

Écologisation des couloirs nord-américains de transport

Défis et possibilités

Texas Transportation Institute
Texas A&M University System
College Station (Texas)

Commission de coopération environnementale



RÉSUMÉ

Le présent document est une étude de cas visant à déterminer l'impact sur l'atmosphère (notamment à cause des émissions de polluants courants et de gaz à effet de serre) du transport routier et ferroviaire de marchandises dans un couloir qui s'étend de Mexico à Montréal. On a regroupé des données sur le réseau et les activités de transport dans ce couloir selon un scénario de base (pour l'année 2010) et un scénario futur (pour l'année 2035). Les taux d'émission associés à l'étude de cas ont été extraits du modèle d'émissions MOBILE6.2 de l'Environmental Protection Agency des États-Unis, qui s'appuie sur des paramètres moyens américains comme la répartition des véhicules selon l'âge (obtenue grâce aux données d'immatriculation). Le calcul des émissions imputables au transport ferroviaire est basé sur les taux moyens d'émission et de consommation de carburant aux États-Unis; nous l'avons révisé pour tenir compte de l'amélioration constante des normes visant les moteurs de locomotive.

Les résultats révèlent que le transport de marchandises va continuer de générer d'importantes émissions de dioxyde de carbone (CO₂). Les actuels niveaux d'émissions issus du transport ferroviaire ne sont pas significatifs par rapport à ceux que génère le transport routier; toutefois, proportionnellement, la part des émissions de certains polluants imputable aux locomotives va augmenter avec le temps. Cela est dû à l'intensification prévue du transport ferroviaire de marchandises, combinée à une forte baisse des émissions de polluants courants par les camions, imputable à des normes plus strictes et à des moteurs mieux conçus.

Nous avons demandé à un groupe de spécialistes de discuter des conclusions et de formuler d'autres recommandations. En raison des importantes différences entre les itinéraires et les pratiques d'exploitation du transport routier et ferroviaire, il est préférable d'analyser ces deux secteurs séparément afin d'évaluer leurs effets sur l'environnement et la qualité de l'air. Nous avons également déterminé que les nouvelles sources de données (comme les GPS et les enregistreurs de données des moteurs) peuvent améliorer la précision de la surveillance; par contre, l'utilisation de ces ressources potentielles nécessite une coopération entre l'industrie du transport et les organismes responsables des transports et de l'environnement.

Ce document d'information a été préparé par le Texas Transportation Institute et la Texas A&M University System, College Station (Texas), pour le compte du Secrétariat de la Commission de coopération environnementale (CCE). Les opinions exprimées dans le présent document ne reflètent pas nécessairement les vues de la CCE, ou des gouvernements du Canada, du Mexique ou des États-Unis d'Amérique.

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.

Sauf mention contraire, cette œuvre est protégée sous un contrat Creative Commons Paternité – Pas d'Utilisation Commerciale – Pas de Modification.



Commission de coopération environnementale, 2010

Renseignements sur la publication

Type de publication : document d'information

Date de parution : septembre 2010

Langue d'origine : anglais

Numéro d'inscription au registre d'assurance de la qualité : QA09.23

Procédures d'examen et d'assurance de la qualité :

Premier examen par les Parties : du 28 mai au 25 juin 2010

Disponible en español

Available in english

Renseignements supplémentaires au sujet de présent document :

Commission de coopération environnementale

393, rue St-Jacques Ouest, bureau 200

Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9

t 514.350.4300 f 514.350.4372

info@cec.org / www.cec.org



TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|------------|
| Liste des figures | iii |
| Liste des tableaux | iii |
| Introduction | 1 |
| Contexte et examen de la documentation | 2 |
| Effets du transport de marchandises sur l'environnement..... | 2 |
| Émissions de polluants courants | 2 |
| Émissions de GES et inventaires | 3 |
| Effets du transport de marchandises – Scénario | 3 |
| Estimation des effets des GES et de l'impact sur la qualité de l'air | 4 |
| Congestion des couloirs de transport..... | 5 |
| Causes des retards et de la congestion | 6 |
| Impacts et atténuation | 6 |
| Mesure de la performance et données sur le transport | 7 |
| Mesure de la performance du secteur des transports | 7 |
| Outils de mesure de la performance dans le secteur du transport de marchandises | 8 |
| Sources de données et accessibilité | 8 |
| Mesures d'atténuation visant la qualité de l'air..... | 9 |
| Étude de cas : couloir Mexico-Montréal | 13 |
| Approche de l'étude et sources de données..... | 14 |
| Méthode d'estimation des émissions | 18 |
| Estimation des émissions imputables au transport routier de marchandises..... | 18 |
| Estimation des émissions imputables au transport ferroviaire de marchandises | 20 |
| Résultats de l'analyse | 22 |
| Estimation des émissions imputables aux activités de transport de marchandises aux postes frontaliers..... | 34 |
| Enjeux, défis et possibilités | 37 |
| Portée de l'analyse et polluants atmosphériques | 37 |
| Méthodes d'estimation | 38 |
| Données nécessaires et sources de données | 39 |
| Sources de données..... | 39 |
| Activités de transport routier | 40 |
| Données sur le réseau et les itinéraires..... | 41 |
| Taux d'émission des camions | 42 |
| Transport ferroviaire de marchandises et émissions | 42 |
| Mesures de la performance | 42 |
| Stratégies d'atténuation..... | 43 |
| Conclusions..... | 43 |
| Annexe A : Prévisions des émissions de CO₂ d'ici 2035 | 45 |
| Annexe B : Modèles MOVES et MOBILE6.2 | 45 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1. Couloir routier et ferroviaire Mexico-Montréal | 15 |
| Figure 2. Processus d'analyse des émissions annuelles des camions dans le couloir Mexico-Montréal | 19 |
| Figure 3. Processus d'analyse des émissions annuelles des locomotives dans le couloir Mexico-Montréal | 21 |
| Figure 4. Estimation des émissions de CO ₂ imputables au transport routier, 2010 et 2035 | 24 |
| Figure 5. Estimation des émissions de CO imputables au transport routier, 2010 et 2035 | 25 |
| Figure 6. Estimation des émissions de NO _x imputables au transport routier, 2010 et 2035 | 26 |
| Figure 7. Estimation des émissions d'HT (hydrocarbures totaux) imputables au transport routier, 2010 et 2035..... | 27 |
| Figure 8. Estimation des émissions de PM ₁₀ imputables au transport routier, 2010 et 2035 | 28 |
| Figure 9. Estimation des émissions de CO ₂ imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035 | 29 |
| Figure 10. Estimation des émissions de CO imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035 | 30 |
| Figure 11. Estimation des émissions de NO _x imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035 | 31 |
| Figure 12. Estimation des émissions d'HT imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035 | 32 |
| Figure 13. Estimation des émissions de PM ₁₀ imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035 | 33 |
| Figure 14. Nombre de camions franchissant chaque année le poste frontalier de Laredo (Texas) pour entrer aux États-Unis | 35 |
| Figure 15. Fréquence du passage de camions de factage par année modèle, basée sur l'étude de 2006 du TTI | 36 |
| Figure 16. Émissions annuelles au point d'entrée de Laredo | 37 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1. Stratégies de réduction des émissions des camions et des locomotives..... | 11 |
| Tableau 2. Couloir à l'étude – Distance à parcourir, par pays et par mode de transport | 14 |

| | |
|---|----|
| Tableau 3. Données nécessaires à l'analyse de la qualité de l'air dans un couloir de transport de marchandises..... | 16 |
| Tableau 4. Facteurs d'émissions moyens des locomotives | 20 |
| Tableau 5. Volume annuel d'émissions imputables aux flux de marchandises dans le couloir Mexico-Montréal..... | 23 |
| Tableau 6. Polluants atmosphériques liés au transport – Portée des effets et niveau de précision des données | 38 |

INTRODUCTION

Le cadre d'analyse de la Commission de coopération environnementale (CCE) consacré aux répercussions sur l'environnement de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA)¹ aborde un grand nombre de préoccupations environnementales : qualité de l'air, qualité de l'eau, ressources foncières, biodiversité et changements climatiques à l'échelle mondiale. Le transport de marchandises nuit à certains de ces éléments, et peut avoir d'autres effets significatifs, comme la pollution par le bruit, la dégradation des ressources naturelles, les effets socio-économiques et la contamination par les déchets dangereux.

En Amérique du Nord, la majorité du transport est assurée par des camions et des locomotives diesel, qui sont d'importantes sources d'émissions de gaz à effet de serre (GES), ainsi que d'autres émissions néfastes pour la santé humaine, notamment les oxydes d'azote (NO_x) et les particules. Ainsi, l'impact du transport sur la qualité de l'air constitue un problème grave, à la fois à cause des changements climatiques/des émissions de GES et des émissions d'autres polluants nocifs.

La présente étude a pour but d'établir une approche qui permettra d'étudier les répercussions sur la qualité de l'air des principaux couloirs de transport, en vue de réduire leurs effets sur l'environnement. Parce qu'ils concentrent la circulation, ces couloirs sont les segments les plus congestionnés du réseau de transport de marchandises par voie de surface; il faut donc accorder une attention particulière à l'évaluation des effets du transport de marchandises sur l'environnement. Quelques études se sont intéressées aux effets des GES générés par le transport sur un couloir en particulier, mais on n'a pas essayé d'examiner ces effets sous l'angle de la surveillance de la performance environnementale. L'équipe de chercheurs a établi les objectifs globaux du projet en planifiant les étapes suivantes :

- Procéder à un examen approfondi des documents consacrés aux effets environnementaux du transport de marchandises, à l'applicabilité de la mesure des performances, aux données nécessaires et à leur disponibilité, et à d'autres sujets pertinents.
- Définir une méthode d'évaluation de la qualité de l'air et des émissions de GES générées par le transport de marchandises dans les couloirs.
- Appliquer cette méthodologie à une étude de cas portant sur le principal couloir de transport reliant Mexico à Montréal, afin de déterminer l'impact du transport ferroviaire et routier sur la qualité de l'air.
- Discuter des résultats avec un groupe consultatif d'experts composé de professionnels du transport qui connaissent bien les enjeux de durabilité liés au transport de marchandises.

La présente étude vise à faciliter une meilleure compréhension des effets des GES et d'autres effets sur la qualité de l'air du transport de marchandises par voie de surface dans les couloirs. L'ensemble de ces ressources a créé un contexte permettant de déterminer les enjeux, les possibilités et les défis liés à une analyse de la qualité de l'air dans un couloir de transport de marchandises. Les prochaines sections du rapport portent sur le contexte et l'examen de la

¹ Commission de coopération environnementale. *L'évaluation des répercussions environnementales de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA) : Cadre d'analyse (phase II) et études d'enjeux*, Série Environnement et commerce, N° 6, Montréal, 2009.

documentation, les résultats des études de cas et un examen des enjeux, défis et possibilités associés à l'analyse du transport de marchandises et de ses effets sur la qualité de l'air.

CONTEXTE ET EXAMEN DE LA DOCUMENTATION

La présente section décrit les effets sur l'environnement du transport de marchandises par voie de surface, l'impact des congestions touchant les couloirs de transport et des goulots d'étranglement, la mesure de la performance et les données sur le transport utilisées pour obtenir cette mesure, et les diverses mesures d'atténuation permettant de réduire les effets sur la qualité de l'air dans les couloirs de transport.

Effets du transport de marchandises sur l'environnement

Émissions de polluants courants

Les locomotives et les camions équipés de moteurs Diesel transportent la majeure partie des marchandises en Amérique du Nord. Ces moteurs émettent d'importantes quantités de NO_x, de particules et de composés organiques volatils (COV). Les NO_x et les COV sont des précurseurs de l'ozone troposphérique, qui peut générer divers problèmes de santé, notamment de graves maladies respiratoires. L'ozone a également d'autres effets néfastes sur l'environnement; il cause par exemple des dommages aux récoltes et aux plantes dans les écosystèmes naturels. L'exposition aux particules a également des effets très néfastes sur la santé, causant par exemple de l'asthme aigu, des problèmes respiratoires ou des maladies cardiovasculaires, et parfois même des décès prématurés. Par ailleurs, les particules sont une source importante de brume sèche, qui réduit la visibilité et crée des conditions dangereuses pour les avions et d'autres modes de transport. Aux États-Unis, les NO_x, le CO et les COV comptent parmi les sept polluants courants réglementés par des normes établies par l'*Environmental Protection Agency* (EPA, Agence de protection de l'environnement) des États-Unis.

Les trois pays signataires de l'ALÉNA (Canada, Mexique et États-Unis) surveillent la concentration atmosphérique des COV, des NO_x, de l'ozone troposphérique et des particules. Chaque pays applique par ailleurs des normes additionnelles à d'autres polluants bien précis, comme le plomb (Pb) et le dioxyde soufre (SO₂). Aux États-Unis, la surveillance de la pollution atmosphérique est basée sur un système centralisé, et c'est l'EPA qui est chargée de cette surveillance. Au Canada, le ministère de l'Environnement gère un système de surveillance centralisé, tandis que diverses provinces, dont le Québec, surveillent également la pollution atmosphérique et ont adopté des lois visant les GES. Au Mexique, la surveillance de la qualité de l'air est semi-centralisée : elle est effectuée par les administrations locales, et l'*Instituto Nacional de Ecología* (INE, Institut national de l'écologie) assure la coordination des activités dans le cadre du *Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire* (système national d'information sur la qualité de l'environnement)^{2,3}.

² Sierra Club. *NAFTA Transportation Corridors: Approaches to Assessing Environmental Impacts and Alternatives*, Washington, DC, 2000.

http://www.cec.org/programs_projects/trade_envIRON_econ/pdfs/sierra.pdf

³ Coopération économique Asie-Pacifique. *Mexico: Report of Air Pollution Control Equipment and Services*, 2009. <http://egs.apec.org/more-articles/133-mexico-report-of-air-pollution-control-equipment-and-services>

Émissions de GES et inventaires

Le transport de marchandises est également une importante source d'émissions de dioxyde de carbone (CO₂). En quantité, le CO₂ est le principal GES contribuant aux changements climatiques planétaires. Contrairement aux polluants courants provenant de sources ponctuelles, dont le niveau peut être réduit grâce aux technologies de réduction des émissions, les émissions de GES liées au commerce sont plus diffuses de par leur origine, et sont difficiles à réduire. Bien que les émissions de CO₂ générées par les activités de transport de marchandises ne soient pas réglementées par les gouvernements des Parties à l'ALÉNA, on considère qu'il existe des possibilités d'importantes réductions des émissions de GES dans le secteur des transports.

La quantification des émissions de GES, qu'on qualifie également d'inventaire des émissions de GES, est souvent la première étape des mesures visant les GES. On utilise souvent ces inventaires dans le cadre de la réglementation, afin de créer un genre d'échelle des niveaux d'émissions. Ils sont souvent à la base des plans d'action qui établissent des objectifs et des cibles quantifiables. L'EPA tient à jour un inventaire national annuel des émissions de GES. Actuellement, au moins 40 États américains gèrent également leur propre inventaire d'émissions de GES. Certains États ont aussi établi un plan d'action sur les GES, tandis que d'autres se sont attaqués directement aux émissions de CO₂ liées aux transports dans leur plan énergétique ou leurs règlements environnementaux.

Effets du transport de marchandises – Scénario

On s'attend à ce que la contribution relative du transport de marchandises à la pollution augmente à l'avenir, car la part du secteur du transport de passagers va diminuer grâce à des véhicules plus éconergétiques et plus propres. Au-delà des préoccupations pour la santé liées aux émissions de polluants, les changements climatiques planétaires et les sources de GES suscitent de plus en plus de préoccupations. Si l'on en croit l'inventaire des émissions de GES de l'EPA⁴, les émissions de GES liées au transport de marchandises aux États-Unis ont augmenté de 74 % entre 1990 et 2008, tandis qu'au cours de la même période, les émissions de GES générées par le transport de passagers ont augmenté de 33 %. Toujours durant cette période, les émissions de GES provenant de toutes les sources aux États-Unis ont augmenté de 14 %.

Depuis 1990, la concentration de CO₂ associée au transport de marchandises, mesurée en tonnes d'équivalent-CO₂ par tonne-mille de marchandises, a fortement augmenté. Cette tendance est principalement imputable au recours croissant à des modes de transport énergivores, en particulier les camions, qui garantissent un service plus rapide et plus fiable au détriment de l'efficacité énergétique, ainsi qu'au principe de la livraison de marchandises sur demande. L'inventaire d'émissions de GES de l'EPA montre que les camions sont à l'origine de 21 % des émissions totales générées par le transport aux États-Unis. La part de l'industrie du transport routier en ce qui concerne les tonnes-milles totales de marchandises transportées aux États-Unis est passée de 19 % en 1980 à 29 % en 2007⁵. Basé sur les prévisions de consommation d'énergie pour la période allant de 2008 à 2035, le rapport *Annual Energy Outlook 2010* prévoit une augmentation de 52 % des émissions de CO₂ liées au

⁴ EPA. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2008*, Washington, DC, 2010.
<http://www.epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>

⁵ US Bureau of Transportation Statistics
<http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics/html/table_01_46b.html>.

transport routier de marchandises entre 2010 et 2035⁶. Un rapport préparé en 2001 par la CCE⁷ révèle que, d'après le scénario de base prévu pour 2020, les émissions de CO₂ imputables aux échanges dans le cadre de l'ALÉNA pourraient être jusqu'à quatre fois plus élevées que les niveaux de 1999 dans les cinq couloirs étudiés.

Estimation des effets des GES et de l'impact sur la qualité de l'air

Il existe diverses façons d'établir des inventaires des émissions de GES et des estimations des émissions de polluants. Les méthodes d'élaboration de ce type d'inventaire sont divisées en trois grandes catégories : approche descendante, qui consiste à regrouper les données et à baser les estimations sur la quantité de carburant vendue; approche ascendante, qui s'appuie sur les données relatives à l'utilisation finale et aux activités d'utilisation pour estimer la quantité de carburant affectée aux activités à l'étude; approche hybride, qui est une combinaison des approches descendante et ascendante. En raison de l'extrême degré de précision des données sur le carburant utilisées à des fins fiscales, globalement, les inventaires descendants tendent à être plus précis, mais il leur manque souvent le niveau de détail associé à l'approche ascendante, car ils sont moins bien adaptés aux changements internes, ce qui peut limiter l'analyse des mesures d'atténuation⁸. Le degré de précision de l'approche descendante diminue lorsque l'analyse devient plus détaillée (p. ex., par secteurs), parce qu'il faut faire de nombreuses hypothèses pour ventiler les estimations visant l'ensemble du système.

