO<sub>2</sub> par mille étaient légèrement plus élevées pour les poids lourds utilisant du gaz naturel<sup>33</sup>.

**Tableau 23. Coefficients d'émission des camions de ligne, 1999**

Coefficients d'émission en g/mille (1999)				
NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>

<sup>32</sup> *Alternative Fuel News*.

<sup>33</sup> Chandler, 2000.

Gaz naturel	7,5	0,70	5,09	0,06	1 709
Diesel	12,8	1,06	6,50	0,75	1 612
É.-U./Canada					
Diesel mexicain	19,3	1,50	7,28	1,13	1 612

Au cours des prochaines années, les avantages générés par le gaz naturel sur le plan des émissions vont être moins importants, car les camions seront moins polluants. Comme on l'a vu à la section 2, les normes américaines qui viseront les émissions à compter de 2007 sont beaucoup plus strictes que les normes actuelles, et les chiffres exigés seront également inférieurs aux actuelles émissions des camions au gaz naturel. Ces camions pourraient également bénéficier, dans une certaine mesure, des technologies de contrôle (filtres à particules et catalyseurs de NO<sub>x</sub>) qui seront en place après 2007, mais on ne sait pas vraiment si ces technologies feraient baisser les émissions en dessous du niveau du diesel. Il semble que Cummins Engine, qui est l'un des plus gros fabricants de moteurs de poids lourds en Amérique du Nord, ne prévoient apporter aucune amélioration à ses moteurs au GNC, parce que les futurs moteurs diesel seront moins polluants. Un autre fabricant de premier plan, Detroit Diesel, va cesser carrément de produire des moteurs au GNC. Les employés du *Argonne National Laboratory*, qui relève du ministère américain de l'Énergie, estiment que les véhicules au gaz naturel ne vont conserver un avantage sur les véhicules diesel en matière d'émissions que jusqu'en 2010 environ<sup>34</sup>. C'est pourquoi nous n'avons pas examiné l'incidence de l'utilisation des carburants de remplacement sur les couloirs d'échanges commerciaux Canada-États-Unis en 2020. Il faut cependant noter que, si le lancement du diesel à faible teneur en soufre est repoussé, les camions au gaz naturel pourraient jouer un rôle important dans l'atteinte des objectifs de qualité de l'air au-delà de 2010.

Dans les couloirs d'échanges commerciaux États-Unis-Mexique, les véhicules au gaz naturel peuvent générer des avantages si l'on suppose que le Mexique n'adoptera pas les normes canado-américaines visant le diesel à faible teneur en soufre. Pour élaborer une stratégie d'atténuation, nous calculons les émissions produites dans le couloir San Antonio-Monterrey, où l'on s'efforce déjà de promouvoir l'utilisation des carburants de remplacement. Nous supposons que 20 % des camions de ligne mexicains empruntant ce couloir (soit 10 % de l'ensemble des camions) fonctionnent au gaz naturel. Comme dans le cadre du scénario de base pour 2020, nous prévoyons une levée des restrictions de circulation, ce qui permettrait aux camions mexicains et américains de parcourir l'intégralité du couloir. Les coefficients d'émission figurant dans le tableau 23 visent les camions au gaz naturel, à l'exception des émissions de NO<sub>x</sub>, qu'on suppose égales aux taux peu élevés prévus pour la flotte de véhicules diesel en 2020. Comme le montre le tableau 24, les émissions de PM-10 d'origine commerciale diminuent considérablement avec ce scénario (elles baissent de 10 %).

**Tableau 24. Impact des camions au gaz naturel sur le couloir San Antonio-Monterrey, 2020 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
--	-----------------	-----	----	-------	-----------------

<sup>34</sup> Saricks, 2001.

Scénario de base pour 2020 (camions)	18,078	3 882	38 427	924	9 703 413
20 % des camions mexicains au gaz naturel	18,078	3 726	37 745	806	9 760 790
Pourcentage de changement	0 %	-4,0 %	-1,8 %	-12,7 %	0,6 %

D'autres types de carburants de remplacement et de nouveaux moteurs pourraient faire baisser les émissions produites par les camions, par exemple, les moteurs mixtes à l'électricité ou les piles à combustible. Ces options ne sont pas encore disponibles sur le marché pour les poids lourds, mais elles pourraient offrir une alternative plus propre que le diesel d'ici 2020. Les intervenants se sont par ailleurs efforcés d'étudier l'utilisation possible de carburants de remplacement dans les locomotives. Plusieurs projets pilotes ont révélé que les locomotives converties au GNL émettaient moins de NO<sub>x</sub>. Cependant, cette technologie n'en est encore qu'à ses premiers pas, et ne peut être considérée comme une stratégie d'atténuation viable pour l'instant.<sup>35</sup>

## **5.2 Réduction du temps d'attente à la frontière**

Il arrive que les véhicules commerciaux attendent très longtemps avant de pouvoir franchir les frontières nord-américaines : retard causé par les procédures douanières et files d'attente pour arriver au poste douanier. Parce que les camions passent la majeure partie de ce temps d'attente avec leur moteur au ralenti, la réduction du temps d'attente à la frontière peut faire diminuer les émissions produites par les véhicules. On examine actuellement les possibilités de réduire ces temps d'attente, et les effets d'une telle réduction sur la qualité de l'air dans les deux couloirs les plus touchés, à savoir San Antonio-Monterrey et Vancouver-Seattle.

### ***Couloir San Antonio-Monterrey***

Le réseau de points d'entrée de Laredo/Nuevo Laredo comprend quatre postes frontaliers. Trois de ces postes relient les deux centres-villes : Convent Street, Lincoln-Juarez et le poste ferroviaire. Le poste de Lincoln-Juarez gère actuellement la majeure partie du trafic routier. Le quatrième est le poste de Columbia, situé à 35 kilomètres au nord-ouest de Laredo, au Texas. Il a ouvert en 1991, mais a été sous-utilisé en partie parce que son éloignement du terminus de la I-35 et de la MX-085 ajoute 64 kilomètres au trajet jusqu'au poste frontalier, mais aussi parce que les voies de raccordement vers ce poste étaient jusqu'à maintenant inadéquates. Une nouvelle route à quatre voies vient d'être terminée; elle relie le poste frontalier à Monterrey, ce qui devrait faire augmenter la fréquentation de ce poste. On prévoit ouvrir un quatrième point de passage des véhicules (Laredo IV) juste à l'ouest de Laredo, ainsi que la construction d'un nouveau pont ferroviaire.

Les trois ponts routiers appartiennent à des sociétés privées et sont payants. Du côté américain, le service des douanes gère les opérations d'inspection de tous les véhicules. Du côté mexicain, ce sont la ville de Nuevo Laredo et l'État de Tamaulipas qui gèrent le poste ferroviaire et deux

---

<sup>35</sup> *Air Quality Issues in Intercity Freight.*

postes routiers au centre-ville. Par contre, le pont Columbia se trouve dans la municipalité d'Anahuac, qui l'administre de concert avec l'État de Nuevo Leon. En raison de cette structure administrative éclatée, il est plus difficile de coordonner la gestion du réseau de points d'entrée.

#### *Procédures de passage des frontières*

En ce qui concerne le trafic se dirigeant vers le nord, le premier point de contrôle est le poste d'inspection des exportations mexicaines. Habituellement, il faut une minute aux responsables mexicains pour traiter une demande, mais près de 2 % des camions font l'objet d'une inspection des exportations, qui dure en moyenne 90 minutes. Les véhicules se dirigeant vers le nord doivent ensuite se présenter au poste de péage manuel afin de pouvoir traverser le pont. Du côté américain, tous les camions (y compris ceux qui sont vides) se rendent dans la zone de traitement commercial. Ils s'arrêtent tout d'abord aux postes américains d'inspection primaire, où l'on ne vérifie que leurs documents, ce qui prend une minute en moyenne; mais les longues files d'attente sont fréquentes, surtout en fin d'après-midi. Lors d'une enquête effectuée en 1997, on a observé une file d'attente composée de plus de 100 camions entre 15 h 30 et 18 h 30, et le temps d'attente dépassait deux heures. Après la vérification des documents, environ 13 % des camions sont envoyés à l'inspection secondaire, qui dure environ 28 minutes, mais parfois plus longtemps. Tous les camions font ensuite l'objet d'une vérification finale des documents à leur sortie du poste frontalier, qui dure généralement moins d'une minute. On estime qu'en tout, les camions se rendant vers le nord doivent attendre 55 minutes pour franchir la frontière, dont 31 minutes sont passées dans une file d'attente.<sup>36</sup>

Les camions se dirigeant vers le sud ne sont pas inspectés aux douanes américaines. Ils se rendent directement aux postes de péage, où un préposé perçoit le montant requis. Les files d'attente au péage peuvent être très longues. En 1997, on a observé, durant l'heure de pointe de l'après-midi, une file d'attente de plus de 200 véhicules longs de plus de 4,5 kilomètres. Cette attente crée des problèmes de circulation dans les rues de Laredo et peut entraîner une recrudescence des bouchons (et donc des émissions) dans la ville elle-même. Une fois au Mexique, les camions se rendent aux postes de vérification des documents, où environ 10 % sont soumis à une inspection primaire. Auparavant, 10 % des véhicules ayant subi cette inspection primaire étaient envoyés à l'inspection secondaire, ce qui correspondait à environ 1 % des camions se dirigeant vers le sud. L'inspection secondaire est similaire à l'inspection primaire (et dure elle aussi trois heures); elle est axée sur le contrôle de la qualité et va sans doute être progressivement éliminée. Au terme de cette inspection, les préposés mexicains se trouvant à la sortie du poste frontalier examinent les documents pertinents, ce qui prend généralement moins d'une minute. Le temps d'attente total des camions se rendant vers le sud est estimé à 60 minutes en moyenne.<sup>37</sup>

#### *Possibilités de réduire le temps d'attente*

Il est tout à fait possible de réduire le temps d'attente à la frontière américano-mexicaine. Pour les véhicules se rendant vers le nord, la principale contrainte est liée aux postes d'inspection primaire américains. Le pont et les routes qui y mènent actuellement ne limitent pas vraiment la circulation des véhicules se dirigeant vers le nord, et le trafic ne sera jamais saturé en raison de la

---

<sup>36</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

<sup>37</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

capacité des installations douanières américaines existantes. Des études relatives au pont Juarez-Lincoln ont donné lieu à plusieurs recommandations visant à améliorer l'efficacité des inspections primaires<sup>38</sup>. Il faudrait :

- ajouter des postes d'inspection primaire;
- promouvoir l'utilisation du pont Columbia comme autre moyen de passage de la frontière;
- éviter tout passage inutile de tracteurs haut-le-pied (sans remorque), en augmentant leur droit de passage ou en appliquant les dispositions de l'ALÉNA autorisant davantage de retours à vide;
- encourager les passages en dehors des heures de pointe (en fin de soirée).

La circulation des camions se rendant vers le sud est entravée par le temps d'attente aux postes de péage, le système de contrôle de la circulation à Laredo et le temps de traitement des documents par les douanes mexicaines. Pour améliorer l'efficacité du poste frontalier, il faudrait :

- encourager l'utilisation du pont Columbia comme autre voie de passage;
- améliorer la gestion du trafic à l'approche du pont à Laredo;
- ajouter des postes de péage sur le pont en direction du sud;
- utiliser des appareils de péage électroniques;
- prolonger les heures d'ouverture des installations mexicaines d'inspection;
- mettre en place un système pilote nord-américain d'automatisation des échanges afin d'accélérer le traitement des documents aux douanes.

#### *Incidence sur les émissions*

Étant donné qu'on prévoit un accroissement du trafic d'ici 2020, le réseau de postes frontaliers va être très encombré. Plusieurs postes additionnels ont été proposés pour la région de Laredo, et leur création va probablement être envisagée au cours des années à venir. Compte tenu de ces incertitudes, il est impossible de prévoir quel sera le temps d'attente moyen des camions en 2020. Nous calculons les émissions de base en supposant que l'amélioration de la capacité des installations ne modifiera pas les actuels temps d'attente. Pour examiner les effets d'une réduction du temps d'attente à la frontière, nous avons supposé que ce délai serait réduit en 2020, tant en direction du sud qu'en direction du nord.

Une récente étude des bouchons observés à la frontière a révélé qu'il était possible de réduire de 30 minutes le temps d'attente moyen au poste frontalier de Laredo/Nuevo Laredo (pont Lincoln)<sup>39</sup>. Si cette réduction se concrétise, les camions se rendant vers le sud attendront en moyenne 25 minutes et les camions se rendant vers le nord, 30 minutes. L'impact de ce changement sur les émissions des camions en 2020 est indiqué au tableau 25. Les émissions provenant de camions dont le moteur tourne au ralenti chuteraient de 35 % pour l'ensemble du

---

<sup>38</sup> *Border Congestion Study : Study Findings and Methodology.*

<sup>39</sup> *Border Congestion Study: Study Findings and Methodology.*

réseau de points d'entrée. Par rapport aux émissions d'origine commerciale tout le long du couloir, cet impact est nettement inférieur (réduction de 1,5 % des émissions de CO). Il faut cependant noter que ce scénario se contente d'estimer la réduction des émissions provenant des véhicules commerciaux. Toute amélioration apportée au pont Lincoln-Juarez réduirait également le temps d'attente des véhicules de tourisme, et les émissions que produisent ces véhicules au poste frontalier.

