

CAUSES DES ACCIDENTS ET STRATÉGIES D'ATTÉNUATION

présenté au

Secrétariat sur l'Examen de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*

par

TranSys Research Ltd



682 Milford Drive
Kingston, ON K7M 6B4

Juillet 2007

Causes des accidents et stratégies d'atténuation

Présenté au

Secrétariat sur l'examen de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*

Par

G.W. English, T.W. Moynihan

TranSys Research Ltd.
Kingston (Ontario)

Juillet 2007

RÉSUMÉ

Les objectifs de ce projet étaient :

- d'analyser les accidents et les incidents ferroviaires au Canada lorsque le bon fonctionnement de *matériel* ou des *voies* en matière de sécurité est en cause;
- d'examiner l'efficacité des stratégies d'atténuation actuellement utilisées par l'industrie du transport ferroviaire pour remédier à ces problèmes;
- d'évaluer les critères législatifs actuels qui visent à imposer des exigences minimums pour assurer l'exploitation des trains en toute sécurité;
- de cerner les faiblesses et de recommander des améliorations.

Tendances

Le nombre de déraillements dans la base de données du BST où un facteur relié à la sécurité n'est pas cité constituent la tendance la plus notoire – puisqu'ils ont augmenté de moins de 10 % en 1999 à près de 50 % des déraillements en voie principale en 2006. La base de données (dans sa forme actuelle) limite donc les conclusions que l'on peut en tirer.

Lorsqu'on compare les taux de déraillements du CN et du CFCP, on constate que le taux de déraillements en voie principale du CFCP a affiché peu de changements entre 1999 et 2006. Le taux du CN était proche de celui du CFCP exprimé en trains-kilomètres en 1999 et a accru plus rapidement jusqu'à 2006. Exprimé en wagons-kilomètres, le CN a débuté à un taux de déraillements inférieur à celui du CFCP, mais ce taux avait très nettement augmenté en 2006. Le CN s'est porté acquéreur de certains chemins de fer d'intérêt local durant ce délai, ce qui peut avoir compromis son rendement en matière de sécurité – étant donné que les taux de déraillements sont supérieurs sur les voies à plus faible densité et sur les catégories de voie inférieures. Le CN exploite par ailleurs plus de routes nord-sud que le CFCP et pourrait avoir été plus exposé à des problèmes liés aux roues provenant des interconnexions avec le réseau ferré américain.

Les risques portent à la fois sur la fréquence de survenue et la gravité des conséquences. L'unique mesure de la gravité qui existe dans la base de données BDEF [Base de données d'événements ferroviaires, du BST] est le nombre de wagons qui ont déraillé. Si l'on se fonde sur les trains-kilomètres, le taux du CN a été supérieur à celui du CFCP chaque année et 1,68 fois supérieur en moyenne au taux du CFCP. Selon les wagons-kilomètres, le taux du CN a été inférieur à celui du CFCP en 2000, 2001 et 2003, mais supérieur les autres années; en moyenne son taux représente 1,32 fois le taux du CFCP. Si on exclut l'année 1999, qui a sans doute été une année anormale, le taux moyen de déraillements du CN a représenté 1,4 fois celui du CFCP selon les trains-kilomètres et 1,1 fois selon les wagons-kilomètres.

Nous sommes d'avis que Transports Canada doit jouer un rôle plus actif dans l'analyse des tendances et la comparaison du rendement en matière des chemins de fer. Nous pensons par ailleurs que ces analyses doivent être axées sur le plus haut niveau de mesure du rendement en matière de sécurité, à savoir le taux de déraillements. Les comparaisons et l'analyse des tendances ne sont pas seulement indispensables pour permettre au Ministère de réaliser son rôle de surveillant de la sécurité, mais représentent une tâche à valeur ajoutée pour les chemins de fer.

Nous sommes d'avis que les rapports actuels sur support papier sont inefficaces et se prêtent à des erreurs de transcription. Nous recommandons donc à chaque chemin de fer de constituer une base de données sécurisée contenant tous les champs obligatoires figurant dans les formulaires de rapport du BST, de s'assurer que la base de données est automatiquement actualisée au fur et à mesure que les données sont disponibles et que TC et le BST ont tous deux accès en direct à cette base de données.

Nous recommandons par ailleurs que la base de données englobe tous les dossiers préalables jusqu'en 1999, lorsque la part de champs non complétés dans la base de données s'est mise à augmenter. S'il est impossible de constituer la base de données en ligne d'ici deux ans, nous recommandons que les données manquantes au cours de la période qui s'est écoulée depuis 1999 soient recueillies au moyen des procédures manuelles existantes par le personnel sur le terrain du BST ou de Transports Canada.

Nous croyons savoir que la récente adoption du projet de loi C-11 procure à Transports Canada un vecteur qui lui permet de définir les nouvelles exigences de déclaration des données. Nous recommandons à la Direction générale de la sécurité ferroviaire d'incorporer dans ces règlements une obligation qui lui donne directement accès aux données sur les accidents ferroviaires qui sont signalés au BST et le pouvoir d'assurer le suivi des lacunes dans ces données.