Il existe actuellement plusieurs outils permettant d'analyser les effets des GES imputables aux activités de transport; chacun offre des possibilités différentes et s'appuie sur différents types de données. Le choix d'un de ces outils d'analyse dépend de deux facteurs : les modes de transport visés par l'analyse et le niveau de détail et de disponibilité des données requis. Voici les méthodes que recommande la société ICF pour chaque niveau d'analyse :

- À l'échelle nationale et étatique : approche descendante basée sur le *State Inventory Tool* (SIT, outil d'établissement d'inventaires à l'échelle des États) de l'EPA et approche ascendante basée sur le *Motor Vehicle Emission Simulator* (MOVES, modèle de simulation des émissions de véhicules à moteur) de l'EPA.
- À l'échelle régionale ou locale : combinaison d'approches descendante et ascendante regroupant les résultats générés par le modèle MOVES et l'outil SIT – comparable à l'inventaire des émissions de GES liées au secteur du transport de l'État de New York.
- À l'échelle des projets : selon le type de projet, il est recommandé d'utiliser soit les outils précis existants, comme les modèles MOVES et COMMUTER de l'EPA, soit le modèle IDAS de la *Federal Highway Administration* (FHWA, Administration fédérale des autoroutes) des États-Unis, ou de faire une analyse de feuilles de calcul combinant données et résultats⁹.

⁶ US Energy Information Administration. *Table 67. Freight Transportation Energy Use*, avril 2010. http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/supplement/suptab_67.xls. Pour les calculs, voir l'annexe A.

⁷ ICF International. *North American Trade and Transportation Corridors: Environmental Impacts and Mitigation Strategies*, 2001.

⁸ US EPA. Transcription : « *Greenhouse Gases Inventory 101: Creating an Inventory* » http://www.epa.gov/climatechange/emissions/downloads/ts1_transcript.pdf.

⁹ ICF International. *Assessment of Greenhouse Gas Analysis Techniques for Transportation Projects*, 2006.

Pour estimer les émissions provenant de sources mobiles, l'EPA utilise actuellement le modèle MOBILE6.2, qui s'appuie sur des facteurs d'émissions pour prévoir les émissions d'hydrocarbures (HC), de monoxyde de carbone (CO), de NO_x, de CO₂ et de particules produites par les automobiles, les camions et les motocyclettes dans diverses conditions. Les taux d'émission sont calculés en fonction de cycles fixes qui représentent diverses conditions de circulation sur différents types de routes. Pour chaque catégorie de véhicule, les taux d'émission du modèle MOBILE6.2 sont exprimés en grammes/mille pour différentes vitesses moyennes. Les taux d'émission de CO₂ et de particules du même modèle ne sont pas exprimés en fonction de la vitesse.

Le tout nouveau modèle d'émissions de l'EPA, MOVES, vise à remplacer le modèle MOBILE6.2. Il permet d'estimer les émissions de polluants atmosphériques générées par les véhicules routiers et par l'équipement non routier, offrant une analyse des polluants additionnels et des sources de pollution à plusieurs échelles, contrairement aux modèles précédents. La première version officielle, baptisée MOVES2010, a été lancée en décembre 2009. MOVES2010 vise uniquement les véhicules routiers. Les éléments non routiers seront intégrés aux versions ultérieures. L'information de base que produit le modèle MOVES à propos des émissions de véhicules en marche est présentée sous forme de taux d'émission à la seconde, divisés en 23 modes opérationnels, qui représentent les différentes gammes de vitesse instantanée d'un véhicule et sa puissance massique. La puissance massique est une variable représentative de la charge du moteur, qui est liée aux émissions. Appliquée au modèle MOVES, elle représente la puissance du véhicule normalisée par sa masse. Une des principales améliorations apportées au modèle MOVES par rapport au modèle MOBILE6.2 tient au fait que les émissions de CO₂ et de particules et la consommation de carburant dépendent de la vitesse et de l'année du véhicule, tandis que, dans le modèle MOBILE6.2, ces taux ne dépendaient que de la classification des véhicules. L'annexe A donne plus de détails sur les données nécessaires aux modèles MOVES et MOBILE6.2.

L'équipe de chercheurs recommande une approche ascendante utilisant des données relatives aux activités de transport de marchandises par segments et par nœud du réseau. Les données relatives aux activités principales nécessaires à cette approche portent sur le volume de transport routier et, pour le transport ferroviaire, sur les tonnes-milles transportées sur chaque section du couloir à l'étude. Nous avons utilisé les taux d'émission appropriés issus des modèles et de procédures normalisé(e)s, par exemple MOBILE6 et MOVES, et les normes américaines relatives aux émissions des locomotives (Locomotive Emissions Standards de l'EPA¹⁰), pour calculer les émissions de CO₂ liées au transport pour chaque section du couloir à l'étude.

Congestion des couloirs de transport

Lorsqu'on analyse les problèmes touchant l'environnement et la qualité de l'air associés aux couloirs de transport, les retards et la congestion sont deux éléments très importants. Les retards correspondent généralement au temps additionnel passé dans la circulation par rapport à la durée prévue des déplacements dans des conditions de circulation « fluides » ou sans contraintes. En raison des retards durant le transport, le secteur des transports continue d'avoir des effets néfastes sur l'environnement, en particulier sur la qualité de l'air. À l'heure actuelle, le transport de marchandises est responsable d'environ la moitié des émissions de NO_x provenant de sources mobiles et de 36 % des émissions de PM₁₀ (particules dont le diamètre est inférieur ou égal à 10 microns) provenant de sources mobiles¹¹.

¹⁰ EPA. *Locomotive Emissions Standards, Regulatory Support Document*, 1998.
<www.epa.gov/oms/regs/nonroad/locomotv/frm/locorsd.pdf>

Causes des retards et de la congestion

Il existe un lien positif entre les goulots d'étranglement sur le réseau de transport (à l'origine des retards/des congestions) et la demande de services de transport; à mesure que cette demande augmente, le nombre et la longueur des bouchons augmentent aussi. Les goulots d'étranglement touchant des camions sont généralement mesurés par le rapport entre le volume de circulation et la capacité réelle des voies de circulation. On observe souvent des bouchons récurrents dans les plaques tournantes du transport, les endroits où la circulation est généralement très dense et les points de livraison. Les plaques tournantes du transport sont les ports, les aéroports et les postes frontaliers. Ces endroits sont le théâtre de congestions aux heures de pointe de livraison. Une congestion généralisée peut également survenir aux intersections où la signalisation est mal synchronisée, dans les côtes abruptes ou sur les voies ferrées à une seule voie. On peut observer des congestions aux points de livraison des marchandises quand il n'y a pas assez d'espace à la destination finale ou pas assez d'installations de déchargement. Les congestions ponctuelles, souvent plus nombreuses que les congestions récurrentes, se produisent dans des situations imprévisibles, par exemple en cas d'accident, dans les zones de travaux ou quand les conditions météorologiques sont défavorables. Quelle qu'en soit la cause, la congestion influe sur la durée du voyage, le nombre de trajets et les effets environnementaux des bouchons^{11, 12}.

Impacts et atténuation

Les goulots d'étranglement ont de plus en plus d'effets néfastes sur le secteur des transports. Les couloirs inter-États reliant des zones urbaines densément peuplées sont les plus touchés par les congestions; malheureusement, si l'on n'améliore pas l'infrastructure, ces effets s'étendront aux voies reliant les villes, dans les zones urbaines comme dans les régions rurales. Une majorité des retards enregistrés par les camions aux États-Unis surviennent sur les dix principaux échangeurs routiers du pays — où les camions passent en moyenne 1,5 million d'heures chaque année. Les autres bouchons ne représentent chacun que 250 000 heures de retard par an pour les camions^{11, 12}.

La congestion ferroviaire va elle aussi s'intensifier si l'on n'améliore pas à la fois la capacité et le réseau. Selon l'Association of American Railroads, d'ici 2035, la longueur des zones congestionnées va passer 108 milles à 16 000 milles et, si l'on n'améliore pas le réseau, ce n'est plus sur les 6 413 milles actuels qu'on observera des problèmes de service et des incidents, mais sur plus de 12 000 milles¹¹.

On prévoit que la réduction des retards touchant le transport aux postes frontaliers les plus congestionnés va réduire considérablement les émissions^{11, 13, 14}. Des études réalisées au départ et à destination, ainsi que des études sur les retards aux frontières, alimentent l'analyse de la qualité de l'air liée aux flux de marchandises, et devraient être régulièrement associées à la collecte de données. Cela permettrait non seulement de faire le suivi des

¹¹ Schmitt, R., E. Strocko et J. Sedor. *Freight Story 2008*, FHWA-HOP-08-051, 2008.

http://www.ops.fhwa.dot.gov/freight/freight_analysis/freight_story/index.htm.

¹² Cambridge Systematics Inc. *An Initial Assessment of Freight Bottlenecks on Highways*, 2008, préparé pour l'Office of Transportation Policy Studies de la Federal Highway Administration.
<http://www.fhwa.dot.gov/policy/otps/bottlenecks/index.htm>.

¹³ ICF Consulting. *North American Trade and Transportation Corridors: Environmental Impacts and Mitigation Strategies*, 2001, préparé pour la Commission de coopération environnementale de l'Amérique du Nord.

¹⁴ *Border Congestion Study: Study Findings and Methodology*, préparé pour la Western Governors' Association par le Parsons Transportation Group et Suma Sinergia, S.A. de C.V., 9 juin 2000.

préoccupations environnementales, mais aussi d'améliorer notre capacité à surveiller la congestion aux frontières¹³.

L'US Department of Transportation (département américain des Transports) suggère plusieurs améliorations qu'on peut apporter aux opérations et aux méthodes de transport pour répondre aux préoccupations environnementales. Il recommande qu'on améliore le réseau de transport en modifiant la gestion et les opérations des installations existantes, en entretenant et en préservant les infrastructures en place, et en étudiant les possibilités de privatisation. Au chapitre des améliorations de nature environnementales qu'il propose, on compte l'élaboration de technologies de réduction de la pollution, les investissements visant à atténuer les effets du transport sur l'environnement, des stratégies de conservation de l'énergie et l'utilisation de carburants de remplacement dans le cadre des opérations de transport^{12, 15}.

Ces améliorations destinées à alléger les retards et les congestions dans le réseau de transport peuvent être apportées dans le cadre d'une collaboration entre la FHWA et les États, les organisations chargées de l'urbanisme, les comtés et le secteur des transports, qui vise à renforcer la collecte et l'analyse de données sur les goulots d'étranglement du réseau¹². Les compagnies de transport ferroviaire ont déjà commencé à améliorer le système et ont investi (en 2006) 8,5 milliards de dollars dans le renouvellement des voies et structures existantes et de l'équipement, et dans l'expansion du trafic¹⁶.

Mesure de la performance et données sur le transport

Mesure de la performance du secteur des transports

La mesure de la performance a été instaurée dans le secteur privé, comme un outil de gestion visant à évaluer les progrès réalisés vers l'atteinte des objectifs visés, à l'aide de résultats ou de cibles mesurables. Les outils de mesure de la performance permettent de synthétiser les données et les statistiques, de sorte qu'elles soient facilement comprises par les intervenants (ingénieurs, administrateurs, politiciens et grand public). On peut les appliquer à tous les aspects d'une organisation afin de faire le suivi de la performance des systèmes, d'évaluer les solutions de remplacement pour la sélection de projets, et de planifier les communications internes et externes. Une mesure exhaustive de la performance fournit des données à propos de la situation, des tendances observées avec le temps et de la part attribuée aux divers organismes/acteurs¹⁷. Les termes « indicateur de performance » et « mesure de la performance » sont des variables qui facilitent les progrès.

Dans le cadre d'un réseau de transport, la mesure de la performance permet de comprendre si ce réseau est actuellement performant et comment il pourrait l'être à l'avenir en raison de facteurs comme la croissance démographique prévue, les stratégies d'investissement d'aujourd'hui, les modèles d'utilisation des terres et les conditions économiques. Pour être efficace, le système de mesure de la performance d'une organisation doit viser ses produits, sa mission ou ses objectifs. La hiérarchie qui caractérise traditionnellement les activités de planification et d'ingénierie dans le secteur des transports comprend des objectifs clairement

¹⁵ US Department of Transportation, *Freight Transportation*, www.freight.dot.gov/freight_framework.

¹⁶ US DOT, Federal Highway Administration. *Freight Management and Operations*. http://ops.fhwa.dot.gov/freight/freight_analysis/freight_story/congestion.htm.

¹⁷ Zietsman, J. et L.R. Rilett. *Sustainable Transportation: Conceptualization and Performance Measures*, SWUTC/02/167403-1, Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, College Station, Texas, 2002.

définis et quantifiés à l'aide de mesures de la performance¹⁸. Une telle approche garantit que les changements touchant la valeur de la mesure de la performance représentent fidèlement les progrès réalisés vers l'atteinte d'un objectif.

Outils de mesure de la performance dans le secteur du transport de marchandises

Selon la FHWA¹⁹, la mesure de la performance propre au transport de marchandises permet de déterminer quelles améliorations il faut apporter à ce secteur et d'en surveiller l'efficacité. Elle sert également d'indicateur de la santé économique et de la congestion de la circulation. Étant donné que les expéditions de marchandises industrielles et commerciales à l'échelle mondiale sont en constante augmentation, le flux de marchandises dépend de plus en plus d'infrastructures dont la qualité et le degré d'élaboration varient, mais aussi des capacités opérationnelles et logistiques des réseaux de transport. Les intervenants ont besoin de prendre la mesure de la performance afin de déterminer si ces réseaux de transport permettent de déplacer les marchandises efficacement, en toute sécurité et en respectant l'environnement.

À l'heure actuelle, la majorité des outils de mesure de la performance qu'utilisent ou que proposent les organismes responsables du transport portent sur l'efficacité et la sécurité des flux de marchandises, mais aucun outil de mesure des émissions générées par le transport de marchandises n'est utilisé ou proposé.

Sources de données et accessibilité

Les données sont les « matières premières » à partir desquelles on mesure la performance. L'accessibilité de ces données constitue un élément essentiel de tout système de mesure de la performance, et leur obtention peut être à la fois coûteuse et difficile. Pour chaque outil de mesure de la performance, il faut faire de l'accessibilité des données un des principaux critères de sélection. Par ailleurs, il faut déterminer si les données peuvent être recueillies même si elles sont accessibles. Pour comprendre les besoins en matière de données associés à la mesure de la performance, il faut répondre aux questions suivantes :

- Les données accessibles se trouvent-elles dans des bases de données actuellement accessibles?
- Si des données sont accessibles, sont-elles faciles ou difficiles à recueillir?
- Existe-t-il de nouveaux moyens de compiler ou de recueillir des données?
- Quel est le coût de la collecte de données appropriées?

On peut obtenir des données sur le transport de marchandises auprès de nombreuses sources publiques et privées. Elles varient selon la méthode de collecte, la période, le format et la qualité. Les données compilées par les sociétés privées peuvent être très utiles; par contre, leur obtention coûte généralement très cher, ou elles demeurent confidentielles. C'est notamment le cas des données compilées par US Inland Trade Monitor et Transearch by Global Insight²⁰.

La base de données sur le transport transfrontalier de marchandises en Amérique du Nord (North American Transborder Freight Database) est la principale source d'information

¹⁸ R. Harrison et coll. *Developing Freight Highway Corridor Performance Measure Strategies in Texas*, CTR Technical Report, FHWA/TX-07/0-5410-1, Austin, Texas, 2006.

¹⁹ FHWA, *Freight Performance Measurement*, http://ops.fhwa.dot.gov/freight/freight_analysis/perform_meas.htm.

²⁰ Global Insight, données sur le commerce et le transport en Amérique du Nord <http://www.globalinsight.com/ProductsServices/ProductDetail1024.htm>.

accessible au public qui porte sur les échanges commerciaux en Amérique du Nord²¹. Elle contient des données sur les flux de marchandises par type de produit et par mode de transport (train, camion, pipeline, avion, navire et autre) des États-Unis au Canada et au Mexique ou de ces deux pays vers les États-Unis depuis la signature de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA). Cette base de données indique les mouvements de marchandises selon le type de produit ou certains détails géographiques. Elle comprend des données qui vont de 1994 à l'année en cours, et sert aux études sur les couloirs commerciaux, à la planification de l'infrastructure de transport, aux plans de marketing et de logistique, et à d'autres fins.

L'information contenue dans la North American Transborder Freight Database est composée de données cumulatives, qui fournissent des renseignements d'État à État ou d'État à province. Ce niveau d'agrégation peut convenir à une planification et à des études à grande échelle, mais il pose un problème dans le cadre d'analyses plus détaillées, par exemple de la qualité de l'air.

En Amérique du Nord, la seule information accessible au public qui porte sur les flux de marchandises non regroupés géographiquement est celle qui provient du *Freight Analysis Framework* (FAF, cadre d'analyse du transport de marchandises) de la Federal Highway Administration (FHWA). Le FAF est une base de données origine-destination (OD) consacrée aux marchandises et un cadre d'analyse fournissant des estimations du tonnage et de la valeur des marchandises expédiées selon leur origine, leur destination, leur nature et le mode de transport²². Le Mexique et le Canada ont élaboré des outils similaires, mais l'information n'est pas accessible au public.

Mesures d'atténuation visant la qualité de l'air

La présente étude vise à analyser les effets sur la qualité de l'air des flux de marchandises dans les couloirs de transport, afin de pouvoir élaborer ou recommander des stratégies d'atténuation. Il existe de nombreuses stratégies de réduction de la pollution dans le secteur du transport de marchandises. Le **tableau 1** résume diverses options et stratégies trouvées dans divers documents.

Les stratégies d'économie de carburant se traduisent directement par une réduction des émissions de GES et d'autres polluants. Les modifications apportées aux véhicules et aux trains qui réduisent la quantité d'énergie utilisée par tonne-mille génèrent souvent à terme des économies de carburant. On peut faire baisser de 10 % la consommation de carburant en réduisant le coefficient de traînée aérodynamique de 20 %²³. Les responsables du programme SmartWay Transport de l'EPA estiment que les pneus à faible résistance au roulement peuvent abaisser la consommation de 3 % ou plus. Les accessoires aérodynamiques comme les ailerons pour remorque et les carénages et jupes de camion peuvent réduire la consommation d'un à sept pour cent, voire plus²⁴.

²¹ North American Transborder Freight Database, voir <http://www.bts.gov/programs/international/transborder/>.