**Tableau 25. Impact de la réduction du temps d'attente à la frontière sur le couloir San Antonio-Monterrey, 2020 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Scénario de base pour 2020					
Camions au ralenti	189	124	1 737	10	178 826
Camions – Total	18 078	3 882	38 427	924	9 703 413
Réduction du temps d'attente à la frontière en 2020					
Camions au ralenti	122	80	1 121	6	115 471
Camions – Total	18 011	3 838	37 812	920	9 640 059
Pourcentage de changement					
Camions au ralenti	-35 %	-35 %	-35 %	-35 %	-35 %
Camions – Total	-0,4 %	-1,1 %	-1,6 %	-0,4 %	-0,7 %

### *Couloir Vancouver-Seattle*

Le temps d'attente est également important au poste frontalier de Pacific Highway/Blaine, dans le couloir Seattle-Vancouver. Le trafic a augmenté rapidement ces dernières années, et la demande actuelle est supérieure à la capacité du poste durant les périodes de pointe. Dans le cadre d'un récent sondage effectué auprès des compagnies de transport routier, les chauffeurs de camions chargés ont dit qu'ils attendaient en moyenne plus de 50 minutes. La situation est particulièrement préoccupante en direction du nord, où les véhicules commerciaux et de tourisme doivent emprunter la même voie d'approche. Une coalition d'entreprises et d'organisations gouvernementales américaines et canadiennes baptisée *International Mobility & Trade Corridor Project* s'efforce actuellement d'améliorer le franchissement de la frontière par les véhicules empruntant ce couloir.

Les procédures de passage de la frontière sont similaires à celles qui visent les camions se rendant vers le nord à Laredo. Une fois qu'ils sont entrés dans les installations douanières, tous les véhicules commerciaux subissent une inspection primaire rapide. Certains sont ensuite choisis pour une inspection secondaire, beaucoup plus longue. Lorsque les camions se présentent à l'inspection secondaire, le chauffeur rencontre habituellement un intermédiaire qui l'aide à remplir les papiers nécessaires, puis remet ces papiers au bureau des douanes. Les inspecteurs des douanes examinent les manifestes et déterminent si la cargaison doit ou non faire l'objet d'une inspection manuelle. S'ils ne le jugent pas utile, le camion est autorisé à quitter les installations. Si une inspection est requise, le chauffeur conduit son camion dans l'entrepôt des douanes en vue d'une inspection manuelle. Les cargaisons qui ne répondent pas aux critères d'inspection sont immobilisées.



On peut réduire le temps d'attente moyen à la frontière en réduisant le pourcentage de véhicules qui font l'objet d'une inspection secondaire. De nombreux véhicules commerciaux sont « pré-dédouanés » en vue du passage à la frontière et ont rarement besoin d'une inspection secondaire<sup>40</sup>. Il s'agit des véhicules suivants :

- véhicules dont le chauffeur remplit les documents douaniers une fois par mois;
- véhicules de ligne faisant l'objet d'une déclaration à mainlevée dans le cadre d'un programme de passage accéléré des frontières;
- véhicules qui utilisent une technologie de pointe (SIT) pour accélérer le dédouanement.

L'utilisation de systèmes intelligents pour le transport (SIT) s'annonce particulièrement prometteuse en vue de la réduction du nombre d'inspections secondaires. Une des variations de ces systèmes est le système de traitement avant l'arrivée (PAPS). Le système PAPS a été développé à Buffalo, puis amélioré par le *North Border Leadership Group* (composé de représentants des douanes américaines travaillant à la frontière avec le Canada). Il utilise les codes-barres pour fournir aux douaniers des renseignements préalables à l'arrivée des véhicules, et a été récemment installé au poste de Pacific Highway. Une récente étude de l'incidence des SIT sur le passage des frontières par les véhicules commerciaux a révélé qu'une installation à grande échelle de ces technologies pouvait réduire le temps de traitement moyen d'environ 40 %.<sup>41</sup>

Afin de déterminer l'impact de la réduction du temps d'attente sur les émissions, nous supposons que le temps d'attente moyen d'un véhicule commercial passe de 37 à 15 minutes. Comme l'indique le tableau 26, par rapport au scénario de base pour 2020, cela réduit de près de 60 % les émissions produites à la frontière par les camions dont le moteur tourne au ralenti. Les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 d'origine commerciale sont réduites d'environ 0,3 % dans l'ensemble du couloir, tandis que les émissions de CO<sub>2</sub> sont réduites de 1 %.

**Tableau 26. Impact de la réduction du temps d'attente à la frontière – Couloir Vancouver-Seattle, 2020 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Scénario de base pour 2020					
Camions au ralenti	16	10	333	0,5	34 305
Camions – Total	1 678	399	7 842	62	1 983 469
Réduction du temps d'attente à la frontière en 2020					
Camions au ralenti	6	4	135	0,2	13 907
Camions – Total	1 669	393	7 644	61,3	1 963 071
Pourcentage de changement					
Camions au ralenti	-59 %	-59 %	-59 %	-59 %	-59 %
Camions – Total	-0,6 %	-1,5 %	-2,5 %	-0,5 %	-1,0 %

<sup>40</sup> Nozick, 1998.

<sup>41</sup> Nozick, 1998.

Dans les autres couloirs, il existe d'autres possibilités de réduire le temps d'attente. Par exemple, les installations accueillant les véhicules commerciaux à Emerson-Pembina ferment actuellement à 23 h et rouvrent à 8 h. En offrant un service douanier 24 heures sur 24, on pourrait répartir plus également les camions sur l'ensemble de la journée, ce qui pourrait réduire leur temps d'attente. À l'heure actuelle, on connaît mal l'ampleur du retard que prennent les véhicules commerciaux au poste frontalier d'Emerson-Pembina et à la plupart des autres postes.

### **5.3 Renforcement des normes mexicaines visant les émissions des camions**

Pour calculer les émissions prévues pour 2020 dans les couloirs reliant les États-Unis et le Mexique, nous supposons que les camions mexicains respecteraient les normes d'émissions établies par les États-Unis et le Canada pour 2003, mais pas celles de 2007, qui tiennent compte de la disponibilité du diesel à faible teneur en soufre (15 mg/l). Il est possible que le diesel à faible teneur en soufre soit disponible au Mexique, du moins dans les couloirs où le trafic est dense, comme Monterrey-Nuevo Laredo. Il semble que PEMEX, qui est la compagnie pétrolière nationale, envisage de lancer des carburants diesel plus propres dans ce type de couloirs.<sup>42</sup>

Calculons maintenant les réductions d'émissions que pourrait générer l'arrivée sur le marché du diesel à faible teneur en soufre, ainsi que les technologies connexes de contrôle des émissions, dans le couloir Monterrey-Nuevo Laredo. Dans le cadre d'un scénario très optimiste, nous supposons que tous les camions visés par l'ALÉNA circulant dans ce couloir utiliseraient ce carburant et seraient équipés de catalyseurs de NO<sub>x</sub> et de pièges à particules, et qu'ils commenceraient à respecter les nouvelles normes américaines sur les émissions des poids lourds à compter de 2007 (même échéance qu'aux États-Unis). Comme l'indique le tableau 27, ce scénario est très avantageux en matière de réduction des émissions. Les émissions totales de NO<sub>x</sub> et de COV liées aux échanges dans le cadre de l'ALÉNA sont réduites de 40 % et les émissions de PM-10, de plus de 55 %.

**Tableau 27. Impact du lancement du diesel à faible teneur en soufre sur le couloir San Antonio-Monterrey, 2020 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Scénario de base pour 2020 (camions)	18 078	3 882	38 427	924	9 703 413
Diesel à faible teneur en soufre disponible au Mexique	8 206	1 952	38 427	301	9 703 413
Pourcentage de changement	-55 %	-50 %	0 %	-67 %	0 %

Dans le cadre d'un scénario plus « conservateur » (un quart des camions mexicains empruntant le couloir répondent aux normes américaines en 2007), la réduction des émissions demeurerait importante. Elle serait inférieure de 18 % aux chiffres du scénario de base pour les NO<sub>x</sub> et de 11 % pour les PM-10.

<sup>42</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

## 5.4 Réduction du nombre de voyages à vide

### *Description*

En améliorant l'efficacité du transport de marchandises, on peut réduire les effets de ce transport sur l'environnement. On peut notamment réduire le nombre de voyages à vide. Lorsque les transporteurs routiers ou ferroviaires ne peuvent pas prévoir de voyage de retour, les remorques et les wagons font le voyage à vide. En limitant ces déplacements, on peut réduire les émissions qui y sont associées. Bien entendu, étant donné la concurrence féroce qui règne dans cette industrie, la plupart des transporteurs s'efforcent de maximiser l'utilisation de leur équipement sans que le gouvernement ait à intervenir. Mais certaines mesures stratégiques peuvent faciliter la réduction du nombre de voyages à vide. Par exemple, le recours à l'échange de données informatisé (EDI) peut réduire le coût des transactions sur le marché du transport routier et faciliter l'attribution optimale des chargements. L'assouplissement des règlements sur le cabotage pourrait donner aux transporteurs canadiens et américains qui font des voyages internationaux une plus grande flexibilité dans l'organisation des chargements de retour. On croit en outre que les restrictions imposées à la circulation des camions mexicains par les États-Unis multiplient les pertes de temps pour les chauffeurs à la frontière américano-mexicaine.

Il sera peut-être moins facile de réduire le nombre de voyages à vide dans les couloirs ferroviaires visés par l'ALÉNA, parce que les marchandises acheminées par rail affichent actuellement un déséquilibre beaucoup plus marqué entre le nord et le sud. Par exemple, le volume de marchandises transportées par rail vers le sud par le couloir Vancouver-Seattle est quatre fois plus élevé que celui des marchandises transportées vers le nord. De la même façon, le volume de marchandises transportées de l'Ontario à l'est du Michigan est plus de deux fois supérieur au volume transporté dans la direction opposée. De leur côté, les marchandises transportées par camion se répartissent également entre le trafic vers le nord et le trafic vers le sud et ce, dans les trois couloirs reliant les États-Unis et le Canada.

### *Incidence sur les émissions*

Examinons maintenant les répercussions environnementales de la réduction du nombre de voyages de retour à vide dans le couloir Toronto-Detroit. Le volume de marchandises transportées par camion dans les segments Detroit-Windsor et Port Huron-Sarnia est également réparti entre les deux directions. Selon les études réalisées à propos des véhicules commerciaux à Windsor et Sarnia, environ 15 % des gros camions circulant dans les deux directions sont vides, et 15 % sont au quart ou à moitié pleins.<sup>43</sup> Nous calculons l'impact qu'aurait le passage de 15 % à 10 % du pourcentage de camions vides. Comme l'indique le tableau 28, les émissions totales de NO<sub>x</sub> et de PM-10 d'origine commerciale sont réduites d'environ 3 % par rapport aux niveaux de base. Les émissions de CO<sub>2</sub> enregistrent une baisse de près de 5 %.

**Tableau 28. Impact de la réduction du nombre de voyages à vide sur le couloir Toronto-Detroit, 2020 (kg/jour)**

	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>

<sup>43</sup> 1995 Commercial Vehicle Survey: Station Summary Report.

Scénario de base pour 2020 (camions)	11 342	2 674	52 165	416	13 353 393
Réduction du nombre de voyages de retour à vide	10 775	2 540	49 556	395	12 685 723
Changement	-567	-134	-2 608	-21	-667 670
Pourcentage de changement	-5 %	-5 %	-5 %	-5 %	-5 %

En fait, le pourcentage de camions vides circulant entre l'Ontario et l'est du Michigan est plutôt bas par rapport aux nombreux couloirs de transport. Il est fréquent que 30 à 40 % des camions circulent à vide sur les principales routes interurbaines. Le pourcentage de camions vides semble plus élevé dans le couloir San Antonio-Monterrey, même si les études visant le poste de Laredo/Nuevo Laredo ne confirment pas cette réalité. Une étude en particulier, qui s'appuie sur les données fournies par les douanes, révèle qu'à Laredo, 45 % des camions se rendant vers le nord sont vides.<sup>44</sup> Une autre, basée sur les données de pesage en marche, a révélé que seulement 22 % des camions à cinq essieux circulant vers le nord étaient vides.<sup>45</sup> Le chiffre exact est probablement compris entre ces deux pourcentages. On ne connaît pas le pourcentage de camions vides se rendant vers le sud ou passant par d'autres points du couloir au nord ou au sud de la frontière.

Dans le couloir San Antonio-Monterrey, on considère généralement que les actuelles restrictions de circulation font augmenter le pourcentage de véhicules vides sur les routes. Les marchandises acheminées vers le nord se sont généralement transportées jusqu'à Nuevo Laredo par des camions de ligne mexicains, traversent la frontière à bord de fardiens mexicains, puis se rendent au Texas dans des camions américains. Avec un tel système, les camionneurs (en particulier les chauffeurs de fardier) ont de la difficulté à trouver un chargement pour leur voyage de retour. Parce qu'on ne connaît pas le pourcentage de camions qui empruntent le couloir à vide, il est difficile de calculer les gains en matière d'émissions que pourrait générer une exploitation plus efficace des véhicules. Évidemment, il serait très avantageux de réduire le nombre de voyages à vide des fardiens à la frontière, car ces camions sont généralement plus vieux que les camions de ligne et émettent davantage de polluants (même s'il est probable que l'utilisation de fardiens cesse progressivement d'ici 2020). La réduction du nombre de voyages à vide réduirait également le temps d'attente à la frontière, en particulier les files d'attente en direction du sud au poste de péage du pont Lincoln, ce qui réduirait les émissions produites par tous les véhicules. Il est probable que la réduction des émissions en pourcentage serait bien plus importante que dans le couloir Toronto-Detroit.

Par ailleurs, les possibilités de réduire le nombre de voyages à vide sont limitées là où l'on observe d'importants déséquilibres commerciaux. Les flux de marchandises entre les États-Unis et le Mexique ne sont pas aussi également répartis entre les deux directions que dans les couloirs reliant les États-Unis et le Canada. Par exemple, le nombre de camions se rendant vers le sud à Laredo/Nuevo Laredo dépasse de plus de 40 % le nombre de camions se rendant vers le nord. Tant que cette tendance se maintiendra, on continuera d'observer un certain nombre de voyages de retour à vide.

<sup>44</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

<sup>45</sup> Leidy, 1995.

## 5.5 Trains routiers

### *Description*

Les limites qui sont imposées à la taille et au poids des camions peuvent influencer sur le coût du transport routier des marchandises, et donc sur le volume du trafic routier et les effets environnementaux connexes. Ces limites sont déterminées par divers règlements fédéraux et provinciaux. Aux États-Unis, le gouvernement fédéral établit à la fois des « seuils » et des « plafonds » relatifs à la taille et au poids des camions dans chaque État. Tous les États doivent autoriser la circulation sur les routes inter-États des camions à cinq essieux dont le poids brut maximal est de 36 287 kilogrammes (80 000 livres).

Le terme « train routier » désigne généralement les camions qui sont à la fois plus longs et plus lourds que ce que définit cette norme. Il y a plusieurs types de trains routiers, mais les plus courants sont les *Rocky Mountain Doubles* (remorque de tête de 48 pieds, suivie d'une remorque de 28 pieds), les *Turnpike Doubles* (deux remorques doubles de 48 pieds) et les *Turnpike Triples* (trois remorques de 28 pieds). Avant 1991, de nombreux États américains avaient augmenté leurs limites afin de permettre aux trains routiers de circuler, mais une loi fédérale adoptée cette année-là a gelé les limites maximales de taille et de poids dans tous les États. Des exemptions protégeant les droits acquis permettent néanmoins aux États de conserver les limites moins restrictives qu'ils avaient établies avant 1991.

Au Canada, un protocole d'entente signé pour la première fois par les provinces en 1988 détermine à la fois les limites de taille et de poids. Les limites de poids sont nettement supérieures à celles qu'imposent les États-Unis – jusqu'à 62 500 kilos (130 790 livres) pour les trains routiers à huit essieux. Les camions mesurant jusqu'à 25 mètres (82 pieds) sont autorisés, mais de nombreuses flottes reçoivent des permis les autorisant à faire circuler des véhicules plus longs. Au Mexique, la réglementation visant les camions qui circulent sur le réseau routier national est établie par le gouvernement fédéral, et les limites de taille et de poids sont généralement similaires aux limites canadiennes. Une disposition de l'ALÉNA stipule que le Canada, les États-Unis et le Mexique doivent élaborer des limites harmonisées pour la taille et le poids des camions, mais peu de progrès ont été réalisés dans ce domaine.

Parce qu'elle est la moins stricte, la réglementation américaine tend à s'appliquer à la taille et au poids des camions assurant les échanges commerciaux entre le Canada et les États-Unis. Cependant, pour n'importe quelle route, les restrictions de circulation concrètes visant les camions peuvent être soumises à de nombreuses règles établies par les États et les provinces, qui sont toutes différentes. Par exemple, de nombreux trains routiers franchissent les postes frontaliers entre l'Alberta et le Montana. Une étude de 1994 a révélé que 21 % des camions passant la frontière à Coutts-Sweetgrass tiraient des remorques doubles, principalement parce que le Montana autorise les trains routiers canadiens à circuler sur la I-15.<sup>46</sup>

La circulation des trains routiers dans le couloir Winnipeg-Fargo est beaucoup plus limitée. Le Dakota du Nord autorise les camions d'un poids maximal de 47 854 kg (105 500 lb) à circuler sur les routes inter-États avec un permis, de même que les *Rocky Mountain Doubles* et les

---

<sup>46</sup> Nix, 1998.

*Turnpike Doubles*. Par contre, un grand nombre des États se trouvant au sud et à l'est du Dakota du Nord n'autorisent pas les trains routiers à emprunter leurs routes, principalement parce qu'ils redoutent les répercussions de ce type de trafic sur la sécurité routière. Cela tend à limiter le nombre de trains routiers empruntant ce couloir.<sup>47</sup> L'analyse des données sur les flux de marchandises révèle que seulement 10 % des camions passant la frontière à Emerson/Pembina terminent leur voyage dans le Dakota du Nord, tandis qu'ils sont beaucoup plus nombreux (45 %) à emprunter ce couloir pour se rendre du Manitoba aux États du Minnesota, de l'Iowa, de l'Illinois, du Wisconsin et du Missouri, lesquels interdisent généralement la circulation des trains routiers.

### ***Incidence sur les émissions***

Examinons maintenant l'impact de l'autorisation de circuler consentie aux trains routiers dans l'ensemble des États se trouvant au nord du *Midwest*, dans l'esprit de l'actuelle politique du Dakota du Nord. Nous supposons que tous les camions se déplaçant entre le Canada et les États du Minnesota, de l'Iowa, du Wisconsin, de l'Illinois et du Missouri (45 % des camions empruntant le couloir) seraient soit des *Rocky Mountain Doubles*, soit des camions à six essieux et à une seule remorque, dont le poids maximal autorisé serait de 47 854 kg (105 500 lb). Cela générerait une augmentation d'environ 36 % de la charge utile moyenne et, pour les *Rocky Mountain Doubles*, une augmentation de 62 % du volume de la cargaison. Nous appliquons ensuite ces charges utiles moyennes plus élevées aux flux de marchandises qui entrent dans les États susmentionnés ou en sortent. L'impact immédiat serait une réduction de 11 % du trafic de véhicules commerciaux. Par contre, une augmentation de la taille et du poids des camions réduirait vraiment les coûts du transport, et ferait passer une partie des marchandises du rail à la route. Il faut tenir compte de cette réalité lorsqu'on calcule les effets environnementaux.

Plusieurs études ont examiné les répercussions sur l'industrie américaine du transport ferroviaire de la modification des limites de taille et de poids imposées aux camions. Selon une de ces études, à elle seule, l'élimination de la limite de 36 287 kg (80 000 lb) ferait passer au transport routier 2,2 % des marchandises transportées par rail à l'échelle nationale. Une étude réalisée pour l'*American Trucking Association* a révélé que l'utilisation de trains routiers à l'échelle nationale déplacerait 5 % des marchandises acheminées par rail vers le transport routier. L'*American Association of Railroads* estime qu'une telle mesure déplacerait directement 11 % des marchandises transportées par rail, plus 8 % en raison des suppressions de dessertes ferroviaires qui s'ensuivraient.<sup>48</sup>

Parce que notre scénario pour le couloir Winnipeg-Fargo prévoit l'utilisation de camions pesant au plus 47 854 kilos (105 500 livres) au lieu de trains routiers plus lourds, nous supposons que 5 % des marchandises acheminées par rail passeraient au transport routier. Seules les marchandises transportées par rail vers les États du *Midwest* et en provenance de ceux-ci seraient touchées. Nous prévoyons une légère augmentation des coefficients d'émission pour les plus gros camions, compte tenu du rapport entre consommation d'énergie et poids nominal brut.<sup>49</sup> Le tableau 29 illustre l'incidence de la généralisation du trafic de trains routiers sur les volumes de

---

<sup>47</sup> En 1996, seulement 3,2 % des camions possédaient plus de cinq essieux (*Prairie Provinces Transportation System Study*).

<sup>48</sup> *A Guidebook for Forecasting Freight Transportation Demand*.

<sup>49</sup> Nix, 1991.

marchandises transportés et les émissions en 2020, par rapport au scénario de base. L'impact total se traduit par une réduction des émissions de tous les polluants. Ce sont les émissions de CO et de CO<sub>2</sub> qui baissent le plus (7 %), tandis que les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 baissent d'environ 4 %. Le passage au transport routier a pour effet d'accentuer la réduction des émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10, tout en compensant légèrement la réduction des émissions d'autres polluants.

**Tableau 29. Impact de l'utilisation de trains routiers dans le couloir Winnipeg-Fargo, 2020**

Scénario	Mode	Marchandises transportées chaque année (millions de kg)	Nombre annuel de véhicules*	Emissions (kg/jour)				
				NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Scénario de base pour 2020	Route	15 150	1 233 117	1 057	250	4 884	39	1 245 485
	Rail	16 262	217 966	3 408	192	646	96	239 357
	Total	31 412	S/O	4 465	442	5 530	135	1 484 842
Généralisation des trains routiers -- Impact immédiat	Route	15 150	1 093 820	947	224	4 377	35	1 116 358
	Rail	16 262	217 966	3 408	192	646	96	239 357
	Total	31,412	S/O	4 355	416	5 023	131	1 355 715
Généralisation des trains routiers -- Impact total (avec changement de mode)	Route	15 598	1 125 650	975	230	4 505	36	1 148 844
	Rail	15 814	207 068	3 314	187	628	94	232 765
	Chang. total	31 412	S/O	4 289	417	5 133	130	1 381 609
				-3,9 %	-5,6 %	-7,2 %	-4,2 %	-7,0 %

\* Wagons chargés seulement

Il faut noter que toute réduction des coûts du transport (grâce à l'utilisation de trains routiers ou d'autres moyens) pourrait générer une relative augmentation du volume de marchandises transportées, en raison de la demande ainsi créée. Si les économies réalisées grâce à la baisse des coûts du transport sont répercutées sur les consommateurs, la consommation (et la demande totale) pourraient augmenter, ce qui multiplierait le nombre d'expéditions. Il est cependant difficile d'évaluer l'ampleur de ces répercussions. Étant donné que les coûts du transport ne constituent généralement qu'une fraction du prix des marchandises, toute augmentation des volumes d'expédition serait sans doute limitée. Il faut également noter que l'on ne sait pas vraiment dans quelle mesure les gros camions contribuent à l'augmentation des émissions. Ces calculs supposent que la consommation de carburant et les taux d'émission par mille augmenteraient d'environ 3 % si le poids nominal brut autorisé passait à 47 854 kg (105 000 lb). Si la consommation de carburant des poids lourds augmente effectivement plus vite, la réduction des émissions sera alors moindre ou pourrait même être nulle.

Plusieurs autres préoccupations non liées à l'environnement ont été soulevées au sujet de l'utilisation accrue des trains routiers, notamment leur incidence sur la sécurité routière et l'usure

de la chaussée. Même si ces questions n'entrent pas dans le cadre de la présente étude, elles doivent être incluses dans toute évaluation des changements aux restrictions visant les trains routiers.

## **6 Autres effets environnementaux**

L'accroissement du transport de marchandises peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'air. Ces effets se traduisent par une augmentation du trafic routier et ferroviaire dans un couloir donné et par les activités de construction ou d'agrandissement des installations destinées à la manutention des marchandises, d'élargissement des routes ou de construction de nouveaux tronçons de route ou de voie ferrée. Quatre types d'effets environnementaux sont examinés ci-dessous : ressources en eau, ressources biologiques, bruit et vibrations au sol, et matières dangereuses. Nous n'essaierons pas de quantifier ces effets.

### **6.1 Ressources en eau**

L'accroissement du trafic routier peut faire augmenter le niveau de pollution par les eaux de ruissellement provenant des routes, ce qui inclut les particules et les métaux lourds provenant des gaz d'échappement des véhicules, le cuivre des plaquettes de frein, les dépôts dus à l'usure des pneus et de l'asphalte, et les fuites d'huile, de graisse, d'antigel, de liquides hydrauliques et d'agents nettoyants. La contamination des eaux de surface pourrait dépasser les limites du couloir en cas de déversement d'une substance durant le transport. Les substances ainsi déversées peuvent imprégner les sols environnants et contaminer les eaux souterraines. Les huiles à moteur qui ne sont pas jetées aux endroits appropriés peuvent contaminer gravement l'eau – un litre d'huile peut contaminer près de quatre millions de litres d'eau.