²² Freight Analysis Framework (FAF). Office of Freight Management and Operations, Federal Highway Administration, Washington, DC, 2009. http://ops.fhwa.dot.gov/transport_de_marchandises/transport_de_marchandises_analysis/faf/

²³ Blank, S. *Greening Trade Corridors*, New York, mars 2009.

²⁴ US EPA. *SmartWay Transport Partnership Verified Technologies*, <http://www.epa.gov/smartway/transport/what-smartway/verified-technologies.htm>, consulté en mai 2009.

Dans le même esprit, les technologies réduisant la consommation d'énergie au ralenti peuvent réduire les émissions, tout en se payant d'elles-mêmes grâce aux économies de carburant. En vertu de la réglementation américaine, les chauffeurs de camion sont obligés de se reposer pendant 10 heures pour chaque période de conduite de 14 heures. Durant ces périodes de repos, il est fréquent qu'ils laissent leur moteur tourner au ralenti afin que leur cabine demeure confortable, et pour disposer de l'électricité nécessaire au fonctionnement de divers appareils. Aux États-Unis, on estime que les périodes prolongées passées au ralenti entraînent chaque jour le gaspillage de près de 50 millions de litres de carburant²⁵. Les systèmes de chauffage à combustible et les générateurs auxiliaires de bord créent une atmosphère confortable dans la cabine tout en permettant au chauffeur de couper son moteur. Les zones d'électrification des relais routiers et les espaces de stationnement électrifiés permettent aux camionneurs de brancher leur véhicule sur le réseau moyennant un coût minime. Dans le secteur du transport ferroviaire, on sait que l'utilisation de systèmes de contrôle du ralenti réduit de 80 % le ralenti des locomotives de manœuvre; ces systèmes se paient tout seuls en deux ans et demi ou moins²⁶.

²⁵ Stodolsky, F., L. Gains et A. Vyas. *Analysis of Technology Options to Reduce the Fuel Consumption of Idling Trucks*. Center for Transportation Research, Argonne National Library for the US Department of Energy, juin 2000.

²⁶ US EPA. *Case Study: Chicago Locomotive Idle Reduction Project*, Report 420-R-04-003, mars 2004.

Tableau 1. Stratégies de réduction des émissions des camions et des locomotives

| Stratégie | Exemples – Transport routier | Exemples – Chemins de fer |
|---|--|---|
| Modification des véhicules et des locomotives pour assurer un fonctionnement moins énergivore | <ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de gonflage automatique des pneus • Pneus à faible résistance au roulement et pneus à un seul élément • Amélioration de l'aérodynamisme • Lubrifiants à faible viscosité • Tracteurs et remorques plus légers | <ul style="list-style-type: none"> • Lubrifiants de voies • Roulements à faible coefficient de frottement • Wagons allégés |
| Technologies de réduction de la consommation d'énergie au ralenti | <ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de chauffage à combustible • Générateurs auxiliaires de bord • Systèmes d'arrêt/de démarrage automatique • Relais routiers électrifiés • Politiques de réduction du temps passé au ralenti | <ul style="list-style-type: none"> • Générateurs auxiliaires de bord • Systèmes d'arrêt/de démarrage automatique |
| Stratégies de modernisation et de remplacement | <ul style="list-style-type: none"> • Catalyseurs d'oxydation au diesel • Filtres à particules pour moteur diesel • Systèmes de réduction catalytique sélective • Modernisation et remplacement des moteurs • Remplacement des camions usagés par des véhicules plus récents ou hybrides | <ul style="list-style-type: none"> • Remplacement des locomotives par des unités moins polluantes • Locomotives de manœuvre hybrides dans les cours de triage |
| Stratégies visant les carburants | <ul style="list-style-type: none"> • Biodiesel • Gaz naturel comprimé (applications limitées) | <ul style="list-style-type: none"> • Diesel à faible teneur en soufre • Électrification • Biodiesel • Gaz naturel comprimé |
| Réduction des activités | <ul style="list-style-type: none"> • Remorques à deux ou trois niveaux • Meilleure logistique pour le transport routier, visant à maximiser les charges et à réduire le kilométrage parcouru à vide • Passage au transport ferroviaire | <ul style="list-style-type: none"> • Trains plus longs • Trains à deux niveaux |
| Exploitation du réseau | <ul style="list-style-type: none"> • Mesures visant à atténuer et à éviter les congestions routières • Optimisation des trajets • Sensibilisation des chauffeurs à la conduite écologique et à la réduction de la vitesse • Programme d'incitation des chauffeurs aux économies de carburant | <ul style="list-style-type: none"> • Mesures d'atténuation des congestions ferroviaires |

En général, les véhicules et les moteurs plus récents sont beaucoup plus propres que les modèles plus vieux, en raison de normes d'émissions de plus en plus strictes. Ainsi, le remplacement de vieux moteurs par des modèles plus récents peut réduire considérablement les émissions. Les technologies de modernisation et celles qui sont installées après fabrication constituent une solution moins coûteuse que le remplacement d'un véhicule ou de son moteur. Les filtres à particules des moteurs diesel, qui peuvent réduire les émissions de particules de 90 % ou plus, équipent de série les camions postérieurs à 2007. Les catalyseurs d'oxydation des moteurs diesel remplacent les silencieux traditionnels et peuvent réduire de plus de 25 % les émissions de particules, et souvent réduire de 50 % les émissions d'hydrocarbures²⁷. On estime que les systèmes de réduction catalytique sélective (RCS) peuvent réduire les émissions de NO_x de 65 %, tout en réduisant de façon significative les émissions d'hydrocarbures et de CO²⁸. On s'attend à ce que les normes plus strictes visant les émissions de NO_x qui s'appliquent aux véhicules 2010 réduisent ces émissions de 90 %, dont une forte proportion grâce aux systèmes de RCS.

Les carburants de remplacement, comme le biodiesel, le propane et le gaz naturel, peuvent réduire les émissions de GES en remplaçant le diesel (qui génère beaucoup de carbone) par des solutions plus propres. On peut déjà utiliser du biodiesel de niveau moyen (comme le B20) directement dans les moteurs, sans devoir y apporter d'importantes modifications et sans conditions spéciales d'utilisation. Le gaz naturel, l'hydrogène et les autres carburants « spéciaux » nécessitent leur propre infrastructure, créent souvent des problèmes de stockage et de manutention, et nécessitent un moteur spécialement adapté. L'efficacité du potentiel de réduction des émissions des carburants de remplacement varie, selon leur source (p. ex., les matières biologiques) et leurs procédés de production et de raffinage. Ils peuvent par ailleurs avoir des effets inattendus sur l'environnement si on les compare aux carburants traditionnels. Par exemple, la production de biodiesel peut entraîner une modification de l'utilisation des terres, ayant pour effet de convertir des paysages naturels qui piègent le carbone en sources d'émissions de carbone. Par contre, les biocarburants créés à partir de déchets ou de résidus de la biomasse peuvent réduire considérablement les émissions de GES.

Les stratégies de réduction des activités font diminuer les émissions en réduisant les besoins de transport. Par exemple, on peut accorder la priorité à l'utilisation de produits locaux, utiliser de plus petits emballages qui s'empilent plus facilement ou réduire le nombre de trajets nécessaires en transportant plus de marchandises par voyage. Une saine logistique du transport peut réduire le nombre de trajets, en éliminant les trajets parcourus à vide ou en combinant différentes charges vers la même destination afin d'éviter la sous-utilisation des camions. Par ailleurs, en transférant certains chargements des camions aux trains, on peut réduire considérablement les émissions, puisque le transport ferroviaire consomme 90 % d'énergie de moins que le transport routier²⁹.

Enfin, les stratégies opérationnelles visant à réduire l'inefficacité des trajets peuvent également réduire la consommation et les émissions. Les techniques de conduite écologique (changer de vitesse progressivement, rouler moins vite et éviter les accélérations rapides et

²⁷ US EPA. *Diesel Retrofit Technology Verification Program: Verified Technologies*, <http://www.epa.gov/otaq/retrofit/verif-list.htm>, consulté en mai 2009.

²⁸ US EPA. *Emerging Technology List*, <http://www.epa.gov/otaq/diesel/prgemerglist.htm>, consulté en mai 2009.

²⁹ Davis, J., C. Facanha et J. Aamidor. *Greenhouse Gas Emissions from US Freight Sources: Using Activity Data to Interpret Trends and Reduce Uncertainty*, Transportation Research Record, 15 novembre 2007.

les arrêts inutiles) peuvent faire économiser à un camion 5 % ou plus de carburant³⁰. Le système de transport intelligent (STI) peut réduire les émissions et la consommation en évitant l'attente aux postes frontaliers et aux points de contrôle, et en permettant aux entreprises de faire le suivi des performances de leurs chauffeurs.

ÉTUDE DE CAS : COULOIR MEXICO-MONTRÉAL

Pour choisir le couloir de transport visé par la présente étude, nous avons tenu compte de divers facteurs, dont l'existence de résultats de recherches et de données permettant d'estimer les émissions de GES et d'autres polluants causées par les flux de marchandises empruntant ce couloir. Il y a un certain nombre d'importants couloirs de transport et de portes et corridors en Amérique du Nord. Dans le cadre de la présente étude, les « couloirs de transport et d'échanges commerciaux » désignent les principales « routes » commerciales qui relient le Mexique, le Canada et les États-Unis : en d'autres termes, il s'agit des principaux itinéraires Nord-Sud (par route ou par rail) permettant de transporter des marchandises entre les trois pays. Les portes et corridors désignent les itinéraires Est-Ouest, par exemple ceux qui sont mentionnés dans les politiques et programmes canadiens consacrés aux « portes et corridors »³¹.

Dans le cadre de la présente étude, l'Interstate 35, qui constitue depuis longtemps une importante voie de transport de marchandises entre le Mexique et le sud et le centre des États-Unis, a été choisie comme segment principal du sud du couloir à l'étude aux États-Unis. Au Mexique, elle est reliée à l'autoroute fédérale 85, qui traverse Monterrey et se rend à Mexico. Vers le Nord, le couloir part de la I-35 à Dallas et suit la I-30, puis la I-40 jusqu'à Little Rock (Arkansas) et Memphis (Tennessee) et Nashville, où il bifurque de nouveau vers le Nord sur la I-65, jusqu'à Louisville (Kentucky). Le couloir se dirige ensuite au Nord-Est le long de la frontière entre le Kentucky et l'Indiana, sur la I-71, puis vers le Nord sur la I-75, juste en dessous de Cincinnati (Ohio), pour se poursuivre jusqu'à Detroit (Michigan). Il franchit la frontière canadienne au poste de Detroit-Windsor (Ontario), suit l'autoroute Transcanadienne (401 en Ontario, 40 au Québec) jusqu'à Montréal et Québec, incluant donc des segments de la Porte continentale Ontario-Québec (**Figure 1**). Nous avons choisi un couloir ferroviaire qui est le plus parallèle possible au couloir routier, puis, afin d'élaborer la méthodologie applicable à l'étude, estimé le tonnage de marchandises transportées par rail selon le Freight Analysis Framework de la FHWA. Ce couloir routier et les installations ferroviaires parallèles représentent une voie de transport très importante pour les flux de marchandises en Amérique du Nord. Le **tableau 2** fournit des informations à propos des distances à parcourir dans chaque pays par mode de transport, et sur la longueur totale du couloir.

Étant donné qu'il n'existe aucun couloir nord-américain officiel, l'itinéraire que nous avons choisi comme couloir modèle permet quand même d'examiner, à partir des données sur les flux de marchandises, l'impact du transport routier et ferroviaire de marchandises en Amérique du Nord. On peut appliquer les données et la méthodologie utilisées pour cette étude à d'autres couloirs/portes et corridors, afin d'améliorer l'efficacité des flux de

³⁰ US EPA. SmartWay Transport Partnership, *Drivers Training*, <http://www.epa.gov/smartway/transport/documents/tech/driverstraining.pdf>, consulté en mai 2009.

³¹ Les portes et corridors du Canada : <http://www.portesducanada.gc.ca/index2.html>.

marchandises et d'atténuer, espérons-le, l'impact du transport de marchandises dans ces couloirs.

Tableau 2. Couloir à l'étude – Distance à parcourir, par pays et par mode de transport

| Mode | Canada | États-Unis | Mexique | Total |
|-------|------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Route | 531 milles (850 km) | 1 624 milles (2 598 km) | 693 milles (1 108 km) | 2 847 milles (4 555 km) |
| Rail | 575 milles (920 km) | 1 903 milles (3 045 km) | 717 milles (1 147 km) | 3 194 milles (5 110 km) |

Approche de l'étude et sources de données

Pour notre analyse de l'impact sur la qualité de l'air, nous avons utilisé des sources de données existantes relatives aux déplacements des camions et des trains dans le couloir Mexico-Montréal, ainsi que des informations sur les postes frontaliers. Ces données ont été extraites de différentes sources dans ce couloir. Les principales sources de données sur le transport routier et ferroviaire provenaient du Freight Analysis Framework (FAF et FAF²) de la FHWA. Au Canada, l'information utilisée pour les estimations provenait de Transports Canada (débit des camions) et de la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada. Au Mexique, l'information incluait les données sur le débit des camions fournies par le *Secretaría de Comunicaciones y Transportes* (SCT, Ministère des communications et des transports) et l'*Instituto Mexicano de Transporte* (IMT, Institut mexicain des transports). Les autres sources de données étaient le Bureau of Transportation Statistics (BTS), la National Transportation Atlas Database (NTAD), l'organisme North American Transborder Freight Data et d'autres bases de données sur les chemins de fer et le transport de marchandises.

Couloir routier et ferroviaire Mexico-Montréal



Figure 1. Couloir routier et ferroviaire Mexico-Montréal

Nous avons choisi deux années pour notre analyse : 2010 est l'année de base et 2035, l'année de projection, et l'analyse est largement basée sur l'accessibilité des données. Nous avons préféré 2010 pour l'année de base à l'année correspondant aux données récentes (2008/2009), en raison de l'actuel ralentissement économique, qui pourrait avoir un effet sur les activités de transport de marchandises.

Pour commencer, nous avons défini les principales caractéristiques des méthodes d'estimation des émissions provenant des camions et des locomotives. En général, pour quantifier les effets sur la qualité de l'air des activités de transport de marchandises, il faut disposer d'information sur les flux de marchandises et les taux d'émission par unité d'activité; or, les méthodes d'estimation pour chaque mode de transport nécessitent différentes données. Mais surtout, les données disponibles relatives au transport routier de marchandises et aux taux d'émission sont beaucoup plus détaillées et beaucoup plus précises. Le **tableau 3** décrit les principales données nécessaires à l'analyse de la qualité de l'air dans un couloir de transport routier et ferroviaire de marchandises.

Tableau 3. Données nécessaires à l'analyse de la qualité de l'air dans un couloir de transport de marchandises

| Route | Rail |
|---|--|
| <p>Activité de transport</p> <ul style="list-style-type: none"> - Milles-véhicule parcourus (MVP) chaque année pour chaque section, estimés à partir du volume annuel - Nombre de camions et volumes transportés par année aux points d'entrée - Caractéristiques du parc de véhicules, incluant l'âge des camions et la part des MVP - Vitesse moyenne des camions franchissant les points d'entrée aux États-Unis | <p>Activité de transport</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flux annuel de marchandises entre chaque paire de lieux principaux d'origine-de destination, en tonnes-milles |
| <p>Taux d'émission</p> <ul style="list-style-type: none"> - Taux d'émission de gaz d'échappement regroupés, basé sur l'immatriculation des véhicules et sur le modèle MOBILE6.2 - Mesures des émissions à l'aide d'équipement portatif (PEMS) | <p>Taux d'émission</p> <ul style="list-style-type: none"> - Taux d'émission de gaz d'échappement basés sur les taux moyens nationaux |

Nous avons regroupé les données afin de documenter les flux de marchandises le long du couloir Mexico-Montréal. Nous avons utilisé les données du FAF de la FHWA pour les marchandises transportées par camion et par train sur le segment américain du couloir. L'information sur le réseau routier et ferroviaire que contient le FAF est présentée sous forme

d'ensembles de données du Système d'information géographique (SIG). Le FAF contient les deux principaux ensembles de données suivants³² :

- Données sur les routes de liaison et les camions
- Données sur l'origine/la destination des marchandises

La version actuelle des données sur les routes de liaison et les camions du FAF (baptisée FAF² Highway Link and Truck Data) contient des estimations des flux de marchandises pour 2002 et 2007, et pour la période allant de 2010 à 2035, par tranches de cinq ans; par contre, les estimations du débit de camions sur les routes de liaison ne sont données que pour 2002 et 2035. L'équipe de chercheurs a obtenu ces données pour l'année de base (2010) à partir des versions précédentes de la base de données FAF. La base de données Highway Link and Truck indique la longueur des camions et le volume des marchandises, ainsi que le volume transporté par des camions autres que des camions de marchandises pour chaque route de liaison, et d'autres informations comme la capacité de chaque section, la vitesse aux points de congestion et les retards estimés pour chaque route de liaison. Nous avons utilisé les volumes transportés par les camions et leur longueur pour estimer les MVP totaux des camions pour environ 1 200 routes de liaison du couloir à l'étude aux États-Unis.

Les données sur le transport ferroviaire de marchandises entre les grandes villes américaines ont été extraites des données FAF et FAF² sur l'origine et la destination des marchandises. Cette base de données indique la valeur et le poids estimatifs des marchandises expédiées, par type de produit et par mode de transport entre 114 zones urbaines des États-Unis et au sein de celles-ci. Elle indique également les flux de marchandises vers ces 114 zones et en provenance de celles-ci, et vers 17 portes et corridors internationaux en provenance de 7 régions commerciales internationales³³. Nous avons utilisé le tonnage et la longueur des trains pour calculer le tonnage total par unité de distance pour chaque section du couloir ferroviaire américain³⁴.

Le Texas Transportation Institute (TTI) obtient régulièrement des données sur l'immatriculation des véhicules au Texas. Il les utilise pour dresser des inventaires régionaux des émissions. En plus du nombre de véhicules immatriculés par classe de véhicule, ces données donnent une estimation du kilométrage moyen parcouru par chaque véhicule d'une année modèle donnée et appartenant à une classe donnée. Parce que la majorité des volumes transportés autres que des marchandises indiqués dans le FAF sont associés à des services régionaux et locaux, nous supposons que ce sont tous de gros camions diesel de classe 6 (camions dont le poids nominal brut [PNBV] est compris entre 19 501 et 26 000 lb). On considère que toutes les marchandises transportées par des camions sont acheminées par de gros camions diesel de classe 8b (PNBV de 33 000 lb ou plus). Nous supposons en outre que tous les camions empruntant le couloir à l'étude ont les mêmes caractéristiques que les camions du Texas en ce qui concerne la diversité du parc de véhicules. De plus, nous avons calculé le rythme de croissance des flux de marchandises transportées par camion et par train entre 2002 et 2010, et les projections pour 2002 à 2035 à l'aide de la base de données FAF.