Les effets des activités de construction sur les ressources en eau sont souvent liés aux eaux de ruissellement provenant des surfaces imperméables créées par les chantiers de construction et l'érosion des roches stériles et des sols mis à nu lors de l'excavation. Les effluents générés par l'utilisation de produits de lavage des véhicules, ainsi que l'huile et les substances dangereuses présentes sur les chantiers de construction, peuvent également contaminer les eaux de surface. Lorsque la construction comprend des travaux dans les eaux de surface, par exemple le dragage d'un nouveau tunnel, ces travaux risquent de provoquer le déplacement de sédiments déjà contaminés. Les travaux d'excavation dans les zones où des industries sont implantées depuis longtemps risquent d'agiter des eaux souterraines peu profondes qui contiennent une forte concentration de métaux lourds et de composés organiques dangereux. La mise en service de nouvelles lignes de chemin de fer peut entraîner la lixiviation de créosote dans les sols et les eaux souterraines. La créosote, substance dangereuse qui contient des impuretés cancérigènes, sert à traiter les traverses de chemin de fer afin de les protéger contre la détérioration et la rouille.

### **6.2 Ressources biologiques**

L'augmentation du volume de marchandises transportées peut avoir des effets néfastes sur les espèces très sensibles dont l'habitat est proche du couloir concerné. Mais les effets des activités de construction sur les ressources biologiques sont une source de préoccupation beaucoup plus grande. Par exemple, la construction d'une nouvelle emprise peut entraîner la destruction ou la



fragmentation de l'habitat. Elle peut également avoir une incidence sur les ressources biologiques lorsqu'une importante quantité d'eaux de ruissellement perturbe de nombreux habitats, comme les frayères et la végétation aquatique. Les volumes élevés d'eaux de ruissellement provenant de surfaces dont le revêtement est très chaud peuvent faire monter la température des eaux de surface, nuisant ainsi aux poissons et à d'autres formes de vie aquatique. Le déversement en eaux libres de déblais de dragage peut modifier les habitats de fond, altérer la qualité de l'eau et nuire aux organismes marins.

### **6.3 Bruit et vibrations au sol**

Les vibrations et les bruits perturbateurs peuvent nuire à la qualité de vie des personnes vivant dans les zones touchées. Dans des cas extrêmes, l'excès de bruit peut endommager les fonctions auditives. Un son dépassant 65 dB(A) est assez fort pour causer des désagréments et un son dépassant 125 dB(A) est considéré comme douloureux.<sup>50</sup> Outre les niveaux de décibels, la fréquence, la durée et l'heure jouent sur l'incidence du bruit. Le bruit peut causer le stress et d'autres problèmes de santé, et affecter l'habitat des espèces vivant près d'une route ou d'une voie de chemin de fer.

L'accroissement du trafic sur un réseau de transport génère une multiplication des répercussions liées au bruit. Le bruit provenant d'une route ou d'une voie ferrée est principalement celui des moteurs, mais parfois aussi le bruit que font les roues lors du contact avec la chaussée/la voie, les effets d'aérodynamisme et la vibration des structures. Près d'un passage à niveau, le klaxon des locomotives est habituellement l'élément le plus bruyant. Le niveau sonore des véhicules circulant sur une route à une distance de 7,5 mètres les uns des autres va d'environ 70 dB(A) pour le trafic automobile à 85 dB(A) pour les poids lourds. Le niveau sonore des trains est d'environ 90 dB(A) pour une locomotive électrique, de 92 dB(A) pour une locomotive diesel et de 120 dB(A) pour le klaxon d'une locomotive. Pour des raisons de sécurité, les conducteurs de locomotive actionnent habituellement leur klaxon à un passage à niveau; l'accroissement du trafic ferroviaire peut donc faire augmenter considérablement le niveau sonore auquel est exposée la population riveraine. Récemment, pour atténuer ces effets, on a commencé à interdire les klaxons de locomotive en échange d'une amélioration des mesures de protection aux passages à niveau.

Les vibrations et les bruits perceptibles causés par le matériel de chantier peuvent être dérangeants pour les résidents des collectivités avoisinantes. En règle générale, le niveau sonore total d'une journée de travail de douze heures sur un chantier de construction est d'environ 90 dB(A) à 15 mètres du site. Durant la journée, le fonctionnement d'un mât de battage à percussion peut déranger le voisinage jusqu'à une distance d'environ 76 mètres, et les éventuelles vibrations peuvent endommager les structures à une distance d'environ 12 mètres et moins du mât. Les véhicules chenillés comme les bulldozers, mais aussi le matériel utilisé pour effectuer le compactage ou l'excavation par vibrations peuvent générer des vibrations et un bruit importants durant les opérations de terrassement. Les camions circulant avec leur charge sur les

---

<sup>50</sup> Le son est souvent mesuré sur une échelle non linéaire, en décibels (dB). Une échelle ajustée, baptisée « échelle pondérée A », met en évidence les fréquences sonores que les gens entendent le mieux. Sur cette échelle, une augmentation de 10 dB(A) du niveau sonore est généralement perçue par les humains comme un doublement du volume sonore.

chantiers de construction peuvent déranger le voisinage jusqu'à une distance pouvant atteindre 61 mètres. Un édifice exposé à un niveau de vibration du sol suffisamment élevé peut subir des dommages structuraux, par exemple des bris de vitres ou la fissuration du plâtre.

#### **6.4 Matières dangereuses**

L'accroissement du volume de marchandises transportées fait augmenter les probabilités de rejets accidentels de matières dangereuses. La plupart des incidents liés au déversement de matières dangereuses se produisent sur les routes, où circulent plus de 60 % des matières dangereuses aux États-Unis, le transport ferroviaire étant la deuxième source d'incidents en importance. Les déversements peuvent générer des coûts très élevés imputables à la perte de produits, aux dommages subis par le transporteur et les propriétés avoisinantes, aux évacuations éventuelles et à l'utilisation de personnel et d'équipement d'intervention. Les effets environnementaux dépendent du type et de la quantité de matières répandues, de la quantité récupérée lors des opérations de nettoyage, des propriétés chimiques (comme la toxicité et la combustibilité), et des caractéristiques des éléments touchés (par exemple, les conditions climatiques, la densité de la flore et de la faune, et la topographie locale). Les matières dangereuses qui sont le plus souvent à l'origine de déversements sont les liquides corrosifs et inflammables, l'essence, le mazout, l'acide sulfurique et les produits dégraissants liquides.

Durant les activités de construction, la probabilité de « tomber sur » des eaux souterraines ou des sols contaminés augmente avec le volume de terre déplacé. La proximité de sites renfermant des matières dangereuses augmentera également les chances de tomber sur ce type d'eaux souterraines ou de sols. La contamination par le pétrole est le problème le plus fréquent, mais il existe des procédures relativement efficaces pour en venir à bout. La proximité entre l'emplacement d'un projet et des champs pétroliers fait augmenter la possibilité de tomber sur des contaminants à base d'hydrocarbures, notamment de l'hydrogène sulfuré. La contamination des sols est un problème courant lié aux projets de construction, même s'il influe davantage sur la mise en œuvre et le coût du projet que sur la santé humaine ou l'environnement.

#### **6.5 Sommaire des autres effets environnementaux**

Les effets précis de la multiplication des échanges commerciaux sur la qualité de l'environnement (autre que la qualité de l'air) dépendent largement des conditions locales. En général, l'accroissement des activités de transport dans un couloir existant soulève davantage de préoccupations liées à la qualité de l'air qu'aux autres répercussions. Le bruit est sans doute l'effet non lié à l'air le plus important, en particulier en ce qui concerne le trafic ferroviaire aux endroits où le couloir traverse des zones habitées. La probabilité d'un déversement de matières dangereuses peut également augmenter avec l'accroissement du transport de marchandises. Si la multiplication des échanges entraîne l'expansion des installations existantes ou la construction de nouvelles installations, les effets non liés à l'air peuvent se révéler beaucoup plus importants, et les ressources hydriques et biologiques deviennent alors une source de préoccupation majeure.

## **7 Besoins de données et possibilités de coopération**

Le processus consistant à déterminer les effets environnementaux du commerce transfrontalier révèle un certain nombre de domaines dans lesquels l'information nécessaire est inexistante ou très floue. Il est important de combler ces lacunes, étant donné que les problèmes environnementaux liés aux échanges commerciaux sont de plus en plus importants. Quatre domaines d'intervention sont décrits ci-après, suivis de plusieurs moyens d'améliorer la collecte de données et la surveillance environnementale.

### **7.1 Besoins de données**

#### *Volume du trafic transfrontalier*

Dans de nombreux postes frontaliers, il n'est pas facile de connaître le volume du trafic routier et ferroviaire. Pour obtenir ces chiffres, il faut habituellement communiquer avec chaque station douanière, mais un grand nombre de ces stations ne consignent pas le nombre de trains franchissant la frontière ou ne publient pas du tout l'information relative au trafic transfrontalier. Il est également important de connaître le pourcentage de wagons vides se trouvant dans un poste frontalier, afin de pouvoir évaluer correctement les effets environnementaux. Malheureusement, cette information est rarement disponible, en partie parce que les bureaux des douanes ne la compilent pas, et aussi parce que certains postes ferroviaires (p. ex., les tunnels) sont exploités par des sociétés privées, et que l'information est donc leur propriété. Il existe une exception : les postes frontaliers entre le Texas et le Mexique. Le volume du trafic routier et ferroviaire à tous les points d'entrée est régulièrement calculé et publié par la *Texas A&M International University*.

#### *Origine et destination des marchandises*

Divers véhicules commerciaux franchissent les frontières internationales : camions de service/utilitaires, camions de livraison à courte distance transportant des marchandises entre les deux villes frontalières, fardiers intermodaux, et camions grands routiers qui transportent des marchandises vers l'intérieur d'un pays et à partir de ces régions. Chaque véhicule nuit à la qualité de l'air à sa façon. Pour pouvoir effectuer une analyse environnementale détaillée, il faut obtenir certains renseignements à propos des flux traditionnels de marchandises, en déterminant le point de départ et la destination des véhicules commerciaux présents à la frontière. À titre d'exemple, Transports Canada a récemment effectué son Enquête nationale au bord des routes, qui comprend des entrevues avec les camionneurs travaillant dans les zones frontalières. Dans certains cas, ces entrevues ont été complétées par des sondages effectués par des organismes locaux ou des alliances commerciales transfrontalières. Aux États-Unis, la Californie effectue périodiquement des sondages sur l'origine et la destination des camions à sa frontière avec le Mexique. Il n'existe aucun programme de ce type en Arizona, au Texas ou au Mexique.

#### *Calcul des émissions imputables au transport ferroviaire*

En raison des limites créées par les données disponibles et la méthodologie utilisée, les estimations des émissions imputables au transport ferroviaire sont très incertaines. Comme le décrit la section 2, on calcule ces émissions en appliquant les coefficients d'émission moyens à la consommation de carburant estimée, qui est basée sur les tonnes-kilomètres de marchandises. La

consommation moyenne de carburant tient naturellement compte du déplacement de certains wagons à vide. Mais le trafic transfrontalier pourrait afficher un pourcentage de wagons vides tout à fait différent de la moyenne. C'est notamment le cas dans les couloirs où l'on observe un fort déséquilibre du transport ferroviaire, par exemple Vancouver-Seattle et Winnipeg-Fargo. Il est probable que la méthode standard d'évaluation des émissions sous-estime la consommation de carburant dans ces couloirs, parce qu'il y circule un grand nombre de wagons vides. En conséquence, il est probable que ces méthodes surestiment l'utilisation de carburant par le rail dans les couloirs où le flux de marchandises est particulièrement bien équilibré. Compte tenu de ces incertitudes et de l'intérêt accru dans les émissions dans des couloirs spécifiques, il faut recueillir des données plus utiles à propos du transport ferroviaire et de la consommation de carburant par les trains.

### ***Mesure des temps d'attente à la frontière***

Étant donné l'importance accordée au temps d'attente à la frontière, il est surprenant que l'on dispose d'un si faible volume de données quantitatives à propos de l'ampleur de ce problème. Sur les cinq segments de couloir étudiés dans le présent document, on n'a mesuré le temps d'attente moyen à la frontière que pour deux postes frontaliers, et les chiffres obtenus étaient basés sur une enquête sur le terrain ayant duré une seule journée en 1997.<sup>51</sup> Plusieurs autres études traitent des temps d'attente maximaux ou de la longueur maximale des files d'attente, mais elles ne donnent que peu de détails à propos de ce que vit au quotidien le camionneur moyen. Combinées aux sondages sur l'origine et la destination des camions, les études sur le temps d'attente à la frontière devraient faire partie intégrante d'un programme de collecte régulière de données par les alliances commerciales transfrontalières. En plus d'examiner les préoccupations liées à l'environnement, ces coalitions pourraient ainsi surveiller les problèmes d'engorgement des postes frontaliers et mieux défendre les nouveaux projets d'infrastructure visant ces zones.