³² FHWA, *FAF² Highway Link and Truck Data and Documentation: 2002 and 2035, Freight Analysis Framework*, <http://www.ops.fhwa.dot.gov/freight/freight_analysis/faf/faf2_high.htm>.

³³ FHWA, *FAF² Commodity Origin-Destination Data and Documentation: 2002-2035, Freight Analysis Framework*, <http://www.ops.fhwa.dot.gov/freight/freight_analysis/faf/faf2_com.htm>.

Dans la version originale de ce rapport, TTI a utilisé le tonnage métrique par mile dans ses cartes d'émission. Cependant, puisque dans le présent rapport, on s'adresse à un auditoire trinational, la CCE a converti les données en tonnes métriques par kilomètre.

Nous les avons ensuite appliqués à l'estimation du futur volume de transport sur long parcours et du tonnage transporté par rail dans les couloirs canadiens et mexicains, tout en supposant que le volume de marchandises transportées par camion et par train augmentent de la même façon dans le couloir à l'étude, au Canada, aux États-Unis et au Mexique.

Méthode d'estimation des émissions

Estimation des émissions imputables au transport routier de marchandises

La **figure 2** présente un ordiogramme décrivant le processus d'estimation des émissions des camions le long du couloir à l'étude. Nous avons utilisé le modèle MOBILE6.2 de l'EPA pour obtenir les facteurs d'émissions associés aux camions transportant ou non des marchandises. Les émissions de NO_x, de CO, de PM₁₀ et de CO₂, ainsi que les émissions d'hydrocarbures totaux, sont incluses dans cette analyse. Étant donné que ce couloir traverse des zones urbaines, nous avons supposé qu'il y avait deux vitesses de conduite pour l'analyse (55 mph dans les zones urbaines et 65 mph dans les zones rurales), et nous avons considéré que les taux d'émission varieraient en conséquence. Ces hypothèses n'incluent pas de façon explicite l'impact de périodes prolongées passées au ralenti et des congestions locales, mais produisent des résultats à la résolution requise pour une étude relative à un couloir. Nous avons établi la classification des zones en zones urbaines ou rurales à partir de l'ensemble de données du système d'information géographique FAF. Nous avons obtenu les taux d'émission en grammes par mille (g/mi) pour ces deux vitesses pour toutes les années modèles en nous basant sur les hypothèses suivantes :

- années d'analyse : 2010 et 2035;
- conditions ambiantes par défaut;
- tous les camions visés par l'analyse sont alimentés au diesel à faible teneur en soufre – maximum de 15 parties par million (ppm).

Nous avons regroupé les taux d'émission détaillés issus du modèle MOBILE6.2 pour obtenir un ensemble de taux moyens d'émissions pour le parc de camions empruntant le couloir Mexico-Montréal. Nous avons pondéré les taux d'émission en fonction de la répartition de l'âge des véhicules et de l'estimation correspondante des milles parcourus par année pour obtenir les taux d'émission regroupés. Nous avons appliqué ces taux aux valeurs des MVP des camions de marchandises pour obtenir les émissions totales par mille pour chaque section du couloir. Les résultats ont ensuite été transformés en cartes du SIG aux fins de présentation.

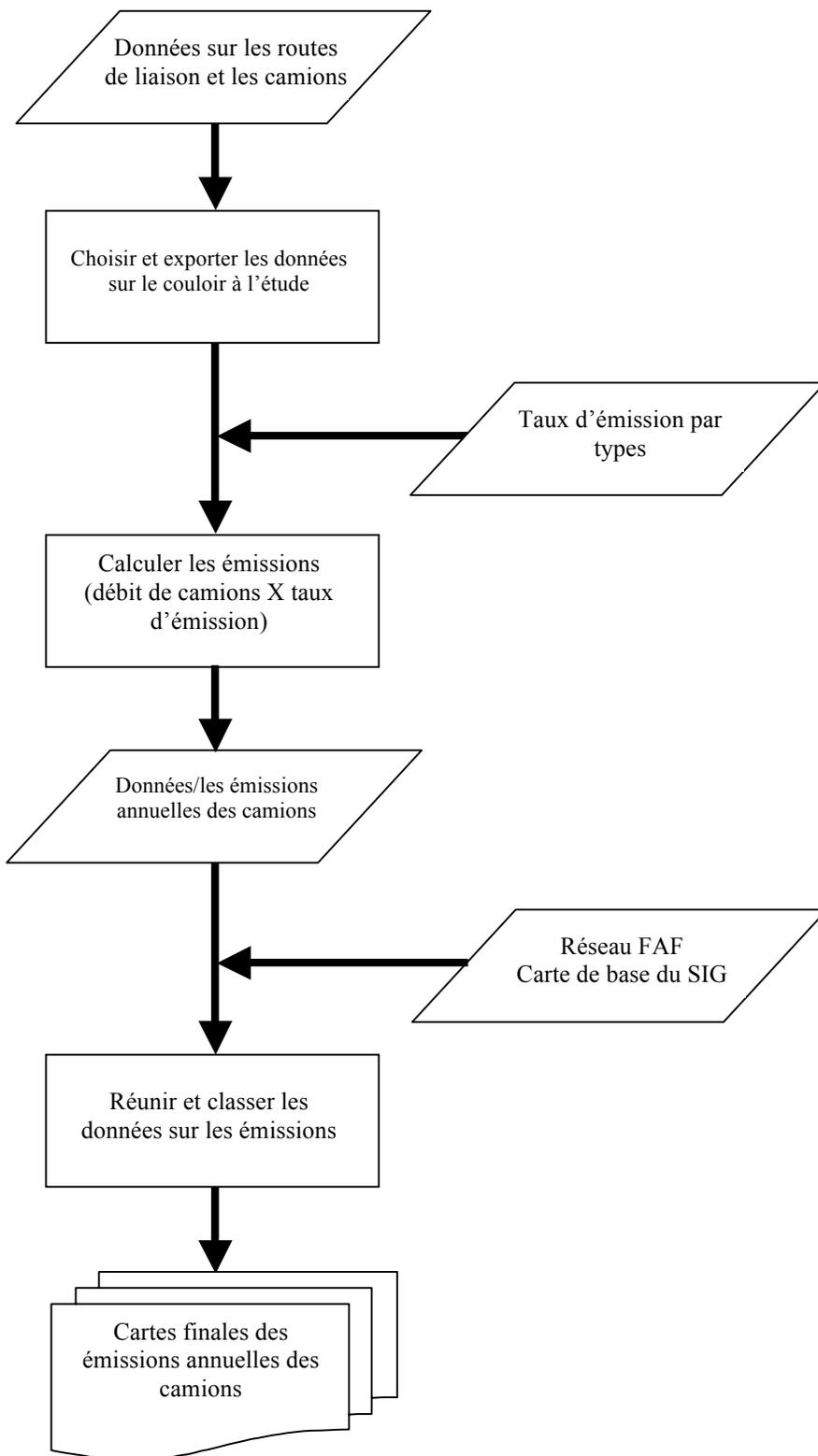


Figure 2. Processus d'analyse des émissions annuelles des camions dans le couloir Mexico-Montréal

Estimation des émissions imputables au transport ferroviaire de marchandises

La **figure 3** présente un ordinogramme décrivant le processus d'estimation des émissions des locomotives dans le couloir à l'étude. Les données sur les activités de transport ferroviaire marchandises ont été extraites de la base de données FAF² sur l'origine et la destination des marchandises aux États-Unis. Nous avons estimé le volume de marchandises transportées par rail dans les sections mexicaine et canadienne du couloir à partir de l'information disponible, et nous l'avons aligné sur les totaux des postes frontaliers. Les estimations de la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada³⁵, du SCT et de l'IMT pour le Mexique ont servi de données de base.

Pour la section américaine, seules les compagnies de chemin de fer de classe I sont incluses dans l'analyse, car elles transportent plus de 90 % des tonnes-milles circulant sur les voies ferrées américaines et consomment près de 95 % du carburant utilisé par toutes les compagnies de chemin de fer aux États-Unis³⁶. Cette base de données fournit une estimation du tonnage et de la valeur des marchandises expédiées, par type de produit et par mode de transport, entre 114 zones urbaines des États-Unis et au sein de celles-ci, et vers 7 régions commerciales internationales et en provenance de celles-ci. Nous avons extrait ces données pour l'année de base (2010) et l'année de projection (2035) pour chaque paire de lieux d'origine-de destination dans le couloir à l'étude.

La méthode standard d'estimation des émissions des locomotives est basée sur leur consommation de carburant. Les taux d'émission sont exprimés en grammes de polluants par gallon de carburant utilisé par le moteur. En vertu des normes de l'EPA visant les locomotives, les moteurs fabriqués à partir de 2005 doivent produire 59 % de NO_x de moins que les niveaux antérieurs à 2002. Ces normes exigent également des émissions inférieures de 40 % au niveau antérieur à 2002 pour les hydrocarbures et les particules. Les actuelles normes de l'EPA n'incluent pas de dispositions visant les futures émissions de CO et de CO₂, comme l'illustrent les taux correspondant prévus au **tableau 4**. Comme pour les émissions des camions, nous avons calculé les résultats pour les sections du couloir, puis nous les avons transformés en cartes du SIG aux fins de présentation.

Tableau 4. Facteurs d'émissions moyens des locomotives

| Facteurs d'émissions (grammes/gallon) | | | | | |
|---------------------------------------|------|------|-----------------|------------|-----------------|
| Année | HC | CO | NO _x | Particules | CO ₂ |
| 2010 | 9,2 | 27,4 | 163,7 | 5,7 | 10 084 |
| 2035 | 6,42 | 27,4 | 102,254 | 4,08 | 10 084 |

Note : Nous avons obtenu les taux d'émission pour l'année de base à partir des National Freight Transportation Trends and Emissions de la FHWA

<http://www.fhwa.dot.gov/environment/transport_de_marchandisesaq/chapter2.htm#s2_3>. Pour l'année de projection (2035), on suppose que les moteurs de toutes les locomotives en service seront conformes aux normes susmentionnées.

³⁵ Canadien National, Investor Fact Book, 2009 <<http://www.cn.ca/documents/Investor-Factbook-current/DensityMap.pdf>>.

³⁶ North American Transborder Freight Database, <www.bts.gov, consulté le 5 août 2007>.

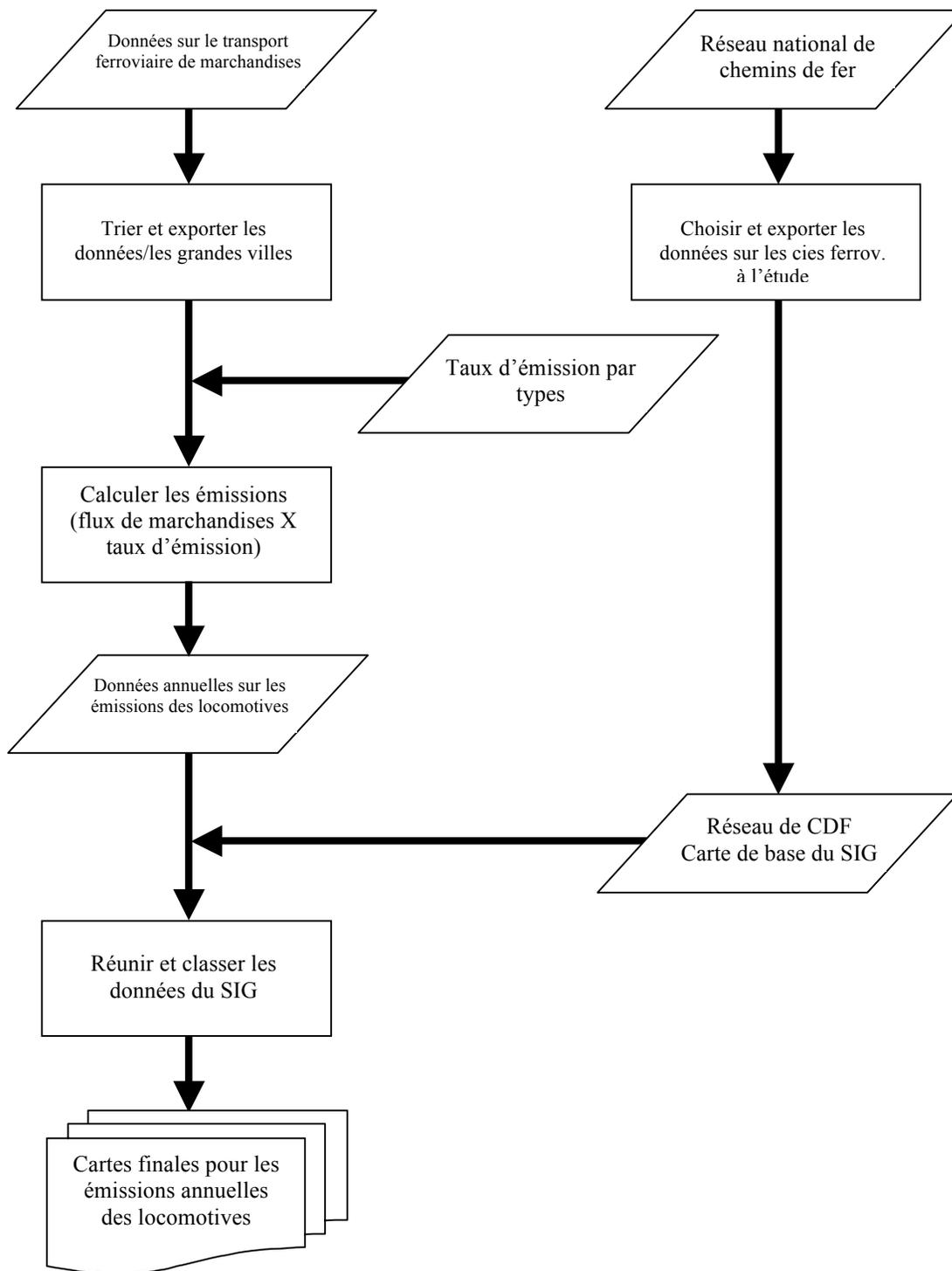


Figure 3. Processus d'analyse des émissions annuelles des locomotives dans le couloir Mexico-Montréal

Résultats de l'analyse

Les **figures 4 à 13** illustrent les résultats de l'analyse des émissions de CO₂, CO, NO_x, hydrocarbures totaux et les particules sous forme de cartes du SIG. On peut voir sur ces cartes les principales caractéristiques du couloir, notamment les zones urbaines. Les niveaux d'émissions sont indiqués par des codes de couleur, les zones ombrées plus foncées représentant les sections où le niveau d'émissions est plus élevé. Le volume d'émissions de CO₂ est de deux à trois fois plus élevé que pour les autres polluants; c'est pourquoi nous avons adopté l'unité « kilotonne par kilomètre » pour le CO₂, plutôt que « tonne métrique par kilomètre », utilisé pour le CO, les NO_x, les hydrocarbures totaux et les particules.

Le **tableau 5** résume le volume total annuel de polluants pour l'année de base et l'année de projection imputable au transport routier et ferroviaire de marchandises dans le couloir. Ces résultats n'incluent pas les activités de transport transfrontalier sur courte distance à Laredo (factage). Ce type d'activité est décrit à la section suivante. Les résultats pour l'année de base révèlent que les camions produisent de plus grandes quantités de tous les polluants. Toutefois, la part de certains polluants (p. ex., les NO_x et les particules) émis par les locomotives va augmenter d'ici 2035. De son côté, le CO₂ devrait faire exception. Les camions émettent plus de 75 fois plus de CO₂ que les locomotives en 2010 (année de base). En 2035, les émissions totales de CO₂ imputables aux deux modes de transport seront plus élevées qu'en 2010, mais l'augmentation de la part des camions sera plus importante : on prévoit en effet qu'en 2035, les camions émettront plus de 110 fois plus de CO₂ que les locomotives. Étant donné que le CO₂ est le produit direct de la combustion du carburant, la consommation de carburant devrait donc suivre la même tendance. En raison des limites imposées par la composition des données disponibles, on ne sait pas vraiment quelle proportion de l'augmentation relative des émissions des camions et de la réduction des émissions des locomotives sera respectivement attribuable aux changements de mode, aux progrès technologiques et à l'augmentation globale du volume de transport de marchandises. Il ne fait aucun doute que d'autres recherches plus poussées produiront plus de résultats à propos de ces enjeux.

Globalement, les résultats indiquent que les stratégies de réduction des émissions visant les camions vont entraîner une forte réduction des émissions de polluants courants (CO, NO_x et particules). Par contre, on prévoit en général une augmentation des émissions des locomotives d'ici 2035, imputable au fait que les normes d'émissions applicables aux locomotives seront sans doute moins strictes que celles qui viseront les camions, et aux longues périodes nécessaires à la mise en application de ces normes.

Tableau 5. Volume annuel d'émissions imputables aux flux de marchandises dans le couloir Mexico-Montréal

| | Année | Émissions annuelles | | | | |
|-------------|-------|--|-----------------------------|--|---|-------------------------------------|
| | | CO ₂ (kilotonnes, kt) | CO (tonnes métriques) | NO _x (tonnes métriques) | HC totaux ³⁷ (tonnes métriques) | Particules (tonnes métriques) |
| Camions | 2010 | 13 508 | 10 746 | 76 733 | 2 231 | 713 |
| | 2035 | 32 218 | 4 209 | 17 015 | 3 730 | 217 |
| Locomotives | 2010 | 177 | 480 | 2 866 | 161 | 100 |
| | 2035 | 278 | 756 | 2 821 | 177 | 113 |

Note : Nous avons obtenu les taux d'émission pour l'année de base à partir des National Freight Transportation Trends and Emissions de la FHWA <http://www.fhwa.dot.gov/environment/freightaq/chapter2.htm#s2_3>. Pour l'année de projection (2035), on suppose que les moteurs de toutes les locomotives en service seront conformes aux normes susmentionnées.