## **7.2 Collecte de données et possibilités de partager ces données**

Diverses organisations gouvernementales, universitaires et privées s'intéressent aux problèmes commerciaux transfrontaliers, et certaines pourraient recueillir et diffuser l'information nécessaire à propos du transport et de l'environnement dans les couloirs visés par l'ALÉNA. Dans presque tous les importants postes frontaliers, il existe une ou plusieurs coalitions publiques et privées qui font la promotion des échanges commerciaux et du développement régional. Il arrive qu'à ces coalitions s'ajoutent de plus importantes coalitions associées à un couloir, par exemple la *CANAMEX Corridor Coalition* ou la *North American Superhighway Corridor Coalition*, qui sont davantage axées sur l'Amérique du Nord. La plupart des coalitions regroupant les intervenants d'un même couloir visent principalement à appuyer le transport routier, même si certaines préconisent le recours à plusieurs modes de transport et les initiatives écologiques. En évaluant les effets du transport sur l'environnement, elles peuvent jouer un rôle utile de surveillance du volume de trafic et du temps d'attente.

Les instituts de recherche universitaires peuvent constituer une précieuse source d'information à propos du transport transfrontalier et de ses effets environnementaux. Par exemple, un

---

<sup>51</sup> *Binational Border Transportation Planning and Programming Study.*

regroupement d'universités du Texas (*Texas A&M International University, University of Texas at Austin, University of Texas at El Paso et Texas A&M*) a effectué de nombreuses recherches à propos des effets de la mise en application de l'ALÉNA, en se concentrant sur la zone frontalière du Texas. Les récentes études effectuées par ce groupe ont porté sur le nombre de véhicules commerciaux franchissant la frontière, les problèmes liés à la taille et au poids de ces camions, les tendances en matière de flux de marchandises et les niveaux de pollution atmosphérique aux frontières. Le *University of Manitoba Transport Information Group (UMTIG)* est un autre institut de recherche qui a étudié les problèmes liés au commerce et au transport dans le cadre de l'ALÉNA. Malheureusement, il semble que la plupart des instituts ne s'intéressent pas tellement aux problèmes environnementaux transfrontaliers.

Les organismes provinciaux et d'État devraient eux aussi jouer un rôle dans la surveillance des effets environnementaux des échanges commerciaux et du transport dans les couloirs. Par exemple, le ministère des Transports de l'Oregon (*Oregon Department of Transportation*) a publié un rapport intitulé « *I-5 State of the Interstate Report – 2000* ». Ce rapport, disponible sur CD-ROM, évalue les conditions actuelles et prévues en matière de sécurité, de géométrie et d'exploitation sur l'Interstate 5 traversant l'Oregon. Il contient également un inventaire des conditions environnementales dans le couloir, incluant l'état du paysage et les habitats où vivent des espèces très sensibles. Le trafic routier et ferroviaire n'est décrit que de façon schématique, mais pourrait être intégré à un tel document de façon plus détaillée.

Enfin, des organismes fédéraux appuient la collecte, l'analyse et la diffusion d'information liée aux effets environnementaux des échanges commerciaux et du transport. L'agence américaine de l'environnement (EPA) administre le programme du « *U.S. – Mexico Border Information Center On Air Pollution* », connu sous le sigle espagnol CICA. Le CICA offre une aide technique pour l'évaluation des problèmes de pollution atmosphérique le long de la frontière américano-mexicaine : polluants atmosphériques et stratégies de lutte contre ceux-ci; prévention de la pollution et technologies appliquées à la lutte contre la pollution; inventaire des émissions; modélisation de la dispersion; et surveillance du milieu. Le CICA a un site Web (<http://www.epa.gov/ttn/catc/cica/>) qui fournit des données détaillées sur la qualité de l'air, recueillies sur le terrain aux États-Unis et au Mexique. La plupart de ces données visent les régions qui connaissent actuellement les plus graves problèmes de pollution atmosphérique – San Diego-Tijuana, Calexico-Mexicali, Nogales-Nogales et El Paso-Ciudad Juarez. Mais on dispose aussi de certaines données sur la qualité de l'air pour Laredo et Hidalgo, au Texas.

## **8 Résumé**

Le présent rapport examine les effets environnementaux du développement des couloirs nord-américains d'échanges commerciaux et de transport, et s'intéresse tout particulièrement aux émissions de polluants atmosphériques. Cinq segments de couloir sont analysés : Vancouver-Seattle, Winnipeg-Fargo, Toronto-Detroit, San Antonio-Monterrey et Tucson-Hermosillo. Il fait une estimation des niveaux actuels et futurs des échanges, du transport et des émissions pour chacun de ces segments. Les stratégies visant à atténuer les effets de ce développement sur la qualité de l'air sont analysées, et leurs effets sont comparés à un scénario de base.

### ***Les actuels échanges commerciaux et leurs effets sur la qualité de l'air***

À l'heure actuelle, les échanges entre pays signataires de l'ALÉNA contribuent largement à la pollution atmosphérique des principaux couloirs nord-sud nord-américains, en particulier les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10. Le transport transfrontalier de marchandises est responsable de 3 à 11 % des émissions de NO<sub>x</sub> provenant de sources mobiles dans ces couloirs, et de 5 à 16 % des émissions de PM-10 provenant de sources mobiles. Ce sont les camions qui transportent la plupart des marchandises dans ces couloirs, et contribuent à la majeure partie des émissions de polluants d'origine commerciale – généralement les trois quarts des NO<sub>x</sub> et plus de 90 % des PM-10. L'exception est le couloir Winnipeg-Fargo, où le volume de trafic routier et ferroviaire est pratiquement le même. Les camions dont le moteur tourne au ralenti pendant qu'ils attendent à la frontière contribuent de façon significative aux émissions de CO, en particulier dans les couloirs où l'attente à la frontière pose des problèmes. Les émissions de CO produites par les camions dont le moteur tourne au ralenti à la frontière peuvent représenter jusqu'à 6 % de toutes les émissions de CO d'origine commerciale dans ce segment de couloir.

Certes, les émissions totales de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre d'origine commerciale sont importantes, mais il n'est pas encore possible de les quantifier par rapport aux autres sources dans les couloirs. L'élaboration des relevés des niveaux de gaz à effet de serre dans les comtés sera nécessaire pour approfondir les connaissances sur cette question.

### ***Les futurs échanges commerciaux et leurs effets sur la qualité de l'air***

D'ici 2020, en raison de la réduction prévue des émissions produites par les camions et les locomotives, les émissions totales de NO<sub>x</sub> et de PM-10 d'origine commerciale vont diminuer ou demeurer constantes par rapport aux niveaux actuels; et ce, malgré le fait que les échanges commerciaux vont être de deux à quatre fois plus nombreux. Dans les couloirs reliant les États-Unis et le Canada, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 par tonne-kilomètre de marchandises transportées par camion vont chuter pour atteindre près du dixième de leur niveau actuel. On n'observera pas des baisses aussi marquées dans les couloirs reliant les États-Unis et le Mexique, car on suppose que le diesel à faible teneur en soufre ne sera pas disponible partout au Mexique; mais les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 par tonne-kilomètre de marchandises transportées par camion devraient quand même passer à un cinquième de leur niveau actuel.

L'évolution des émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 provenant du seul secteur du transport ferroviaire dépend de la rapidité de la croissance des échanges commerciaux. Dans les couloirs qui vont connaître une croissance relativement lente (Vancouver-Seattle), la baisse des émissions provenant des locomotives sera pratiquement annulée par l'augmentation du volume du trafic ferroviaire. Dans les couloirs qui connaîtront une plus forte croissance des échanges (Winnipeg-Fargo et San Antonio-Monterrey), le pourcentage d'émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 imputable au transport ferroviaire augmentera de 50 % pour atteindre 100 %.

Les émissions de gaz à effet de serre et de CO d'origine commerciale ne diminueront pas en vertu des nouvelles normes visant les émissions, et devraient même augmenter de façon non négligeable d'ici 2020. En vertu du scénario de croissance de base pour 2020, les émissions de CO<sub>2</sub> imputables aux échanges commerciaux entre signataires de l'ALÉNA vont être de 2,4 à 4 fois plus élevées qu'à l'heure actuelle dans les cinq couloirs. Alors qu'on est à négocier des accords et des objectifs internationaux, on présume que les émissions de gaz à effet de serre

devront être stabilisées, voire réduites; l'augmentation prévue du CO<sub>2</sub> est donc une question d'importance cruciale.

Les scénarios de base pour 2020 utilisés pour évaluer les futures émissions s'appuient sur des hypothèses à propos de la croissance des échanges et de la répartition des modes de transport. La modification de ces hypothèses va influencer sur les futurs niveaux d'émissions. Par exemple, la croissance du trafic routier et ferroviaire devrait être plus marquée que ce que supposait le scénario de base. Si la croissance des échanges suit la tendance observée ces dix dernières années, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 imputables aux échanges commerciaux pourraient être supérieures de près de 50 % aux niveaux prévus par le scénario de base pour 2020. Si cela se produit, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 pourraient dépasser en 2020 les niveaux de 1999 dans certains couloirs. L'évolution de la répartition des marchandises entre le rail et la route va également influencer sur les futures émissions, quoique dans une moindre mesure. En raison de l'importante diminution prévue des émissions provenant des camions pour certains polluants, un passage au rail ferait augmenter les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 dans la plupart des couloirs, mais ferait baisser considérablement les émissions de CO et de CO<sub>2</sub> du même coup.

### ***Stratégies d'atténuation***

Les camions au gaz naturel émettent beaucoup moins de PM-10 que les actuels camions diesel. Les émissions de PM-10 imputables aux échanges commerciaux pourraient être réduites de 9 % si seulement 10 % des camions actuellement en circulation étaient convertis au gaz naturel. D'ici 2020, en raison de la nette amélioration qu'on va observer en ce qui concerne les émissions des moteurs diesel, les véhicules utilisant des carburants de remplacement vont perdre une bonne partie de leurs avantages. Dans les couloirs commerciaux reliant les États-Unis et le Canada, les véhicules au gaz naturel ne devraient pas voir leur taux d'émissions diminuer de façon significative par rapport à la flotte de véhicules au diesel à faible teneur en soufre qui sera disponible en 2020. Dans les couloirs reliant les États-Unis et le Mexique, le gaz naturel va probablement générer des avantages sur le plan de la qualité de l'air d'ici 2020. Si 20 % des camions mexicains empruntant le couloir San Antonio-Monterrey utilisent du gaz naturel, les émissions de PM-10 seront réduites de 10 % par rapport au scénario de base pour 2020.

Les véhicules commerciaux attendent pendant de longues périodes à certains postes frontaliers, et la réduction de ces temps d'attente serait bénéfique pour la qualité de l'air, en particulier grâce à la diminution des émissions de CO. Certaines études révèlent qu'aux postes les plus encombrés (Laredo-Nuevo Laredo, Nogales-Nogales, Blaine-Pacific Highway), un changement de politique et certains investissements pourraient réduire de moitié le temps d'attente. À Laredo-Nuevo Laredo, la réduction des temps d'attente évitables sur le pont Lincoln ferait diminuer de plus de 35 % d'ici 2020 les émissions de CO des camions dont le moteur tourne au ralenti (soit 1,5 % de toutes les émissions de CO d'origine commerciale). Au poste de Blaine-Pacific Highway, on pourrait réduire ces mêmes émissions de près de 200 kg par jour en généralisant le recours au pré-dédouanement des véhicules commerciaux, ce qui représenterait 2,4 % des émissions de CO d'origine commerciale dans ce couloir.

L'utilisation de diesel à faible teneur en soufre aux États-Unis et au Canada va permettre aux poids lourds de réduire leurs émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 à une fraction des niveaux actuels. On s'attend à ce que des normes plus strictes visent les émissions des camions mexicains, mais le

gouvernement mexicain n'envisage pas pour l'instant de rendre obligatoire l'utilisation des carburants à faible teneur en soufre. L'utilisation de ce type de diesel et les technologies avancées de contrôle des émissions pourraient avoir un impact considérable sur les émissions produites par les camions dans les couloirs reliant les États-Unis et le Mexique. Si les taux d'émission des camions mexicains deviennent identiques à ceux des camions américains d'ici 2020, les émissions de NO<sub>x</sub>, de COV et de PM-10 imputables aux échanges commerciaux dans le couloir San Antonio-Monterrey seront réduites de près de moitié.

Si l'on améliore l'efficacité du transport de marchandises en réduisant le nombre de voyages à vide, on fera baisser les émissions de polluants imputables aux échanges commerciaux. Dans le couloir Toronto-Detroit, en portant de 15 à 10 % le pourcentage de camions vides, on éliminerait plus de 0,5 tonne métrique de NO<sub>x</sub> et 600 tonnes métriques de CO<sub>2</sub> par jour en 2020 (5 % des émissions totales d'origine commerciale). On pourrait générer des réductions encore plus importantes dans les couloirs reliant les États-Unis et le Mexique, mais les données nécessaires à une telle analyse sont incomplètes. Les points d'entrée où l'on observe d'importants déséquilibres commerciaux présenteront moins de possibilités de réduction du nombre de voyages de retour à vide. Dans un grand nombre de couloirs nord-sud, on observe ce type de déséquilibre dans le transport ferroviaire.

En autorisant l'utilisation de trains routiers dans les couloirs visés par l'ALÉNA, on réduira le nombre de camions et, du fait même, les émissions connexes. Parce que les trains routiers font baisser le coût du transport routier, certaines marchandises passeraient du rail à la route si l'utilisation de ces types de camions se généralisait. Le recours aux camions plus longs et plus lourds est autorisé dans plusieurs provinces canadiennes mais, parce que de nombreux États américains leur interdisent de circuler sur leurs routes, ce sont les camions standard à cinq essieux et à une seule remorque qui dominent la plupart des couloirs nord-sud. En portant à 47 854 kg (105 500 lb) le poids maximal imposé aux camions par cinq États du *Midwest*, et en autorisant les camions de type *Rocky Mountain Double* à circuler, on pourrait faire diminuer les émissions de tous les polluants de 4 à 7 % par rapport au scénario de base pour 2020. Il faut souligner également les problèmes de sécurité et d'usure de la chaussée associés au recours accru aux trains routiers, mais ils ne sont pas pris en compte dans la présente étude.

### ***Problèmes de données***

Certaines des données nécessaires à l'évaluation des effets environnementaux des couloirs d'échanges commerciaux et de transport ne sont pas disponibles ou très incertaines. Il faut mettre en œuvre des efforts concertés afin de recueillir et de diffuser cette information, en particulier dans les domaines suivants :

- volume du trafic transfrontalier (dont le nombre de camions et de wagons vides par rapport aux camions et aux wagons pleins);
- données sur l'origine et la destination des marchandises dans les zones frontalières;
- données et méthode permettant d'évaluer les émissions imputables au transport ferroviaire;

mesure du temps moyen d'attente aux postes frontaliers<sup>1998</sup>.



## **Ouvrages à consulter**

- 1995 Commercial Vehicle Survey: Station Summary Report, Ontario Ministry of Transportation, December 1997.
- Air Quality Issues in Intercity Freight, Appendix A, Prepared for the U.S. Federal Railroad Administration, U.S. Federal Highway Administration and the U.S. Environmental Protection Agency, Prepared by Cambridge Systematics, Inc., August 1996.
- Alternative Fuel News, U.S. Department of Energy, Vol. 4. No. 1, 2000
- Annual Energy Outlook, U.S. Department of Energy, 1999.
- Assessment of Modal Integration & Modal Shift Opportunities, Final Report, Prepared for the Freight Sub-Table of the Transportation Issue Table (Canada), Prepared by Delcan, October 5, 1999.
- Binational Border Transportation Planning and Programming Study, La Empresa and Barton-Aschman, 1998.
- Border Congestion Study: Study Findings and Methodology, Prepared for Western Governors' Association, Prepared by Parsons Transportation Group and Suma Sinergia, S.A. de C.V., June 9, 2000.
- Canada/U.S. International Border Crossing Infrastructure Study, Prepared for Transport Canada, Prepared by UMA Engineering and McCormick Rankin Corporation, February 1998.
- Chandler, Kevin, Paul Norton and Nigel Clark, "Raley's LNG Truck Fleet: Final Results," U.S. Department of Energy, Alternative Fuels Data Center, March 2000.
- Chris Saricks, Argonne National Laboratory, U.S. Department of Energy, personal correspondence, February 2, 2001.
- Diesel Fuel Effects on Locomotive Exhaust Emissions, Prepared for California Air Resources Board, Prepared by Southwest Research Institute, October 2000.
- Dye, Lisa, Robert Eckols and Brian Bochner, "Operational Characteristics of Commercial Border Stations Along the U.S.-Mexico Border," paper submitted for 78<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, 1999.
- Figliozzi, Miguel, Robert Harrison and John P. McCray, "Estimating Texas-Mexico NAFTA Truck Volumes," paper submitted for the 80<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2001.
- Freight Transport Trends & Forecasts to 2015, Transport Canada.
- Giermanski, James, R., "Why it's so hard to cross the border," Logistics Management & Distribution Report, July 1, 1999.
- A Guidebook for Forecasting Freight Transportation Demand, Cambridge Systematics, Inc., National Cooperative Highway Research Program Report 388, Transportation Research Board, Washington DC, 1997.
- Hancock, Kathleen L., "Conversion of Weight of Freight to Number of Railcars," paper submitted for the 80<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2001.
- Leidy, Joseph Paul, Clyde E. Lee and Robert Harrison, Measurement and Analysis of Traffic Loads Along the Texas-Mexico Border. Center for Transportation Research, University of Texas at Austin, Research Report No. 1319-1, March 1995.
- Locomotive Emission Standards: Regulatory Support Document*, U.S. EPA, April 1998
- Lower Mainland Truck Freight Study, Report No. 5 – Model Development, Translink Strategic Planning Department, Burnaby, BC, 2000.
- McCray, John P., "North American Free Trade Agreement Truck Highway Corridors: U.S.-Mexican Truck Rivers of Trade," *Transportation Research Record*, No. 1613, 1998.
- Memmott, Frederick W., Application of Statewide Freight Demand Forecasting Techniques. National Cooperative Highway Research Program Report 260, Transportation Research Board, Washington DC, 1983.

- Nadeau, Kathleen, "Improving Transportation Efficiency and Environmental Performance: A Look at the Trucking Industry in Manitoba," Background Paper, Green Couloirs: NAFTA Trade Couloir and Environmental Cooperation. October 1999.
- NAFTA Effects – A Survey of Recent Attempts to Model the Environmental Effects of Trade: An Overview and Selected Sources, Commission for Environmental Cooperation, 1996.
- Nix, Fred P., "Trucks and Energy Use", Canadian Trucking Association, 1991.
- Nix, Fred P., John R. Billing and Michèle Delaquis, "Impact of Size and Weight Regulations on Trucks Crossing the Canadian-U.S. Border," Transportation Research Record. No. 1613, 1998.
- North American Transportation in Figures, U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, U.S. Department of Commerce, Census Bureau; Statistics Canada; Transport Canada; Instituto Mexicano del Transporte; Instituto Nacional de Estadística, Geografía Informática; and Secretaría de Comunicaciones y Transportes, BTS00-05, Washington, DC, 2000.
- Nozick, Linda K. et al, "Potential Effects of Advanced Technologies at Commercial Border Crossings," paper submitted for the 77<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board, 1998.
- Paselk, Theodore A. and Fred L. Mannering, "Use of duration models for predicting vehicular delay at a US/Canada border crossing," Transportation. Vol. 21, p. 249-270, 1994.
- Potential Air Pollution Emission Reductions and Other Environmental Issues in Intermodal Freight Transportation, Final Report, Prepared for U.S. EPA, Prepared by ICF Consulting, October 1999.
- Prairie Provinces Transportation System Study, prepared for Transport Canada, Prepared by DS-Lea Consultants Ltd., December 1998.
- Railroad Facts, Association of American Railroads, 1999
- Southwest Ontario Frontier International Gateway Study, Technical Report, Ontario Ministry of Transportation, December 1998.
- Stodolsky, Frank, Linda Gaines and Anant Vyas, "Analysis of Technology Options to Reduce Fuel Consumption of Idling Trucks," Argonne National Laboratory, U.S. Department of Energy, June 2000.
- Toulin, Alan. "Winnipeg dreams of transport glory," Financial Post, p 1, July 15, 1999.
- Trade and Traffic Across the Eastern U.S.-Canada Border. Volume 2: Statistical Review of Border Crossing Trade and Traffic Data, Prepared for the Eastern Border Transportation Coalition, Prepared by Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc, March 17, 1998.
- Transportation and North American Trade, Transport Canada, September 1997.
- U.S.-Mexico Border Environmental Indicators 1997, U.S. Environmental Protection Agency and Mexico Secretariat for Environment, Natural Resources and Fisheries, 1997.
- Vantuono, William C., "Mexico: Pesos for Progress," Railway Age, October 1999.
- WTA and BCTA Trucking Survey Results Summary, Whatcom Council of Governments, Bellingham, Washington, 1998.

## Annexe A Tableaux récapitulatifs des flux de marchandises

### Flux de marchandises binationaux par camion, couloir Vancouver-Seattle, 1999 (tonnes métriques)

Vers le sud (É.-U.)							
Destination	Bois et articles de bois	Produits de papier	Soufre, ciment, pierres	Pâte de bois, papier hors service	Boissons	Autres marchandises	Total
WA	702 159	114 245	178 255	69 302	23 437	491 632	1 579 030
CA	305 931	198 624	480	15 368	60 884	210 512	791 798
OR	360 337	41 238	11 688	25 022	18 014	102 968	559 266
IA	7 303	12 038	9	24	169	46 977	66 520
TX	36 752	11 404	39	486	2 950	14 719	66 350
Autres États	342 565	100 684	11 129	25 821	15 116	152 296	647 611
<b>Total</b>	<b>1 755 047</b>	<b>478 232</b>	<b>201 599</b>	<b>136 023</b>	<b>120 571</b>	<b>1 019 103</b>	<b>3 710 575</b>

Vers le nord (Canada)							
Origine	Bois et articles de bois	Charbon, huiles minérales	Produits de papier	Fer et acier	Soufre, ciment, pierres	Autres marchandises	Total
WA	155 949	215 486	98 987	75 526	41 607	439 693	1 027 248
CA	27 935	9 939	15 976	19 295	17 028	530 126	620 300
OR	105 109	53 075	32 040	28 672	5 518	127 399	351 815
OH	4 959	1 171	12 349	1 533	993	61 844	82 849
PA	3 567	5 807	15 459	2 818	1 478	51 294	80 423
Autres États	55 117	27 613	80 791	29 967	87 460	668 101	949 050
<b>Total</b>	<b>352 637</b>	<b>313 091</b>	<b>255 604</b>	<b>157 813</b>	<b>154 084</b>	<b>1 878 456</b>	<b>3 111 685</b>

### Flux de marchandises binationaux, par rail, couloir Vancouver-Seattle, 1999 (tonnes métriques)

Vers le sud (É.-U.)							
Destination	Bois et articles de bois	Charbon, huiles minérales	Engrais	Pâte de bois, papier hors service	Produits chimiques organiques	Autres marchandises	Total
WA	198 104	215 486	187 009	74 607	3 777	276 650	955 632
OR	270 824	52 301	70 474	54 686	133 422	137 436	719 142
CA	178 057	76 668	35 702	23 976	34 097	229 569	578 069
TX	91 304	22 098	68	7 456	34 383	24 748	180 057
MI	24 548	7 838	13 738	40 948	6 970	30 994	125 035
Autres États	525 864	105 956	83 469	60 327	10 214	213 387	999 216
<b>Total</b>	<b>1 288 701</b>	<b>480 347</b>	<b>390 460</b>	<b>261 998</b>	<b>222 862</b>	<b>912 784</b>	<b>3 557 151</b>

Vers le nord (Canada)							
Origine	Soufre, ciment, pierres	Charbon, huiles minérales	Produits chimiques organiques	Produits chimiques inorganiques	Fer et acier	Autres marchandises	Total
WA	85 037	37 491	-	51 889	476	4 927	179 820
PA	3 634	70 549	17 491	5 168	5 459	15 516	117 817
IL	2 779	2 816	29 456	3 582	1 212	39 704	79 550
GA	62 336	-	1 144	-	24	4 597	68 100
CA	563	25 765	1 881	14 389	44	23 373	66 014
Autres États	11 562	16 109	48 445	17 291	61 643	174 120	329 170
<b>Total</b>	<b>165 909</b>	<b>152 730</b>	<b>98 417</b>	<b>92 319</b>	<b>68 858</b>	<b>262 236</b>	<b>840 470</b>



**Flux de marchandises binationaux, par camion, couloir Winnipeg-Fargo, 1999  
(tonnes métriques)**

**Vers le sud (É.-U.)**

Destination	Animaux vivants	Bois et articles de bois	Charbon, huiles minérales	Produits végétaux traités	Graines oléagineuses, graines diverses	Autres marchandises	Total
MN	32 562	47 080	92 718	166	36174,83743	296 652	505 352
ND	2 387	6 357	44 114	3 016	103655,1098	123 407	282 936
WI	55 011	36 232	4 024	32 012	8968,888304	112 409	248 656
IL	3 342	26 401	7 820	65 921	3005,64048	91 416	197 905
IA	35 769	20 499	2 935	-	879,0295802	63 263	123 345
Autres États	139 757	106 862	55 843	97 191	31 726	568 814	1 000 193
<b>Total</b>	<b>268 828</b>	<b>243 430</b>	<b>207 453</b>	<b>198 305</b>	<b>184409,2586</b>	<b>1 255 960</b>	<b>2 358 386</b>