Il faut savoir que les estimations d'émissions futures de polluants courants dépendent largement des futures normes qui viseront les moteurs, des futures technologies de réduction des émissions et de leur taux de pénétration du marché. On prévoit que le diesel demeurera la principale source d'énergie pour les camions et les locomotives, et que les progrès technologiques ne réduiront la consommation des véhicules (établie par le modèle MOBILE6.2) que de façon marginale; on peut donc considérer que les estimations d'émissions futures de CO₂ sont relativement fiables et exactes.

³⁷ Pour nous aligner sur l'analyse des postes frontaliers, nous présentons les résultats relatifs aux émissions d'hydrocarbures totaux (HT), plutôt que de composés organiques volatils (COV). Selon l'EPA, 95 % des COV produits par les moteurs diesel constituent des émissions d'HT (<http://www.epa.gov/OMS/models/nonrdmdl/nonrdmdl2005/420r05015.pdf>).

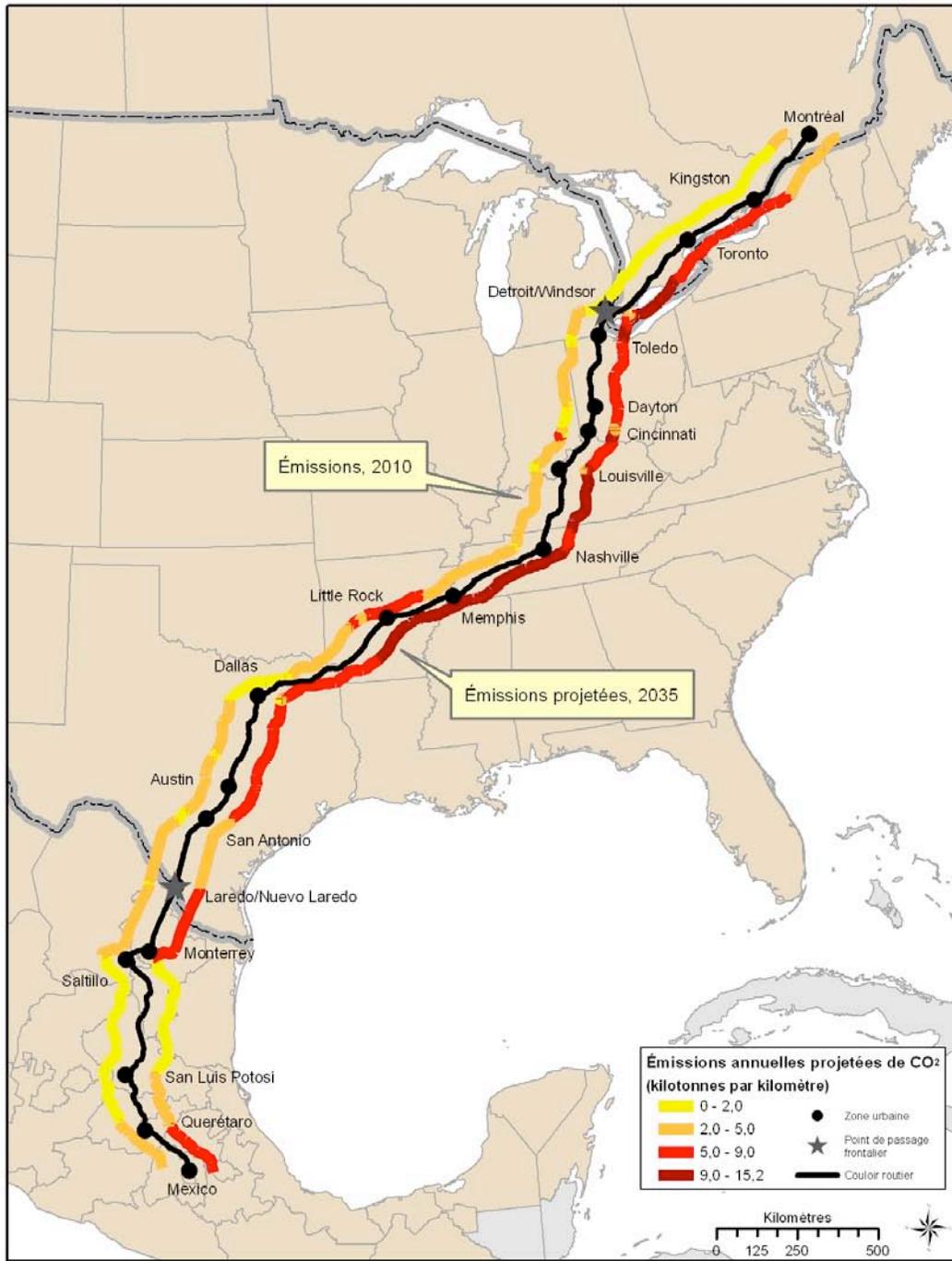


Figure 4. Estimation des émissions de CO₂ imputables au transport routier, 2010 et 2035

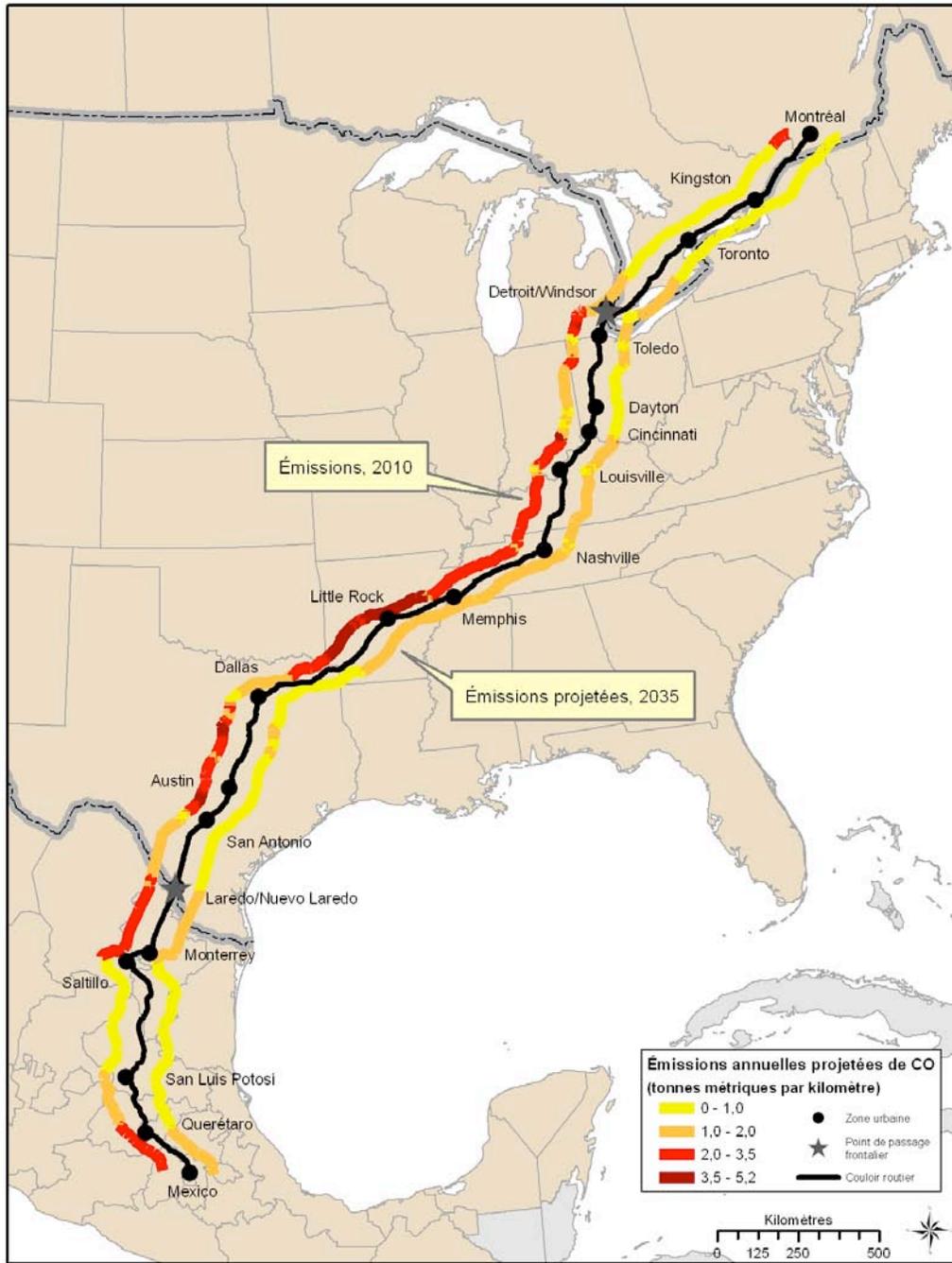


Figure 5. Estimation des émissions de CO₂ imputables au transport routier, 2010 et 2035

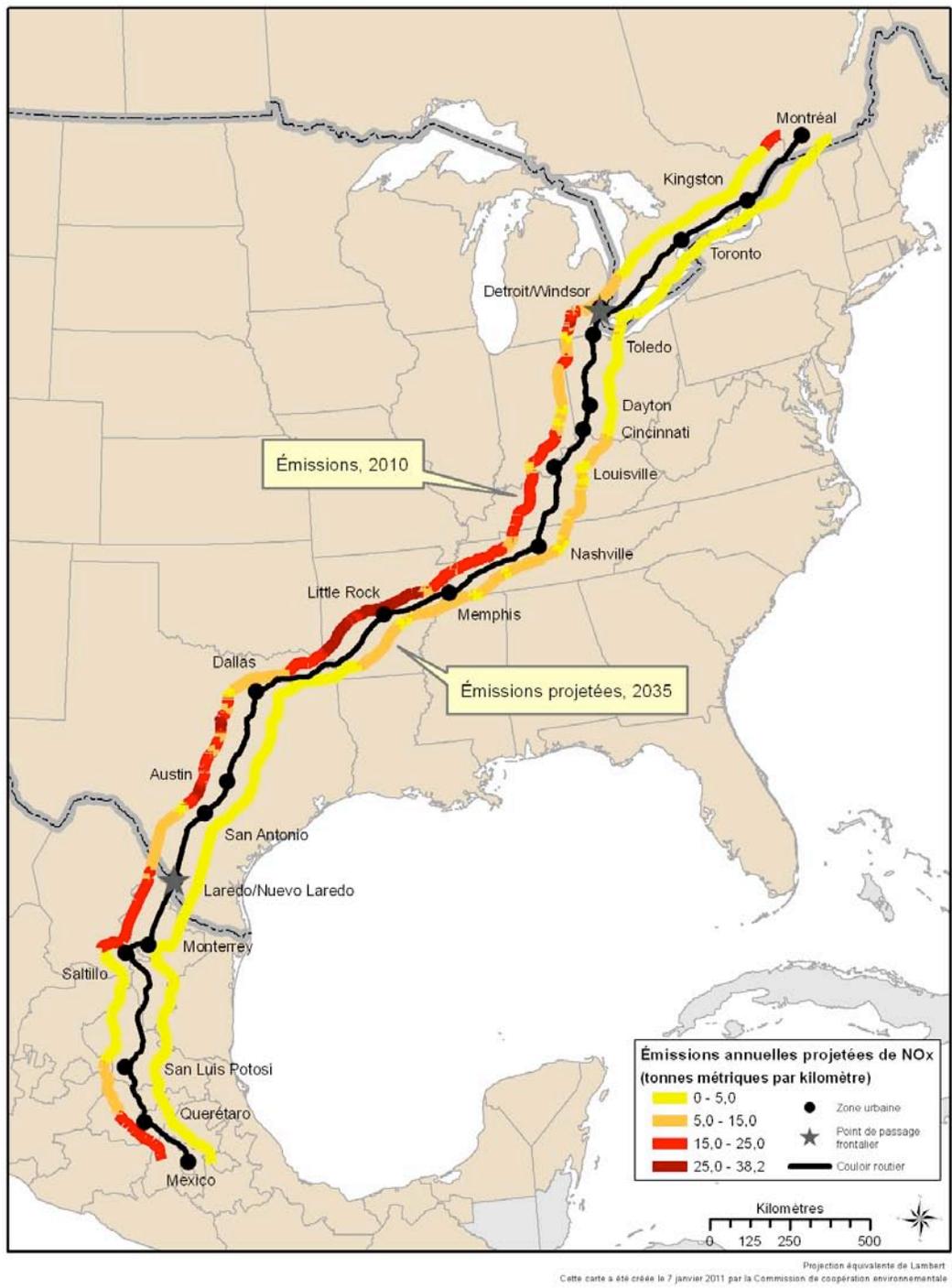


Figure 6. Estimation des émissions de NO_x imputables au transport routier, 2010 et 2035

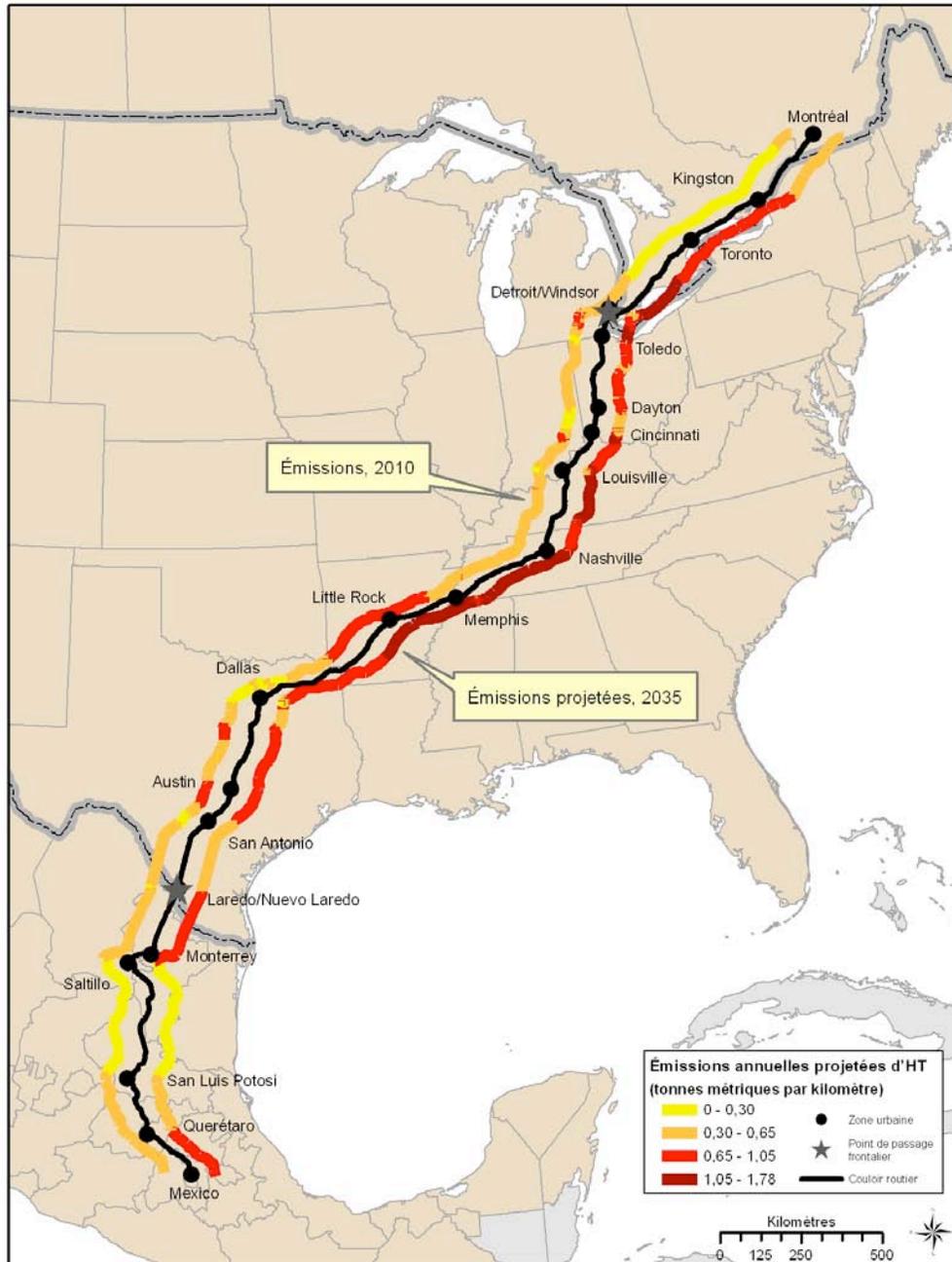


Figure 7. Estimation des émissions d'HT (hydrocarbures totaux) imputables au transport routier, 2010 et 2035

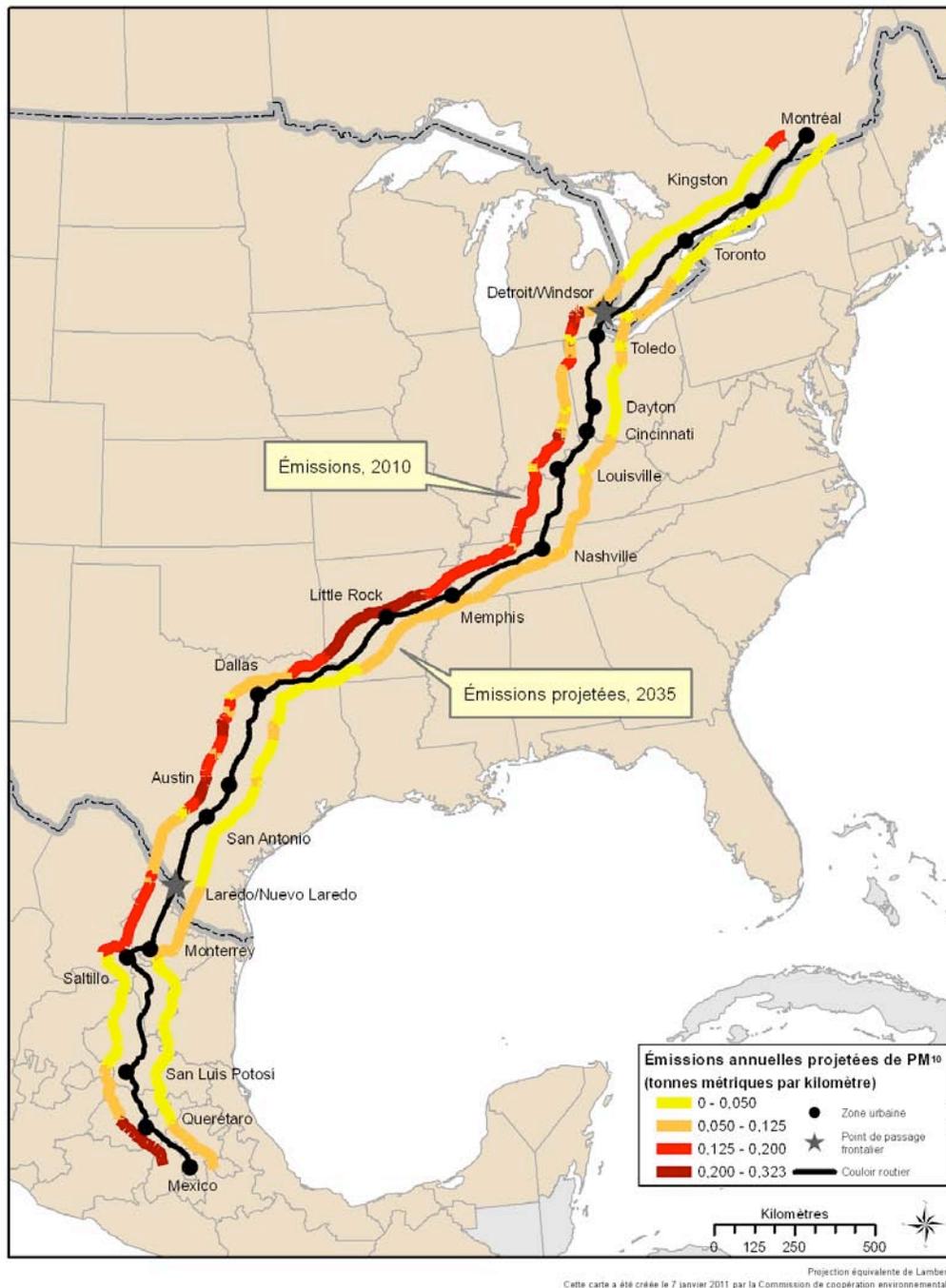


Figure 8. Estimation des émissions de PM₁₀ imputables au transport routier, 2010 et 2035

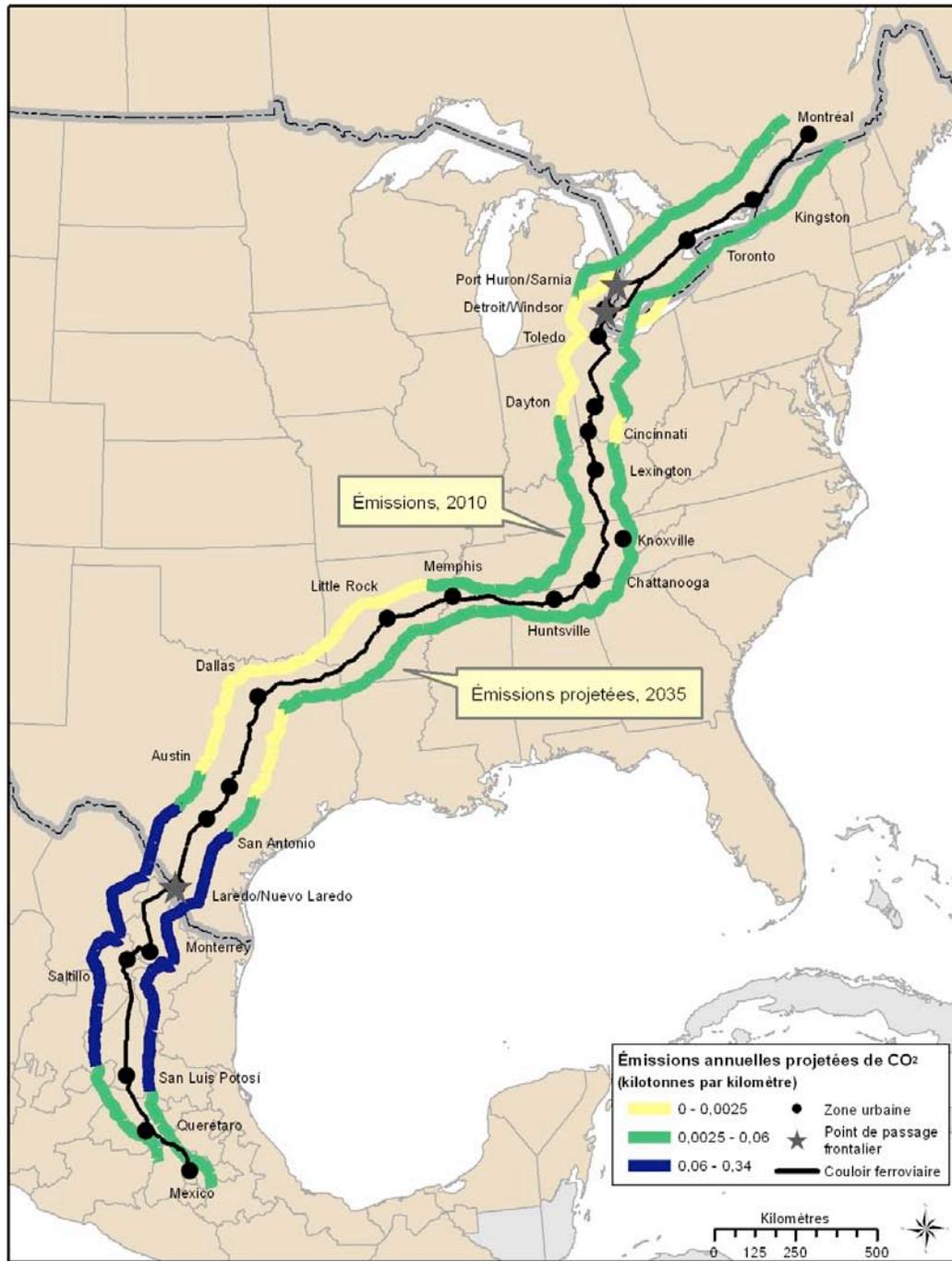
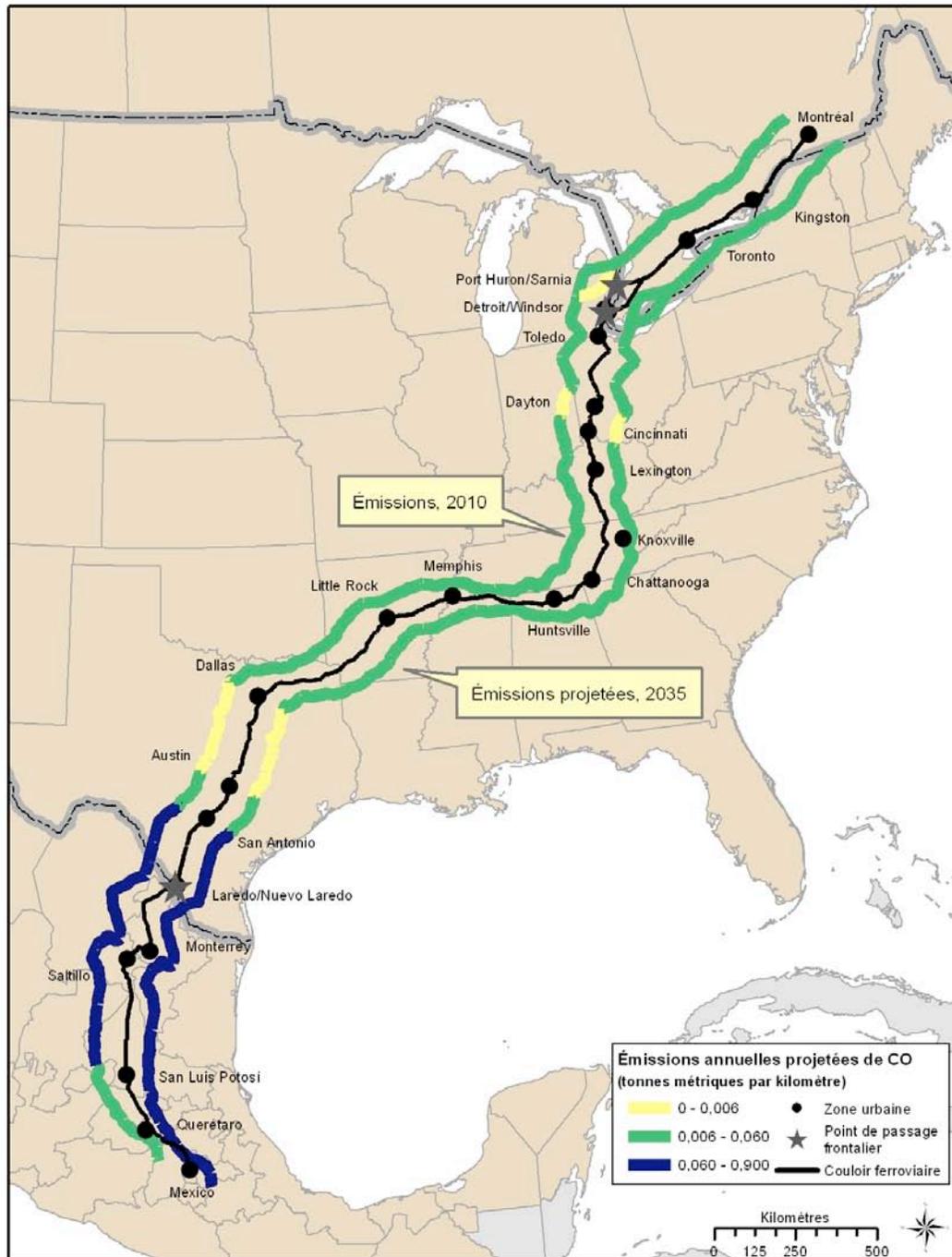


Figure 9. Estimation des émissions de CO₂ imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035



Projection équivalente de Lambert
 Cette carte a été créée le 10 janvier 2011 par la Commission de coopération environnementale

Figure 10. Estimation des émissions de CO imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035



Projection équivalente de Lambert
 Cette carte a été créée le 11 janvier 2011 par la Commission de coopération environnementale

Figure 11. Estimation des émissions de NO_x imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035

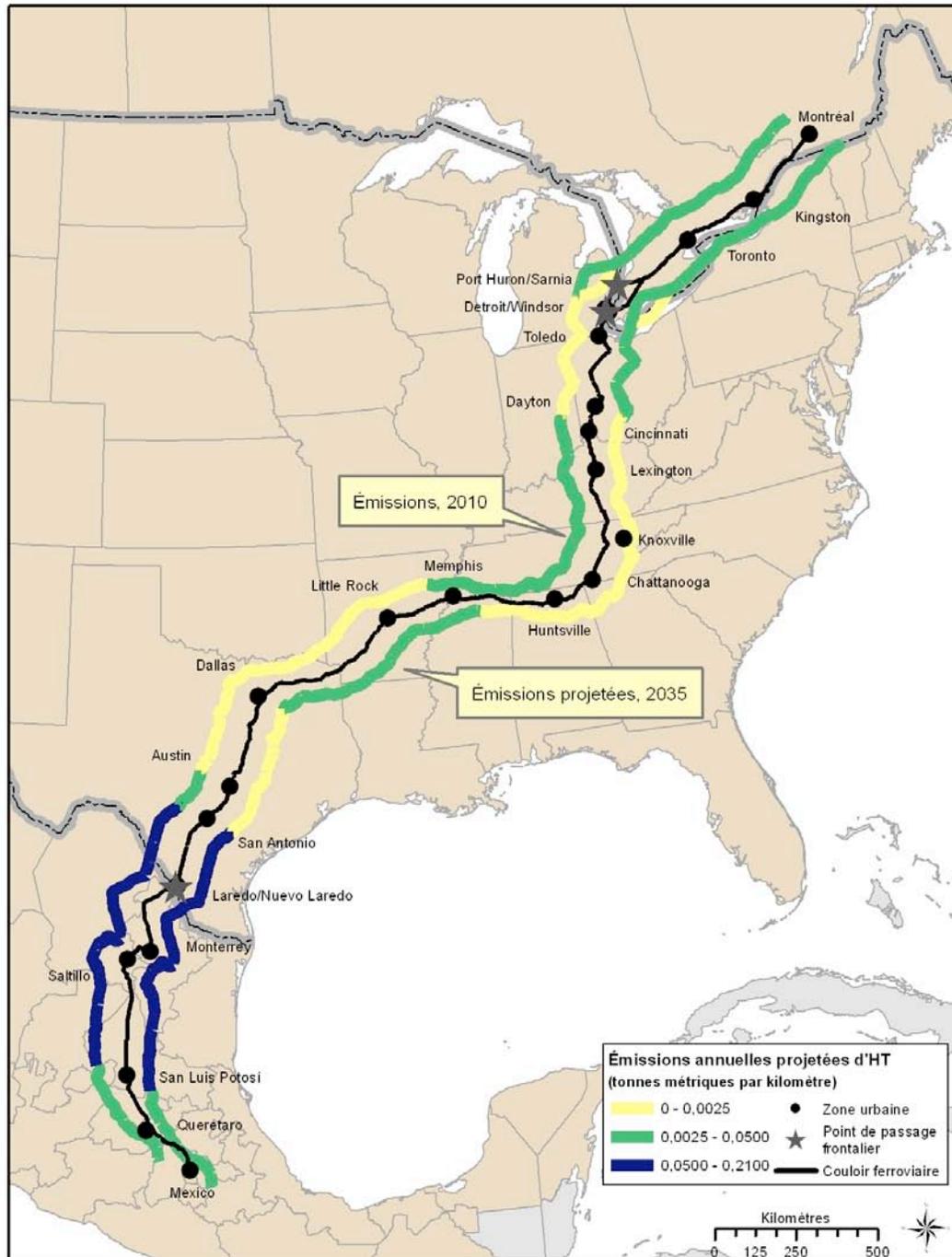
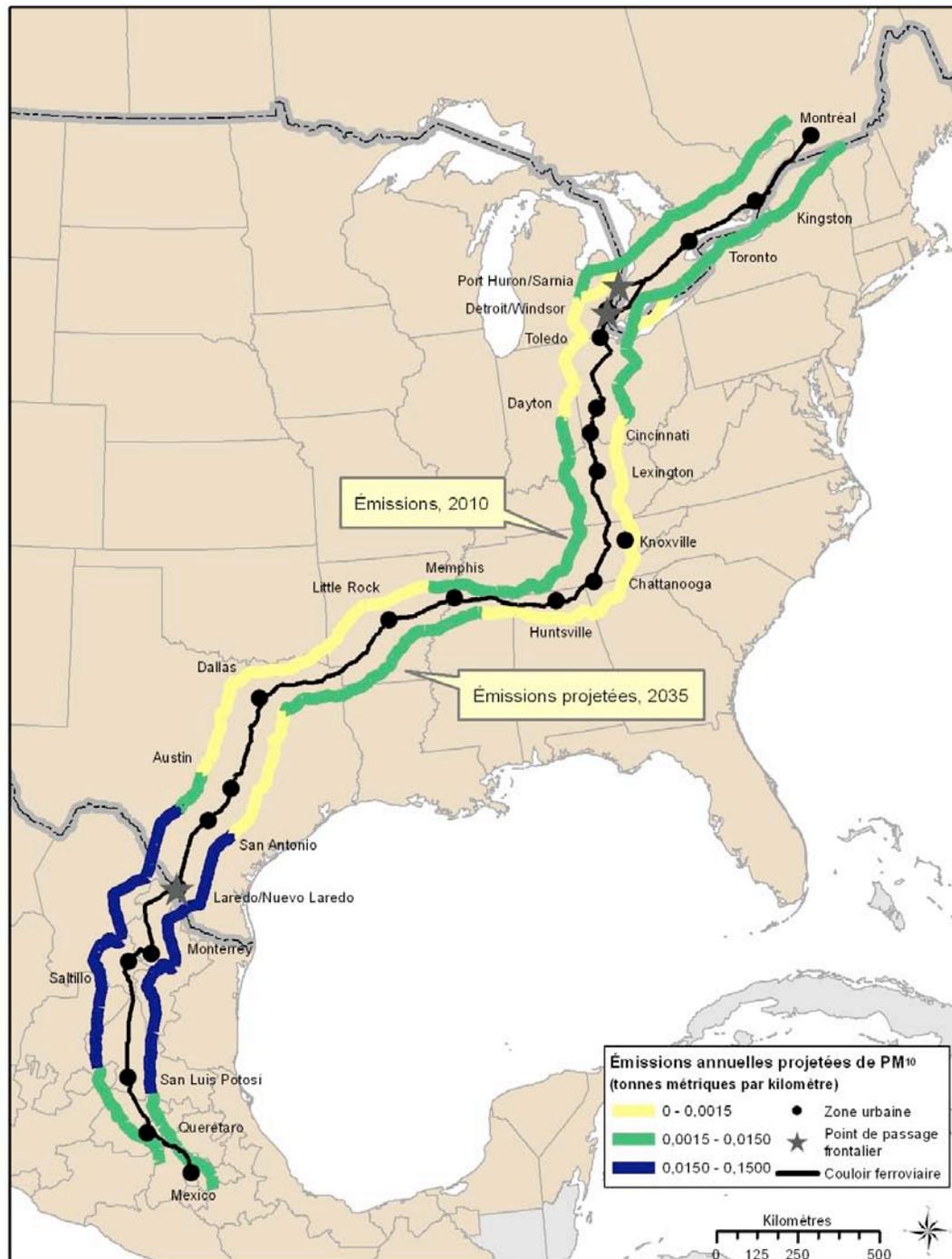


Figure 12. Estimation des émissions d’HT imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035



Projection équivalente de Lambert
 Cette carte a été créée le 11 janvier 2011 par la Commission de coopération environnementale

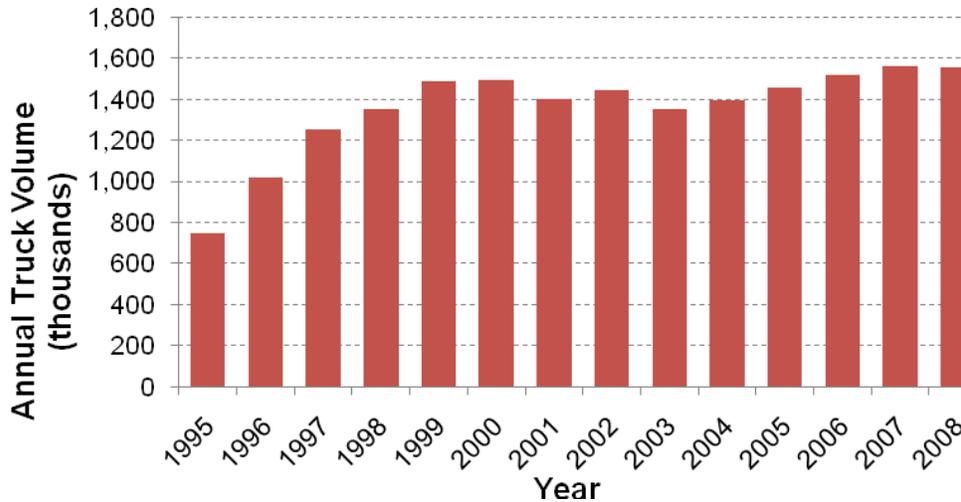
Figure 13. Estimation des émissions de PM₁₀ imputables au transport ferroviaire, 2010 et 2035

Estimation des émissions imputables aux activités de transport de marchandises aux postes frontaliers

Les activités de transport de marchandises sur courtes distances sont principalement concentrées aux postes frontaliers; c'est ce qu'on appelle communément le factage. En ce qui concerne le couloir à l'étude, les émissions imputables aux camions franchissant la poste frontalière de Laredo sont très importantes, car il s'agit d'un poste de premier plan, et les rares postes frontaliers accessibles aux camions mexicains qui entrent aux États-Unis génèrent davantage de factage et de déplacements de camions vides. Même si l'on observe des bouchons de camions à la frontière canado-américaine, les niveaux de congestion à la frontière mexicano-américaine sont beaucoup plus importants; cette section porte donc uniquement sur cette frontière. Toutefois, la méthodologie présentée ici peut s'appliquer à tous les postes frontaliers.