**Vers le nord (Canada)**

Origine	Équipements	Aliments pour animaux	Produits de papier	Graines oléagineuses, graines diverses	Engrais	Autres marchandises	Total
MN	13 792	71 716	13 491	29 521	12 633	159 072	300 225
IL	52 795	15 446	14 769	354	2 329	141 197	226 890
WI	26 193	4 523	45 643	1 785	61	70 185	148 391
ND	5 180	9 656	90	60 134	6 330	65 418	146 807
CA	5 258	4 782	518	1 301	241	77 502	89 602
Autres États	173 164	119 619	91 376	18 948	83 887	699 164	1 186 158
<b>Total</b>	<b>276 381</b>	<b>225 743</b>	<b>165 886</b>	<b>112 043</b>	<b>105 482</b>	<b>1 212 539</b>	<b>2 098 073</b>

**Flux de marchandises binationaux, par rail, couloir Winnipeg-Fargo, 1999  
(tonnes métriques)**

**Vers le sud (É.-U.)**

Destination	Engrais	Céréales	Bois et articles de bois	Huiles et graisses	Charbon, huiles minérales	Autres marchandises	Total
MN	550 269	396 082	22 077	7 167	30 044	116 189	1 121 829
IL	660 069	73 067	20 138	10 804	10 154	29 956	804 188
WI	103 994	104 241	16 693	2 841	23 389	40 566	291 724
ND	109 371	55 072	2 514	-	21 200	43 536	231 693
IN	161 398	21 684	4 406	219	950	10 817	199 475
Autres États	495 691	424 944	197 670	101 025	32 974	230 824	1 483 127
<b>Total</b>	<b>2 080 792</b>	<b>1 075 091</b>	<b>263 499</b>	<b>122 056</b>	<b>118 710</b>	<b>471 889</b>	<b>4 132 036</b>

**Vers le nord (Canada)**

Origine	Engrais	Minerais, scories, cendres	Matières plastiques	Aliments pour animaux	Caoutchouc	Autres marchandises	Total
FL	153 203	-	23	20 470	-	1 791	175 486
CT	-	85 616	382	-	-	685	86 684
TX	-	-	47 986	-	420	21 115	69 520
IL	-	-	407	535	2 190	55 962	59 095
MN	6 098	804	-	24 479	-	13 587	44 969
Autres États	8 624	11 397	13 559	4 579	34 197	143 489	215 846
<b>Total</b>	<b>167 925</b>	<b>97 818</b>	<b>62 357</b>	<b>50 064</b>	<b>36 807</b>	<b>236 629</b>	<b>651 599</b>

**Flux de marchandises binationaux, par camion, couloir Toronto-Detroit, 1999  
(tonnes métriques)**

**Vers le sud (É.-U.)**

Destination	Automobiles, pièces	Fer, acier	Bois et articles de bois	Produits de papier	Equipements	Autres marchandises	Total
MI	2 885 707	1 240 151	771 983	182 165	631 301	2 651 449	8 362 755
OH	322 919	442 405	274 648	153 825	170 860	1 167 406	2 532 063
IL	247 324	167 426	119 534	289 145	89 272	952 379	1 865 080
IN	245 069	120 380	247 985	106 746	43 737	642 777	1 406 694
KY	229 261	78 541	32 384	36 978	51 041	288 229	716 433
Autres États	1 111 572	215 294	455 008	851 893	265 112	3 894 984	6 793 863
<b>Total</b>	<b>5 041 851</b>	<b>2 264 197</b>	<b>1 901 542</b>	<b>1 620 752</b>	<b>1 251 323</b>	<b>9 597 225</b>	<b>21 676 889</b>

**Vers le nord (Canada)**

Origine	Automobiles, pièces	Equipements	Fer, acier	Produits de papier	Matières plastiques	Autres marchandises	Total
MI	1 518 871	660 131	694 491	87 192	169 626	2 032 722	5 163 034
OH	552 852	276 372	583 799	193 033	154 945	1 291 543	3 052 544
IL	357 621	136 145	174 368	92 042	103 417	904 418	1 768 012
IN	480 101	150 223	220 835	43 319	68 626	630 246	1 593 350
CA	24 411	223 026	12 758	22 484	22 732	1 242 993	1 548 405
Autres États	865 028	740 304	404 996	826 035	540 763	5 852 882	9 230 007
<b>Total</b>	<b>3 798 884</b>	<b>2 186 201</b>	<b>2 091 247</b>	<b>1 264 105</b>	<b>1 060 109</b>	<b>11 954 805</b>	<b>22 355 351</b>

**Flux de marchandises binationaux, par rail, couloir Toronto-Detroit, 1999  
(tonnes métriques)**

**Vers le sud (É.-U.)**

Destination	Automobiles, pièces	Bois et articles de bois	Matières plastiques	Fer, acier	Produits de papier	Autres marchandises	Total
MI	1 340 543	82 804	448 384	132 311	84 846	749 371	2 838 259
IL	827	112 972	75 026	218 454	264 978	630 226	1 302 484
OH	44 603	72 411	169 563	234 535	115 498	352 663	989 274
IN	168 569	96 952	87 039	308 597	37 153	156 767	855 078
TX	998	96 059	116 432	61 145	82 832	428 290	785 756
Autres États	628 514	966 760	392 443	305 896	604 307	2 434 755	5 332 674
<b>Total</b>	<b>2 184 054</b>	<b>1 427 959</b>	<b>1 288 887</b>	<b>1 260 938</b>	<b>1 189 613</b>	<b>4 752 072</b>	<b>12 103 524</b>

**Vers le nord (Canada)**

Origine	Produits chimiques organiques	Matières plastiques	Produits chimiques inorganiques	Céréales	Engrais	Autres marchandises	Total
TX	385 444	354 467	52 324	3 960	389	362 512	1 159 096
KY	225 822	9 172	14 025	-	-	65 028	314 047
AR	-	-	-	248 325	112	38 968	287 405
PA	130 958	24 988	7 967	-	75	117 150	281 138
CA	723	887	40 680	85 201	1 595	141 343	270 429
Autres États	382 871	287 907	488 332	112 980	327 352	1 553 945	3 153 387
<b>Total</b>	<b>1 125 817</b>	<b>677 420</b>	<b>603 328</b>	<b>450 466</b>	<b>329 523</b>	<b>2 278 947</b>	<b>5 465 502</b>

**Flux de marchandises binationaux, par camion, couloir San Antonio-Monterrey, 1999  
(tonnes métriques)**

**Vers le nord (É.-U.)**

Destination	Matériel électrique	Automobiles, pièces	Equipements	Produits de fer et d'acier	Fer, acier	Autres marchandises	Total
TX	279 906	90 422	109 885	166 281	215 899	1 594 231	2 456 624
MI	31 835	117 020	91 014	125 730	21 495	93 961	481 055
CA	58 464	21 077	28 276	8 487	15 462	346 166	477 932
IL	38 281	25 116	74 479	6 879	5 917	172 434	323 106
OH	77 317	47 866	30 093	6 160	1 257	141 637	304 330
Autres États	651 584	330 921	276 339	105 999	131 455	1 741 917	3 238 213
<b>Total</b>	<b>1 137 386</b>	<b>632 421</b>	<b>610 086</b>	<b>419 537</b>	<b>391 484</b>	<b>4 090 347</b>	<b>7 281 261</b>

**Vers le sud (Mexique)**

Origine	Charbon, huiles minérales	Matières plastiques	Automobiles, pièces	Matériel électrique	Fer, acier	Autres marchandises	Total
TX	871 167	382 574	193 419	329 309	94 798	1 409 398	3 280 666
CA	45 136	50 271	9 258	50 258	24 465	301 823	481 211
MI	13 526	54 512	146 441	17 149	32 044	173 597	437 269
IL	28 883	57 773	17 733	19 600	36 876	251 293	412 158
PA	44 763	38 789	2 757	11 083	107 852	191 830	397 073
Autres États	447 280	459 531	300 284	194 776	320 494	3 614 279	5 336 644
<b>Total</b>	<b>1 450 756</b>	<b>1 043 450</b>	<b>669 891</b>	<b>622 176</b>	<b>616 529</b>	<b>5 942 220</b>	<b>10 345 022</b>

**Flux de marchandises binationaux, par rail, couloir San Antonio-Monterrey, 1999  
(tonnes métriques)**

**Vers le nord (É.-U.)**

Destination	Automobiles, pièces	Boissons	Fer, acier	Soufre, ciment, pierres	Equipements	Autres marchandises	Total
MI	1 201 087	-	30 600	7 246	95 231	3 307	1 337 471
TX	84 721	428 242	136 780	19 660	2 899	229 835	902 136
IL	69	160 707	609	99	60	15 275	176 819
PA	-	-	154	77 513	21	50 764	128 452
NJ	88	-	72 967	-	716	12 142	85 913
Autres États	49 473	2 497	31 733	51 569	32 709	195 281	363 263
<b>Total</b>	<b>1 335 438</b>	<b>591 446</b>	<b>272 843</b>	<b>156 087</b>	<b>131 637</b>	<b>506 604</b>	<b>2 994 055</b>

**Vers le sud (Mexique)**

Origine	Pâte de bois	Céréales	Soufre, ciment, pierres	Charbon, huiles minérales	Aliments pour animaux	Autres marchandises	Total
TX	61 221	174 919	33 590	119 261	63 761	444 013	896 764
GA	316 316	182	90 318	2 768	708	15 092	425 384
IL	53 212	6 647	43 270	2 754	94 568	116 997	317 449
CA	20 372	11 480	4 726	142 830	11 698	59 715	250 823
IA	303	97 607	-	-	117 875	22 969	238 753
Autres États	836 650	513 053	602 707	390 385	216 059	1 262 322	3 821 176
<b>Total</b>	<b>1 288 075</b>	<b>803 888</b>	<b>774 611</b>	<b>657 997</b>	<b>504 669</b>	<b>1 921 109</b>	<b>5 950 349</b>

**Flux de marchandises binationaux, par camion, couloir Tucson-Hermosillo, 1999  
(tonnes métriques)**

**Vers le nord (É.-U.)**

Destination	Légumes	Fruits, noix	Cuivre et produits connexes	Matériel électrique	Equipements	Autres marchandises	Total
AZ	856 678	436 697	116 311	43 184	66 290	355 907	1 875 066
CA	46 874	16 568	1 111	31 855	15 407	148 595	260 410
PA	6 960	5 349	99	4 903	4 213	41 634	63 157
IL	951	390	226	4 584	8 919	23 622	38 692
TX	1 190	1 740	135	2 425	952	14 840	21 282
Autres États	3 752	5 248	621	23 629	12 931	80 310	126 490
<b>Total</b>	<b>916 403</b>	<b>465 992</b>	<b>118 502</b>	<b>110 580</b>	<b>108 711</b>	<b>664 909</b>	<b>2 385 097</b>

**Vers le sud (Mexique)**

Origine	Matières plastiques	Fer, acier	Charbon, huiles minérales	Produits de fer et d'acier	Matériel électronique	Autres marchandises	Total
AZ	147 623	91 205	75 650	82 952	83 284	354 976	835 690
CA	7 582	3 690	6 808	3 954	7 580	42 965	72 579
TX	7 864	1 949	17 908	4 736	6 769	28 212	67 439
MI	6 597	3 878	1 637	5 367	2 075	33 366	52 920
IL	6 524	4 164	3 262	4 078	2 213	26 301	46 542
Autres États	25 398	32 239	30 378	13 262	9 874	203 310	314 460
<b>Total</b>	<b>201 588</b>	<b>137 124</b>	<b>135 643</b>	<b>114 350</b>	<b>111 797</b>	<b>689 130</b>	<b>1 389 632</b>

**Flux de marchandises binationaux, par rail, couloir Tucson-Hermosillo, 1999  
(tonnes métriques)**

**Vers le nord (É.-U.)**

Destination	Soufre, ciment, pierres	Automobiles, pièces	Produits chimiques inorganiques	Boissons	Cuivre et produits connexes	Autres marchandises	Total
AZ	685 481	112 727	67 957	460	15 960	8 243	890 827
CA	12 795	2 299	837	1 221	13	9 310	26 474
IL	12	8	179	19 304	-	1 736	21 240
MI	93	15 393	-	-	-	1 655	17 141
CT	1 383	-	458	-	899	6 434	9 174
Autres États	1 263	845	977	4 240	1 046	7 834	16 206
<b>Total</b>	<b>701 026</b>	<b>131 272</b>	<b>70 408</b>	<b>25 225</b>	<b>17 917</b>	<b>35 213</b>	<b>981 062</b>

**Vers le sud (Mexique)**

Origine	Minerai, scories, cendres	Fer, acier	Céréales	Pâte de bois	Engrais	Autres marchandises	Total
AZ	93 720	69 266	12 896	6 433	29 197	61 490	273 002
MI	-	5 487	187	9 408	-	96 083	111 166
MO	-	366	23,264	3 986	37	38 524	66 176
CA	-	830	1 441	2 558	626	26 033	31 488
KS	-	18	12 122	958	132	7 390	20 620
Autres États	143	1 845	12 779	16 797	4 388	40 567	76 518
<b>Total</b>	<b>93 863</b>	<b>77 812</b>	<b>62 690</b>	<b>40 139</b>	<b>34 379</b>	<b>270 088</b>	<b>578 970</b>



## **Annexe B Commentaires des réviseurs sur le document de travail**

## **Annexe C Réponses à certains commentaires**

Plusieurs des personnes qui ont révisé le document de travail ont formulé des commentaires sur nos estimations relatives aux taux d'émission futurs du transport routier et du rail, et sur le comparatif des émissions d'origine commerciale du camionnage et du rail. Il s'agit certes d'une partie importante de notre analyse qui mérite un examen attentif. Dans la présente annexe, nous récapitulons ces commentaires et donnons suite aux questions soulevées.