La majorité des camions qui franchissent la frontière entre le Mexique et les États-Unis font du factage. Actuellement, les transporteurs routiers mexicains limitent leurs opérations aux États-Unis à une zone commerciale étroite qui s'étend jusqu'à 30 kilomètres de la frontière. C'est pourquoi les camions mexicains transportant des marchandises vers les États-Unis doivent utiliser un tracteur de factage ou de transfert. Les camions de factage récupèrent du côté mexicain des remorques se dirigeant vers le Nord et les transportent jusqu'à la zone commerciale américaine, où elles sont transférées sur un camion américain, lequel les transporte jusqu'à leur destination finale.

Nous avons trouvé sur le site Web du BTS (voir la note en bas de page 21) le nombre total de camions qui franchissent la frontière américaine chaque année à chaque point d'entrée. La **figure 14** illustre ces données pour le point d'entrée de Laredo. Les données les plus récentes portant sur la circulation durant une année complète (2008) révèlent une baisse du nombre de camions par rapport à 2007. Durant les deux premiers mois de 2009, cette tendance s'est maintenue en raison de la poursuite de la récession. En supposant que le nombre de camions durant l'année de base (2010) va atteindre approximativement le niveau de 2007, nous avons utilisé le nombre de camions enregistré en 2007 aux postes frontaliers pour nos calculs. Nous avons estimé le nombre de camions pour 2035 en appliquant le taux de croissance du nombre de camions prévu par le FAF² de la FHWA entre 2010 et 2035.



Source : US Bureau of Transportation Statistics.

Figure 14. Nombre de camions franchissant chaque année le poste frontalier de Laredo (Texas) pour entrer aux États-Unis

Pour la présente étude, nous avons utilisé les données sur les estimations d'émissions et la méthodologie extraites d'une étude de 2007 du TTI, qui portait sur la qualité de l'air à la frontière américano-mexicaine. Cette méthodologie s'appuyait sur les données recueillies dans le cadre de deux études du TTI déterminant les émissions des camions mexicains et des camions en général. La première des deux études a utilisé un échantillon de dix camions mexicains. On a fait effectuer à chaque camion un cycle de conduite sur de longues distances et un cycle de factage avec une remorque qui avait été chargée de marchandises d'un poids bien précis. Les données sur les émissions ont été recueillies à l'aide d'un équipement portatif de mesure des émissions (PEMS). Dans le cadre de la deuxième étude, les tests d'émissions à grande vitesse ont été effectués sur la piste d'essais du Pecos Research and Testing Center (RTC), près de Pecos, au Texas. Les données sur les émissions ainsi recueillies ont permis d'élaborer une série de modèles instantanés d'émissions à la seconde.

Nous avons établi la méthode d'analyse permettant d'estimer l'impact total des camions mexicains sur la qualité de l'air en combinant ces modèles d'émissions à la seconde aux données sur les émissions des camions mexicains. La méthodologie ainsi établie combinait de façon systématique les données sur les émissions produites par l'échantillon de camions mexicains, les résultats des modèles d'émissions à la seconde, les données sur la circulation de camions utilitaires, les modèles de conduite basés sur les activités extraits d'un ensemble de données obtenues par GPS, et la répartition des camions selon l'âge. La figure 17 montre la répartition selon l'âge des camions de factage mexicains franchissant le poste de Laredo (en 2006).

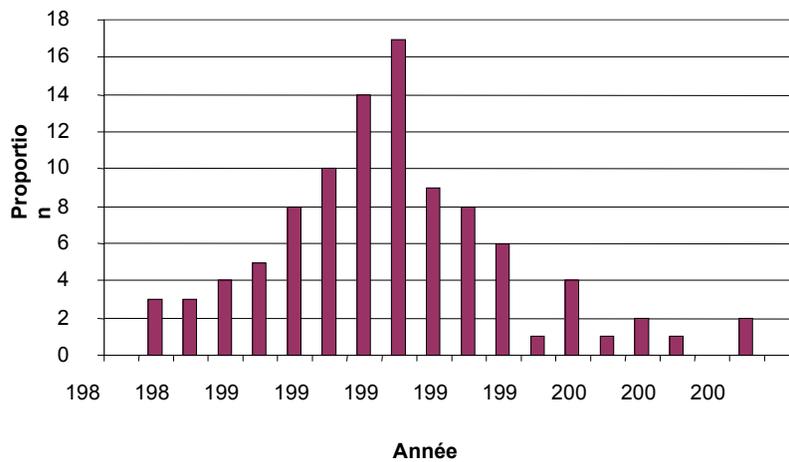


Figure 15. Fréquence du passage de camions de factage par année modèle, basée sur l'étude de 2006 du TTI

Nous avons modifié les taux d'émission prévus pour 2035 afin de tenir compte des changements que vont subir les normes d'émissions visant les camions de gros tonnage. Nous avons supposé que l'évolution en pourcentage des émissions des camions mexicains serait la même que pour les camions américains, en raison de l'amélioration des technologies appliquées aux moteurs et d'un nouveau parc de véhicules. En nous appuyant sur le nombre de camions prévu pour 2010 et 2035, nous nous sommes basés sur cette hypothèse pour estimer l'impact sur la qualité de l'air des camions de factage mexicains traversant la frontière à Laredo (**Figure 16**).

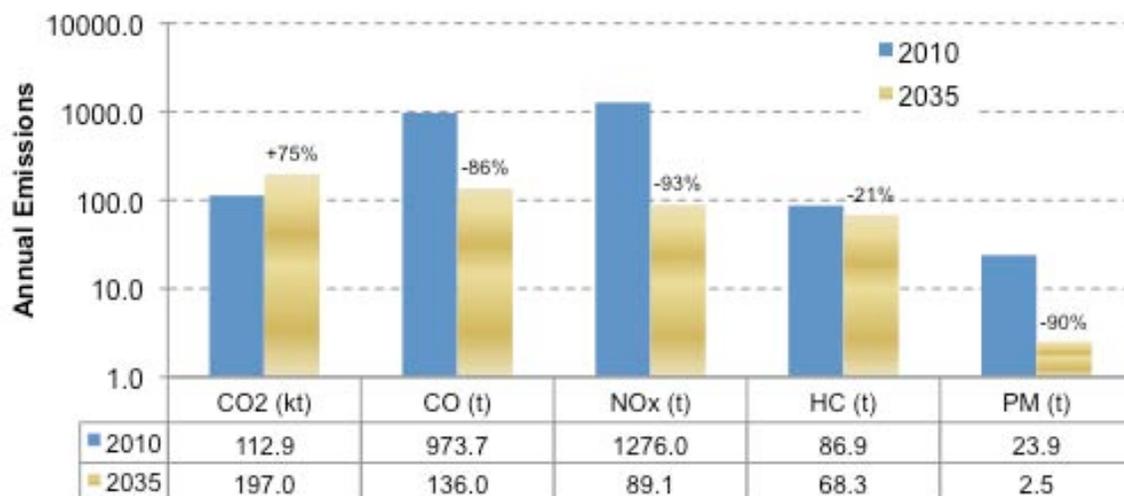


Figure 16. Émissions annuelles au point d'entrée de Laredo

Cette figure montre que le poste frontalier de Laredo est une importante source d'émissions, surtout si on le compare aux émissions imputables aux flux de marchandises dans l'ensemble du couloir. Il faut noter que ces émissions sont largement imputables aux retards et aux congestions à la frontière, et ne sont pas vraiment dus aux flux réels de marchandises. Ainsi, l'amélioration des processus de franchissement des postes frontaliers et des infrastructures connexes peut avoir un impact significatif sur les émissions globales imputables au transport de marchandises dans un couloir.

ENJEUX, DÉFIS ET POSSIBILITÉS

La présente section, qui s'appuie sur les observations des sections précédentes, va examiner la portée de l'analyse, les besoins en données et les sources de données accessibles, afin de déterminer les effets sur la qualité de l'air et sur les changements climatiques des flux de marchandises dans les principaux couloirs de transport, ainsi que les stratégies d'atténuation de ces effets.

Portée de l'analyse et polluants atmosphériques

La présente étude met l'accent sur les émissions provenant des gaz d'échappement des camions et des locomotives dans un couloir de transport de marchandises. Les polluants visés par l'étude sont le CO₂, le CO, les NO_x, les HC totaux et les particules. Nous n'avons pas examiné les émissions de toxiques atmosphériques provenant de sources mobiles (« TASM »), parce que les données récentes relatives aux émissions de TASM sont très peu fiables; par contre, les émissions de TASM prennent de l'importance à mesure que de nouvelles études sont menées à propos de leurs effets sur la santé et qu'on améliore les méthodes d'estimation.

Le **tableau** Tableau 6 montre les différents niveaux d'impact géographique, ainsi que le niveau de précision des données pour chacun des polluants. Le CO₂ est le principal GES qui contribue aux changements climatiques; c'est pourquoi il a un impact à l'échelle mondiale. Les HC

totaux, les NO_x (principalement le NO) et le CO sont des précurseurs de l’ozone troposphérique, qui cause des problèmes à l’échelle régionale. Le CO, les NO_x (principalement le NO₂), les particules et les TASM ont des effets néfastes sur la santé, et on considère donc qu’ils ont des effets à l’échelle locale sur les populations exposées.

Tableau 6. Polluants atmosphériques liés au transport – Portée des effets et niveau de précision des données

| Polluant | Zone d’impact | Niveau de précision des données |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| CO ₂ | Mondiale | Moyen à élevé |
| CO | Régionale, locale | Moyen |
| NO _x | Régionale, locale (NO ₂) | Moyen |
| HC totaux | Régionale | Moyen |
| Particules | Locale | Inférieur à la moyenne |
| TASM | Locale | Peu élevé |

Méthodes d’estimation

Le CO₂ est directement produit par la combustion de combustibles fossiles; on peut estimer facilement ses émissions à partir de la quantité de carburant utilisée, en appliquant les facteurs de conversion appropriés. Les données sur la consommation de carburant sont généralement recueillies et consignées par les gouvernements étatiques et fédéraux à des fins fiscales. Ces données sont relativement précises et constituent une source fiable permettant d’analyser les émissions de CO₂ à l’échelle des États et à l’échelle nationale. Par contre, une analyse à plus petite échelle (similaire à ce que prévoit la présente étude de cas) nécessite une estimation de la consommation de carburant de certains véhicules/équipements à l’étude. Elle est comparable à l’estimation des émissions d’autres polluants gazeux (CO, HC totaux et NO_x). Pour ce type d’analyse, on applique les taux d’émission basés sur la distance (g/mille) aux données relatives aux activités du parc de véhicules (p. ex., les MVP), afin d’estimer l’impact total sur la qualité de l’air. L’EPA établit les taux d’émission en se basant sur les données relatives aux émissions recueillies à partir d’un échantillon limité de véhicules représentant différents types, marques et années modèles. Ces taux reflètent les caractéristiques moyennes du parc de véhicules national.

La mesure des émissions de particules et l’évaluation de leurs effets sur la santé ont toujours été marquées par une grande incertitude, par rapport aux polluants gazeux courants. Les actuels taux d’émission sont basés sur les mesures provenant des systèmes de filtrage. Les méthodes de mesure des émissions de particules se sont largement améliorées au cours des dix dernières années, et l’on s’attend à ce que des données de qualité puissent être utilisées pour de futurs modèles d’estimation. Le même problème se pose dans le cas des émissions de TASM, puisqu’en raison de la quantité plutôt minuscule de TASM présents dans les gaz d’échappement, les données accessibles ne sont vraiment pas fiables.

L’analyse menée dans le cadre de la présente étude portait sur les émissions de gaz d’échappement, qui constituent la majeure partie des émissions des camions empruntant les couloirs de transport. D’autres situations, par exemple les périodes prolongées passées au

ralenti et les activités aux postes frontaliers, génèrent parfois d'importantes émissions, mais ont généralement plus d'effets sur la santé et l'environnement à l'échelle locale qu'à l'échelle du couloir de transport. Les méthodes que nous avons utilisées génèrent uniquement les effets directs des flux de marchandises sur les émissions, et ne tiennent pas compte du cycle de vie des produits pétroliers ou des répercussions des émissions et du cheminement « du puits à la pompe ». Ces types d'analyses requièrent de nombreuses données additionnelles, qui ne sont pas du tout aussi précises ou aussi facilement accessibles que les mesures des émissions directes.

Données nécessaires et sources de données

Le processus d'analyse des effets environnementaux des flux de marchandises dans un couloir de transport a révélé divers domaines dans lesquels l'information requise était très peu fiable, voire inexistante. Il est important de régler ces problèmes, car les effets néfastes du commerce sur l'environnement sont de plus en plus évidents. Nous discuterons ci-après de quatre domaines bien précis, et proposerons plusieurs façons d'améliorer la collecte d'information et la surveillance de l'environnement.

Sources de données

On peut généralement classer les sources de données existantes en deux types : les données accessibles au public, qui sont recueillies et tenues à jour par les gouvernements fédéraux et étatiques et les administrations locales; les bases de données privées, constituées et tenues à jour par des sociétés privées. Les bases de données privées combinent souvent des ensembles de données accessibles au public et des données additionnelles obtenues des sociétés de transport de marchandises. Les données privées sont souvent exclusives, et donc coûteuses à obtenir. Nous considérons que ces données ne relèvent pas de la portée de l'analyse effectuée dans le présent document.

Nous avons constaté que les bases de données du cadre d'analyse du transport de marchandises (FAF) de la FHWA et du Bureau of Transportation Statistics (BTS) étaient les sources les plus fiables de données à propos du transport de marchandises pour l'analyse effectuée dans le cadre de la présente étude. Plus précisément, le FAF et la National Transportation Atlas Database (NTAD) de la FHWA, de même que les données du BTS sur le transport de marchandises aux points d'entrée, fournissent l'information requise, dont le niveau de précision est acceptable.

Étant donné qu'il n'existe pas, pour les trois pays nord-américains, de base de données unique sur le transport de marchandises fournissant le niveau d'information nécessaire à l'analyse des couloirs de transport, il faut définir les sources de données dans chaque pays. Les sources canadiennes et mexicaines de données sur le transport de marchandises ont été difficiles à trouver. Les efforts à déployer pour recueillir des données varient d'un pays à l'autre, et le niveau de détail peut être différent. En raison des règles applicables à l'échange de données au Canada, l'information recueillie par Transports Canada est difficile à obtenir. Au Mexique, le *Secretaría de Comunicaciones y Transportes* (SCT, Ministère des communications et transports) et l'*Instituto Mexicano de Transporte* (IMT, Institut mexicain des transports) recueillent et analysent l'information relative au transport de marchandises. Par contre, cette information est limitée et n'est pas à jour dans la plupart des cas. Un autre problème potentiel tient au choix de l'année de base pour la collecte de données, car les trois pays ne tiennent pas nécessairement leur information à jour avec la même régularité : dans certains cas, l'information existante ne devient accessible qu'au bout de plusieurs années. Il est également difficile d'obtenir des informations sur le transport ferroviaire au Canada et au Mexique, car

les compagnies de chemin de fer sont des entités privées qui ne présentent pas l'information avec le niveau d'agrégation requis par ce type d'analyse.

Par ailleurs, certaines de ces sources de données contiennent des projections visant les activités de transport de marchandises. Comme pour toute projection, un degré élevé d'incertitude est associé aux données prévisionnelles relatives au transport de marchandises sur de grandes distances. Étant donné que les projections contenues dans ces bases de données proposent souvent des tendances très générales, il faut procéder avec prudence quand on fait des estimations d'émissions à partir de ces données.

Les limites qu'imposent les sources de données sont généralement imputables à deux facteurs : leur accessibilité et la facilité à les recueillir. L'intégration de nouvelles technologies de collecte de données relatives au transport de marchandises a permis de recueillir une plus grande quantité de données; cependant, ces données ne sont pas toutes accessibles au public et au gouvernement. La majeure partie des données recueillies et consignées par le secteur du transport de marchandises sont exclusives, et parfois même considérées comme des « secrets commerciaux ». Toutefois, les progrès technologiques vont continuer de faciliter la collecte d'un volume plus élevé de données, plus fréquemment. Mais le véritable avantage découle du fait que les données sont accessibles au public dans un format approprié. Il faut pour cela une coordination et une coopération soutenues entre tous les intervenants — expéditeurs, exploitants de ports, administrations locales et organismes nationaux responsables des transports.

L'utilisation de méthodes et d'outils normalisés va créer de nouvelles possibilités d'échange de données entre les trois pays. Les données sur le transport de marchandises partagées à l'échelle de la chaîne d'approvisionnement nord-américaine pourraient servir à la fois aux décideurs pour planifier des programmes et projets d'une efficacité optimale, et aux sociétés spécialisées dans la logistique pour optimiser les opérations de transport de marchandises et les changements de mode, et stimuler l'amélioration de l'efficacité sur le marché. On sait que l'actuelle tendance à une plus grande transparence à propos des émissions de carbone offre aux gouvernements la possibilité de travailler avec les intervenants du marché pour offrir des programmes d'incitation et de reconnaissance qui stimuleront la demande de modes de transport de marchandises plus durables d'un point de vue environnemental. On prévoit que, si on leur offre les bons incitatifs et les bonnes occasions, les responsables d'entreprise seront plus enclins à partager leur information avec le public. Il est donc tout à fait souhaitable que les organismes responsables des transports et de l'environnement dans les trois pays atteignent cet objectif commun.