Les lecteurs ont expliqué pourquoi, selon eux, les émissions futures du rail seraient inférieures et/ou les émissions des camions seraient supérieures aux hypothèses fournies dans le document de travail :

- Le renouvellement des locomotives est plus rapide que ne l'indique le document de travail.
- Les locomotives neuves sont plus puissantes; par conséquent, les économies d'énergie et d'émissions seront plus importantes que ne l'indique le document de travail.
- Les locomotives sont soumises aux exigences en matière d'adaptation, et le document de travail ne tient pas compte des avantages de cette adaptation au niveau des normes et techniques à venir. Il est fort probable qu'on mettra au point des techniques anti-émissions pouvant être utilisées lors de l'adaptation des locomotives.
- Il y aura des améliorations considérables en matière d'économie de carburant et de réduction des émissions, indépendamment des règlements, en raison des partenariats de recherche-développement entre le public et le privé.
- D'autres progrès technologiques favoriseront une réduction des émissions du rail, notamment les dispositifs d'arrêt automatique destinés à réduire la marche au ralenti, le graissage des rails et la réduction de la tare des wagons.
- Le rail est plus susceptible d'atteindre les niveaux d'émission visés que les camions. Les normes d'émission des locomotives suivent de près la durée de vie utile des locomotives en ce qui a trait aux intervalles d'adaptation, à la différence des camions. En outre, les lignes ferroviaires de catégorie I doivent tester les locomotives en service pour vérifier les niveaux d'émission, contrairement aux poids lourds.
- Les taux d'émission des locomotives indiqués dans le document de travail sont des moyennes nationales de parcs (locomotives de ligne et de triage), de sorte qu'ils gonflent les émissions dans les couloirs (qui proviennent seulement des locomotives de ligne).
- L'hypothèse en faveur d'une absence de détérioration des poids lourds soutenue dans le document de travail est irréaliste et elle ne cadre pas avec la détérioration contenue de façon implicite dans les facteurs d'émission des locomotives.
- Les facteurs d'émission des camions indiqués dans le document de travail sont trop faibles car ils partent du principe que la vitesse sur l'autoroute est de 55 mi/h. En réalité, la vitesse sera plus élevée dans les couloirs d'échanges.

### ***Taux d'émission des locomotives***

Les facteurs d'émission des locomotives utilisés dans le document de travail sont fondés sur des documents de l'EPA, *Locomotive Emission Standards: Regulatory Support Document* (avril 1998) et *Handbook of Air Pollution Emission Factors, AP-42* (décembre 1997). Les facteurs d'émission inclus dans ces documents sont recommandés par l'EPA pour l'élaboration des relevés d'émissions et sont considérés comme la norme pour ce genre d'analyse. Les taux de renouvellement des locomotives utilisés dans ces documents ont été élaborés par l'EPA à partir de l'information fournie par les lignes ferroviaires de catégorie I, et sont considérés comme les données les plus précises disponibles. Les taux d'émission partent du principe que toutes les locomotives construites entre 1973 et 2001 seront adaptées aux normes du niveau 0, selon les règlements de 1997 de l'EPA. On présume que les locomotives construites entre 2002 et 2004 répondront aux normes du niveau I à la construction et à chaque adaptation subséquente, et que les locomotives construites à partir de 2005 répondront aux normes du niveau II à la construction et à chaque adaptation subséquente. Le petit nombre de locomotives construites avant 1972 encore en service n'est pas considéré comme affecté au transport de ligne.

Les facteurs d'émission de 1999 utilisés dans l'analyse prennent en compte les locomotives de ligne de catégorie I seulement. Cependant, les facteurs d'émission de 2020 utilisés dans le document de travail reposent sur la moyenne pour les parcs de catégorie I (de ligne et manœuvre), et non uniquement sur les locomotives de ligne. Nous sommes conscients de cette erreur, et nous avons rectifié le tir dans le rapport final. Les facteurs d'émission révisés pour les locomotives sont inférieurs à ceux utilisés dans le document de travail de 11 % (HC), 9 % (NO<sub>x</sub>) et 7 % (PM).

Les facteurs d'émission de base (non contrôlés) pour les locomotives en 1999 comprennent, de façon implicite, une certaine détérioration. Cependant, les facteurs d'émission pour 2020 prennent pour hypothèse que les locomotives de ligne construites entre 1972 et 2001 seront rendues conformes aux normes du niveau 0 d'ici 2008. Par conséquent, les facteurs d'émission pour 2020 présument d'ores et déjà qu'il n'y aura pas de détérioration des locomotives.

Le rapport prend pour hypothèse que le diesel hors route à faible teneur en soufre deviendra disponible aux États-Unis et au Canada, et que ce seul facteur permettra de réduire les taux d'émission de PM de 19 %. Le rapport souligne également que les techniques anti-émissions futures pourraient favoriser des taux d'émission inférieurs aux normes de 2005 (niveau II). Puisqu'il n'y a pas d'information disponible sur ces facteurs d'émission, et en raison du renouvellement plutôt lent des parcs de locomotives, nous présumons qu'il n'y aura pas d'amélioration au-delà des normes de 2005 (niveau II) (à l'exception de la réduction de 19 % des PM). Pour déterminer l'incidence des éventuelles normes d'émission de locomotives ou de l'introduction massive de nouvelles techniques, nous avons inclus un autre scénario possible à la fin de la présente annexe.

### ***Rendement énergétique des locomotives***

Comme l'indique le rapport, on a estimé les améliorations au rendement énergétique des locomotives au moyen d'une courbe ajustée aux données historiques. Il en résulte une amélioration d'environ 18 % des tonnes-kilomètres commerciales par gallon d'ici 2020. Nous sommes conscients que les partenariats entre le public et le privé pourraient déboucher sur des

gains encore plus importants au niveau du rendement énergétique. Cependant, le gouvernement et l'industrie travaillent de concert pour améliorer le rendement énergétique des poids lourds, et le rapport ne présume aucune amélioration du rendement énergétique des camions. Qui plus est, nous n'avons aucune base pour déterminer les gains en matière de rendement énergétique découlant des partenariats dans le rail ou le transport routier d'ici 2020. Par conséquent, on ne peut soutenir une hypothèse ponctuelle sur des gains supplémentaires en matière de rendement énergétique des locomotives.

### ***Autres techniques ferroviaires***

Nous reconnaissons que des progrès technologiques –dispositifs d'arrêt automatique, graissage des rails, réduction des tares, entre autres – pourraient éventuellement réduire la consommation de carburant et les émissions par tonne-kilomètre. Cependant, des innovations similaires font l'objet d'étude dans l'industrie du camionnage, notamment des groupes auxiliaires d'alimentation pour réduire la marche au ralenti, des améliorations à l'aérodynamisme, des pneus à résistance de roulement plus faible, et une réduction de tare des remorques. En raison des incertitudes associées à l'incidence de ces techniques et leur niveau de pénétration futur, nous ne présumons aucune augmentation dans leur déploiement pour le camionnage ou le rail.

### ***Vitesse des camions***

La limite de vitesse est maintenant de 65 à 75 mi/h dans la plupart des États américains, et la vitesse des camions sur les autoroutes rurales dépasse habituellement 55 mi/h. Cependant, les vitesses sont souvent plus basses dans les zones urbaines et à l'approche des passages frontaliers. La plupart des cinq couloirs comprennent au moins une grande région urbaine (sinon plus) à la frontière (dont Detroit/Windsor et Laredo/Nuevo Laredo) ou ailleurs dans le couloir (comme la région métropolitaine de Seattle). Pour cette raison, nous estimons qu'une vitesse moyenne de 55 mi/h pour le couloir au complet est une hypothèse raisonnable.

### ***Détérioration des camions***

Nous partons du principe que les taux d'émission des poids lourds longue distance n'augmentent pas avec le temps en raison de la détérioration. Cette hypothèse cadre avec les modèles MOBILE5 et PART5 de l'EPA, et avec les prétentions des constructeurs de moteur. Le modèle MOBILE6 n'était pas disponible au moment de l'étude. Un rapport provisoire sur le modèle MOBILE6 montre que, pour ce qui est du NO<sub>x</sub> et du HC, les taux d'émission de base (niveau de kilométrage zéro) ont été réduits et que des taux de détérioration très faibles ont été introduits. Pour le moment, nous ne disposons d'aucune information sur l'incidence de ce modèle sur les facteurs d'émission de 2020 pour ces polluants. Par conséquent, compte tenu de l'insuffisance des données, l'hypothèse d'une détérioration nulle est valide pour les poids lourds longue distance, surtout en raison du fait que ces véhicules sont habituellement plus neufs et mieux entretenus que le parc en moyenne.

### Autre scénario possible – baisse des normes visant les émissions de locomotives

Le rapport souligne que les techniques anti-émissions futures pourraient favoriser une réduction des taux d'émission des locomotives par rapport aux normes de 2005 (niveau II). Nous avons élaboré un autre scénario possible pour déterminer l'incidence d'éventuelles normes d'émission de locomotives plus basses. Le scénario s'appuie sur l'hypothèse suivante :

- Le diesel hors route à faible teneur en soufre (15 ppm) est disponible partout aux États-Unis et au Canada d'ici 2010.
- De nouvelles normes visant les émissions des locomotives (niveau III) entrent en vigueur en 2010. Toutes les locomotives construites en 2010 et par la suite répondent aux normes du niveau III au moment de leur construction et de chaque adaptation subséquente.
- Les nouvelles normes d'émission des locomotives de niveau III prennent en compte les mêmes améliorations qu'au niveau des camions, grâce à l'utilisation de dispositifs anti-émissions évolués et du diesel à faible teneur en soufre. Par conséquent, elles sont équivalentes aux facteurs d'émission des locomotives de base (non contrôlés) multipliés par le coefficient des facteurs d'émission des poids lourds pour 2007 par rapport aux facteurs d'émissions des poids lourds pour 1990.
- Les facteurs d'émission de base, les facteurs d'émission des niveaux I et II, le renouvellement du parc, et la consommation de carburant relative par niveau concordent avec le *Regulatory Support Document* de 1998 de l'EPA.
- Les facteurs d'émission résultants pour 2020 (en g/bhp-hr) sont les suivants : NO<sub>x</sub>= 4,57, CO=1,28, HC=0,27, PM=0,14. En comparaison avec le scénario de base pour 2020, ces facteurs d'émission sont inférieurs respectivement de 25 %, 0 %, 20 % et 19 %.

Nous avons appliqué ces facteurs d'émission au flux de marchandises transfrontalier par rail pour 2020 dans le couloir Toronto-Detroit; les résultats sont indiqués dans le tableau C-1. Pour le rail, les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 sont inférieures de 25 % et de 19 % au scénario de base pour 2020 pour ce couloir. Le rail revendique 39 % de toutes les émissions de NO<sub>x</sub> et 35 % des émissions de PM-10 d'origine commerciale, en baisse de 46 % et de 40 % par rapport au scénario de base. Le rail ne représente que 5 % des émissions de CO<sub>2</sub> et 4 % des émissions de CO d'origine commerciale, ce qui est inchangé par rapport au scénario de base pour 2020, et 14 % des émissions de COV, en baisse de 17 % par rapport au scénario de base pour 2020.

**Tableau C-1 : Émissions d'origine commerciale, couloir Toronto-Detroit, scénario de 2020 – locomotive à faibles émissions**

	Flux annuel de marchandises (millions de kg)	Véhicules par année*	Émissions (kg/jour)				
			NO <sub>x</sub>	VOC	CO	PM-10	CO <sub>2</sub>
Camion	122 672	13 030 708	11 342	2 674	52 165	416	13 353 393
Rail	48 947	785 129	7 244	426	2 027	228	748 796
Total	171 619	s.o.	18 586	3 100	54 192	644	14 102 189
% de 1999	279 %	279 %	40 %	89 %	265 %	26 %	276 %

\* Wagons remplis seulement

Selon la formule tonne-kilomètre, le transport routier conserve un avantage sur le rail en ce qui a trait aux émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10. Les émissions de NO<sub>x</sub> et de PM-10 du rail, par tonne-kilomètre, sont 50 % et 30 % plus élevées que celles des camions, comparativement à 110 % et 60 % dans le cadre du scénario de base. Les émissions de CO<sub>2</sub> du rail par tonne-kilomètre demeurent *inférieures* d'environ 86% à celles du transport routier, ce qui illustre l'avantage notable du rail pour ce qui est des gaz à effet de serre.