Parallèlement à l'aspect technique associé aux besoins de données et aux sources de données, la mise en place d'outils de surveillance de la qualité de l'air dans un couloir de transport soulève des questions de gouvernance et de responsabilisation. Voici deux exemples de problèmes liés aux études des effets environnementaux dans de tels couloirs :

- Qui sera chargé de recueillir les données et qui les utilisera pour surveiller la qualité de l'air?
- Qui devra apporter des modifications aux opérations et aux infrastructures pour améliorer la performance environnementale?

Activités de transport routier

Le transport routier de marchandises se mesure généralement par le volume de camions, ou par le nombre total/le poids/la valeur des chargements. Le volume de camions est le principal élément permettant d'estimer les émissions des véhicules circulant dans un couloir. Par

exemple, le FAF indique le volume de camions transportant des marchandises et n'en transportant pas (service local) pour chaque section des principales autoroutes reliant les États américains. Cette information n'inclut pas le poids et les conditions de chargement des camions, ce qui peut créer une incertitude à propos du processus d'estimation des émissions, car les taux d'émission des camions vides pourraient être sous-évalués.

Le volume de camions est le principal paramètre utilisé pour estimer les émissions. Si ces données ne sont pas disponibles, on peut convertir les données sur le volume et le poids des marchandises transportées de l'origine à la destination en volume de camions, à l'aide d'un facteur moyen de conversion; par contre, cela limitera le degré de précision des résultats. La vitesse moyenne des camions sur les routes de liaison est un autre paramètre qui influe sur les émissions des camions en mouvement. L'actuelle méthode d'estimation des émissions est basée sur les limites de vitesse moyennes imposées sur les divers types de routes, p. ex. celles qui traversent les zones rurales ou les zones urbaines. Cette méthode offre un niveau de précision satisfaisant pour l'analyse d'un couloir de transport; toutefois, une analyse locale nécessiterait des données sur la vitesse réelle sur certaines routes de liaison, et ces données sont plus difficiles à recueillir. Les analyses plus détaillées (par exemple, à l'échelle des projets) nécessitent des données plus détaillées, par exemple un profil de la vitesse à la seconde. Les nouvelles technologies comme les GPS et les enregistreurs de données des moteurs peuvent fournir cette information, mais l'on n'a pas suffisamment étudié la précision et la fiabilité de ces données dans le cadre de l'analyse des impacts sur la qualité de l'air. En outre, les méthodes de collecte de telles données demeurent très incertaines, parce qu'il n'existe ni normes ni guides régissant les procédures de collecte et de traitement des données.

Données sur le réseau et les itinéraires

Il existe des données sur les réseaux de transport routier et ferroviaire en format SIG. Les données sur le transport de marchandises sont extraites de l'information accessible au public, par exemple le volume de camions, et leur degré de fiabilité est généralement élevé. De leur côté, les données sur les itinéraires et le transport ferroviaire sont considérées comme des données commerciales confidentielles, et ne sont généralement pas communiquées au public. Cela crée une plus grande incertitude.

Il faut savoir que, fréquemment, les compagnies assurant le transport ferroviaire de marchandises n'empruntent pas les couloirs routiers. Cela signifie que l'hypothèse d'un transport parallèle des marchandises par rail entre le point d'origine et la destination crée une plus grande incertitude que les mouvements de camions entre les deux mêmes points. On peut déterminer l'activité des camions de façon distincte sur de nombreuses sections du couloir. Par contre, les activités de transport de marchandises par rail sont principalement déterminées à partir d'une estimation des flux totaux de marchandises entre chaque point d'origine et de destination. Parce que les voies ferrées appartiennent à des sociétés privées qui les exploitent, on dispose de très peu d'information publique sur les activités dans chaque section. En outre, différentes règles déterminent les itinéraires de transport de marchandises par route et par rail. Le transport ferroviaire de marchandises offre moins de marge de manœuvre, et l'on doit suivre les principaux itinéraires vers les centres de distribution, tandis que les camions jouissent d'une grande souplesse dans leur choix d'itinéraires. Un autre aspect complique l'analyse des flux de marchandises transportées par rail : le transport par rail est plus rentable quand il est géré par le même transporteur. Or, les itinéraires ferroviaires peuvent être plus indirects entre les points d'origine et de destination qu'un itinéraire direct comprenant plusieurs changements de transporteur.

L'équipe de chercheurs recommande donc que toute analyse du transport de marchandises utilisant différents modes de transport étudie chaque mode séparément, et inclue les caractéristiques précises de l'itinéraire et du réseau. Il existe une exception : dans le cadre des analyses portant sur des couloirs de grande ampleur (par exemple, Nord-Sud), l'hypothèse reposant sur des déplacements parallèles offre un niveau de précision satisfaisant.

Taux d'émission des camions

À l'heure actuelle, les taux d'émission des camions sont principalement obtenus à l'aide du modèle MOBILE6.2, et regroupent les taux basés sur la distance parcourue à différentes vitesses moyennes. Ces taux conviennent aux analyses à moyenne ou à grande échelle, car ils ne sont pas sensibles aux changements touchant les conditions de conduite, dans la mesure où la vitesse moyenne ne change pas. En outre, les taux d'émission de CO₂ et de particules issus du modèle MOBILE ne dépendent pas de la vitesse, et ne sont donc pas très utiles lorsqu'on fait une étude section par section.

Le tout nouveau modèle de l'EPA (MOVES) permet des analyses à petite échelle; par contre, de telles analyses nécessitent des données non regroupées relatives aux activités. Ces données ne sont actuellement pas disponibles, et l'on n'a établi aucune procédure normalisée pour leur collecte. Les modèles MOVES et MOBILE basent tous deux leurs taux d'émission des véhicules des années à venir sur les futures normes d'émissions qu'on anticipe. Ces taux fournissent une orientation générale, mais il faut se montrer prudent au moment de faire des comparaisons, de choisir d'autres solutions et de prendre des décisions.

Transport ferroviaire de marchandises et émissions

Comme on l'a vu précédemment, les données sur le transport ferroviaire de marchandises présentent un degré élevé d'incertitude. De plus, les actuelles méthodes d'estimation des émissions sont le fruit du regroupement de procédures basées sur des valeurs moyennes nationales, qui tiennent compte du poids total des chargements transportés pour déterminer la consommation de carburant et les émissions. Ces deux facteurs créent une très grande incertitude à propos des estimations d'émissions générées par le transport ferroviaire. L'actuelle méthode d'estimation des émissions sous-évalue clairement l'impact du grand nombre de wagons vides et d'autres problèmes liés au transport ferroviaire. En outre, les taux actuels sont basés sur d'anciennes données; il faut mesurer les émissions de locomotives plus récentes pour améliorer ces taux.

Même si le volume actuel de polluants atmosphériques généré par le transport ferroviaire de marchandises est peu élevé par rapport à ce que génère le transport routier de marchandises, notre étude indique que les émissions de particules et de NO_x imputables aux locomotives seront proportionnellement plus importantes à l'avenir. En raison de cette perspective, il faut élaborer des outils d'analyse et des méthodes d'estimation plus efficaces pour déterminer la consommation de carburant des locomotives et leurs émissions polluantes. Ce ne sera possible que grâce à une coordination des efforts de l'industrie ferroviaire et des organismes gouvernementaux pertinents, comme l'EPA.

Mesures de la performance

La mesure de la performance est un outil très efficace permettant de quantifier les effets du transport de marchandises et de surveiller systématiquement les progrès de ce secteur vers l'atteinte des objectifs de durabilité. Malheureusement, les actuels outils de mesure de la performance du transport de marchandises mettent l'accent sur la logistique du transport, et omettent de fournir de l'information sur d'autres aspects, comme les effets environnementaux

et socio-économiques du transport de marchandises. En conséquence, les outils de mesure de la performance ne sont pas parfaitement adaptés pour dresser un tableau exhaustif du transport de marchandises et évaluer le degré de réussite des divers programmes axés sur la viabilité du transport à l'échelle du pays.

Dans la présente étude, nous recommandons l'établissement d'un système de surveillance de la performance dans le couloir où transitent les marchandises transportées. Un tel système devrait combiner différents aspects d'un système viable de transport de marchandises, notamment une mesure qualitative par les exploitants et les utilisateurs du réseau de la capacité du système à transporter les marchandises, et des impacts de ce transport à plus grande échelle sur la société et l'environnement. Un système de surveillance du transport de marchandises efficace et viable dépend de deux facteurs : 1) des buts et objectifs qui appuient la « viabilité du transport de marchandises » dans le couloir; 2) des outils de mesure de la performance qui donnent une vue d'ensemble des éléments du couloir de transport des marchandises. On peut également créer un système de mesure de la performance qui produit un genre d'« indice de la viabilité du transport de marchandises » combinant plusieurs mesures de la performance. Les extraits de ce système devraient être intégrés au processus de planification, ainsi qu'au choix de stratégies et au suivi du système, afin de permettre un suivi des progrès réalisés vers les objectifs établis.

Stratégies d'atténuation

Le **tableau 1** présentait les actuelles stratégies d'atténuation existantes, qui visent à réduire l'impact du transport de marchandises sur la qualité de l'air. Ces stratégies peuvent être réparties entre deux catégories principales : améliorations apportées à un même véhicule et stratégies ciblant l'ensemble des activités de transport de marchandises. La majorité des stratégies appartenant à la première catégorie sont des technologies qui réduisent les émissions, tandis que celles qui appartiennent à la deuxième visent à réduire l'impact négatif du transport de marchandises sur la qualité de l'air, grâce à une consommation inférieure et à une réduction des retards et des congestions. Les stratégies comme l'utilisation du biodiesel peuvent appartenir à l'une ou l'autre des catégories, selon l'ampleur de leur déploiement.

Étant donné que la mise en œuvre des stratégies appartenant à la première catégorie est une décision de nature commerciale, les responsables des politiques ne peuvent pas influencer directement sur cette mise en œuvre. Ils peuvent exercer une influence indirecte grâce aux taxes, à la réglementation et aux incitatifs. Par ailleurs, les améliorations à plus grande échelle (qui relèvent généralement de la deuxième catégorie, par exemple l'aménagement de couloirs réservés aux camions ou les investissements visant à réduire les bouchons lors du transport de marchandises) sont directement liées à l'élaboration de politiques.

Conclusions

Dans le cadre de la présente étude, nous avons examiné les effets sur la qualité de l'air des principaux couloirs de transport de marchandises, causés par les émissions de divers polluants et GES. Voici les principales observations issues de cette étude.

- Nous avons compilé et présenté une information contextuelle à propos des effets sur l'environnement du transport de marchandises, des effets des congestions, de la nécessité de mesurer la performance, de l'accessibilité des données et des données nécessaires.
- Nous avons proposé une méthode d'estimation des effets des émissions imputables au transport routier et ferroviaire de marchandises dans le couloir de transport, et l'avons mise à l'essai dans une étude de cas portant sur le couloir Mexico-Montréal.

Nous avons également inclus une analyse des émissions produites par les camions franchissant les frontières.

- Nous avons étudié divers enjeux, défis et possibilités liés à l'estimation des effets du transport de marchandises sur la qualité de l'air, ainsi que les stratégies et méthodes d'atténuation visant à améliorer la mesure de la performance en intégrant les préoccupations relatives à l'environnement et à la viabilité.

ANNEXE A : PRÉVISIONS DES ÉMISSIONS DE CO₂ D'ICI 2035

Compte tenu des projections relatives à la consommation d'énergie entre 2010 et 2035, on peut prévoir les émissions de CO₂ et leur pourcentage d'augmentation durant cette période.

| lb/10 ⁶ Btu | | 2010 | 2035 | 2010 | 2035 |
|------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | Billions de Btu | Billions de Btu | Équivalent-CO ₂ Mtm | Équivalent-CO ₂ Mtm |
| 161 | Diesel | 3900,87 | 5939,21 | 284,8740497 | 433,7310101 |
| 156 | Essence à moteur | 318,66 | 407,21 | 22,54852971 | 28,81462439 |
| 139 | Gaz de pétrole liquéfiés | 15,96 | 27,78 | 1,006430251 | 1,751381398 |
| 117 | Gaz naturel comprimé | 7,03 | 83,89 | 0,373088081 | 4,451844122 |
| | Total | 4242,521066 | 6458,09006 | 308,8020978 | 468,74886 |
| | | | | % d'évolution | 51,80 % |

Source : US Energy Information Administration. *Annual Energy Outlook 2010*, avril 2010.

Table 67. Freight Transportation Energy.

<http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/supplement/suptab_67.xls>.

ANNEXE B : MODÈLES MOVES ET MOBILE6.2

Dans les paragraphes ci-dessous, l'EPA compare les modèles MOVES et MOBILE6.2³⁸.

[TRADUCTION] « Dans le cadre du modèle MOBILE6, on a calculé les émissions à partir de l'information par défaut se trouvant dans les blocs de données, complétée par l'information fournie par l'utilisateur dans des fichiers de texte. Dans le modèle MOVES, l'information par défaut se trouve dans une base de données d'entrée par défaut. En théorie, les utilisateurs peuvent exécuter MOVES à l'aide de toutes les données par défaut, de toutes les nouvelles données ou de tout ce qui se trouve entre les deux. En réalité, les entrées que les utilisateurs intégreront au modèle dépendront de la situation modélisée et de l'objet de cette modélisation. »

[TRADUCTION] « Bon nombre des entrées que les utilisateurs sont appelés à faire dans MOVES sont similaires à ce qu'ils entraînent auparavant dans MOBILE6. Par exemple, l'information relative à la répartition par âge, aux carburants locaux et à la température locale est essentielle à toute estimation précise des émissions. Toutefois, le modèle MOVES diffère, car les catégories de ces entrées ont changé. Par exemple, MOBILE6 compte 28 catégories de véhicules, généralement établies en fonction du poids du véhicule, tandis que MOVES ne

³⁸ Extrait de M. Beardsley et coll. *Air Pollution Emissions from Highway Vehicles: What MOVES Tells Us*. EPA, Ann Arbor (Michigan), non daté.

<<http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei18/session6/beardsley.pdf>>.

compte que 13 catégories, basées sur des caractéristiques observables (p. ex., camions articulés ou camions non articulés) et sur l'utilisation habituelle (p. ex., grandes distances ou courtes distances). L'EPA est en train d'élaborer des outils de conversion qui permettront aux utilisateurs de convertir automatiquement les entrées dans MOBILE6 en format MOVES. »

[TRADUCTION] « Les nouvelles fonctions de MOVES exigent également de nouvelles entrées. En particulier, parce que MOVES peut calculer des inventaires, ainsi que des taux d'émission en gramme par mille, [le modèle] dépend de l'entrée des milles-véhicules parcourus (MVP). Par ailleurs, de par sa conception, le modèle MOVES reconnaît que la mise en marche d'un véhicule et l'activité générant une évaporation ne sont peut-être pas vraiment liées aux MVP; il s'appuie donc sur les estimations du nombre de véhicules pour calculer ces émissions. »

[TRADUCTION] « Voici un autre exemple de la façon dont les nouvelles fonctions requièrent de nouvelles entrées : MOBILE6 a permis aux utilisateurs d'entrer une répartition selon la vitesse ou la vitesse moyenne durant un trajet. MOVES permet aussi d'entrer une répartition selon la vitesse, mais peut aussi accepter certains cycles de conduite ou répartitions selon le mode opérationnel, permettant ainsi à l'utilisateur de modéliser les émissions résultant de changements dans le style de conduite. »

Principales données d'entrée et de sortie des modèles MOVES et MOBILE6.2

| MOVES | MOBILE6.2 |
|--|--|
| Principales données de sortie | |
| Taux d'émission en grammes/mille – grammes/unité de temps pour certains processus | Taux d'émission en grammes/mille – format fixe |
| Émissions totales – inventaire pour une période et une région données | S/O |
| Différents niveaux de regroupement/de désagrégation – le modèle enregistre l'activité à la seconde | Données regroupées |
| Données nécessaires à l'analyse locale | |
| Caractéristiques du carburant | Caractéristiques du carburant |
| Météorologie | Météorologie |
| Programme d'inspection et d'entretien des véhicules automobiles lourds | Programme d'inspection et d'entretien des véhicules automobiles lourds |
| Répartition selon l'âge – données sur l'immatriculation | Répartition selon l'âge – données sur l'immatriculation |
| Ensemble des types de véhicules - MOVES | Ensemble des types de véhicules - MOBILE |
| MVP totaux pour les divers types de véhicules | S/O |
| Fraction des MVP sur les divers types de routes | Fraction des MVP sur les divers types de routes |
| Vitesse locale enregistrée (cycles de conduite) pour chaque type de véhicule/de route* | S/O |

* Entrée optionnelle – amélioration majeure par rapport à MOBILE6.2

**Principales caractéristiques du modèle MOVES et comparaison avec le modèle
MOBILE6.2³⁹**

| Principales caractéristiques de MOVES | MOVES par rapport à MOBILE6 |
|--|---|
| Géographie | Regroupement possible à l'échelle d'une instance, d'une région ou d'un État. |
| Périodes | Aucun changement. Données de sortie sur l'énergie/les émissions disponibles par heure de la journée, et par mois pour les années civiles 1990 et 1999 et jusqu'à 2050, avec la possibilité de regrouper davantage de données par jour, mois ou année. Identique aux données sur l'ozone et les journées d'hiver et aux données saisonnières (annuelles). |
| Sources | Nécessite la conversion de 28 à 13 types de véhicules. |
| Données de sortie et émissions de polluants | Polluants visés par MOBILE6 (COV, CO, NO _x , PM _{2.5} et PM ₁₀ , N ₂ O, CH ₄ , CO ₂ , toxiques) + nouveaux polluants ajoutés (p. ex., équivalent-CO ₂ , composants individuels des PM _{2.5} et PM ₁₀ , consommation totale d'énergie). |
| Processus d'émission | Certains changements. Véhicule en marche, démarrage, période prolongée passée au ralenti (p. ex. camions de gros tonnage), cheminement « du puits à la pompe », usure des freins, usure des pneus, perméation par évaporation, échappement de vapeurs de carburant par évaporation et fuites de carburant par évaporation. Les émissions par évaporation sont caractérisées différemment. |

³⁹ Kumar, S. et E. Lucas. *MOBILE6 to MOVES*, 2009

<http://www.mwcog.org/uploads/committee-documents/kV5bXltb20090612161006.pdf>