Deux éléments d'information sont nécessaires pour évaluer les taux de déraillements. Le premier réside dans les manquements à la sécurité (ou les causes) du déraillement, et le deuxième dans les niveaux d'exposition ou d'activité (trains-milles ou wagons-milles). Selon notre analyse, il se peut qu'il y ait des divergences de pratiques en ce qui concerne ces deux éléments. Dans l'évaluation des causes, il se peut que le CN et le CFCP évaluent différemment les déraillements dus au système de freinage. Dans les niveaux d'activité, nous n'avons pas été en mesure de savoir si les wagons porte-conteneurs articulés « *five-pack* » sont comptabilisés comme cinq wagons ou comme un seul, ou encore si les trains qui effectuent des manœuvres sont compris dans l'ensemble des trains-milles en voie principale ou dans les activités de manœuvre de triage. Si Transports Canada n'est pas déjà investi d'un tel pouvoir lors de sa vérification des systèmes de gestion de la sécurité ferroviaire, il doit également apporter les changements nécessaires pour inclure les éléments suivants, qui sont indispensables aux analyses comparatives :

- les lignes directrices qui servent à évaluer les manquements à la sécurité (ou les causes des accidents) et le déroulement dans la pratique des enquêtes sur les déraillements;
- le fondement et l'uniformité des données sur les activités à travers tous les chemins de fer (wagons-milles et trains-milles)

Les mesures ci-dessus permettront d'avoir un ensemble uniforme de données pour l'analyse des tendances et leur comparaison. Toutefois, il faudra mener des recherches pour concevoir des mesures précises du rendement, à la fois pour l'analyse des tendances et la comparaison des chemins de fer. Il importe de tenir compte des influences connues de l'environnement et de l'exploitation dans l'analyse des tendances ou les analyses comparées. Il faut que ces facteurs et d'autres influences connues soient élaborés avec une base de données sur les accidents et dans le cadre d'une procédure statistique rigoureuse. Nous recommandons à Transports Canada d'entreprendre ou de financer les recherches nécessaires pour procéder à une analyse rigoureuse permanente des tendances et de l'analyse comparative du rendement en matière de sécurité ferroviaire.

Stratégies d'atténuation

Nous sommes convaincus que l'industrie du transport ferroviaire possède les connaissances nécessaires à l'élaboration de stratégies pour atténuer les préoccupations en matière de sécurité une fois qu'elles sont cernées. Il n'est pas certain qu'il existe au sein de l'industrie une capacité uniforme pour reconnaître de manière précoce lorsque surviennent des préoccupations en matière de sécurité. Nous sommes convaincus que le BST apporte une contribution à valeur ajoutée lorsqu'il cerne les préoccupations en matière de sécurité dans le cadre de ses enquêtes sur des déraillements choisis. Nous sommes d'avis que Transports Canada pourra jouer un rôle important à valeur ajoutée en menant des recherches plus approfondies et en procédant à une analyse permanente des tendances et à une analyse comparative du rendement en matière de sécurité ferroviaire.

Législation

D'après la portée de l'analyse à laquelle ce projet a donné lieu nous n'avons pas constaté d'autres modifications nécessaires à la *Loi* elle-même. Les modifications souhaitables peuvent être apportées par la voie de règlement, et l'industrie ferroviaire et Transports Canada font avancer le processus de règlement en cas de besoin. Ce sont les modifications au *Règlement sur la sécurité de la voie (RSV)* qui sont les plus urgents.

Il est hors de portée de cet exercice de formuler des recommandations détaillées au sujet du *RSV*. Toutefois, nous sommes d'avis que le *RSV* tel qu'il existe au moment de rédiger le présent rapport peut compromettre la sécurité en obligeant à affecter des ressources à des obligations juridiques définies, dont certaines, dans leur libellé actuel, présentent très peu d'utilité pour la sécurité; ce qui laisse moins de ressources pour atténuer les préoccupations en matière de sécurité. Nous recommandons donc que les

recherches nécessaires et les ressources de gestion soient affectées à l'appui des modifications qu'il faut apporter au *RSV*.

Pour ce qui est de la façon globale d'aborder les modifications à apporter au *RSV*, nous sommes d'avis que, si une formulation plus prescriptive est employée, il faut faire attention que l'élément décrit représente bien une condition « minimale de sécurité », et offrir également la marge nécessaire pour réviser cette définition au fur et à mesure que les connaissances et les recherches futures le justifient. Lorsqu'on emploie des mesures du rendement, il faut faire attention qu'elles reflètent le rendement réel en matière de sécurité, qu'elles sont mesurables et qu'elles sont susceptibles de mise en application ou passibles de sanctions de manière ponctuelle.

Lorsqu'une clause particulière comporte une mesure prescriptive ou axée sur le rendement, sa formulation doit reconnaître les éléments de risque qui se rattachent à l'emplacement de la voie, notamment :

- la densité de la circulation globale;
- les volumes de certaines catégories de matières dangereuses transportées sur la voie, et si des personnes ou de zones vulnérables sur le plan environnemental y seraient exposés, en cas de déversement d'une matières dangereuses;
- le pourcentage de trains de voyageurs sur la voie;
- les caractéristiques d'exploitation des trains (effort de traction aux heures de pointe, charge par essieu et variation de la vitesse);
- l'utilisation de rails éclissés ou de rails soudés;
- l'importance de la pente et de la courbe;
- la vitesse maximale des trains.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	i
1 Introduction	1
1.1 Contexte	1
1.2 Objectifs	1
1.3 Présentation du rapport	2
2 Tendances récentes des accidents ferroviaires	2
2.1 Fondement de l'établissement des tendances	2
2.1.1 Dérailllements en voie principale des chemins de fer de classe 1	2
2.1.2 Période visée	3
2.1.3 Mesure d'exposition	3
2.2 Tendances des dérailllements en voie principale	5
2.2.1 Total des dérailllements des chemins de fer de classe 1	5
2.2.2 Comparaison du rendement des chemins de fer de classe 1 en matière de sécurité	7
2.3 Impératifs des analyses futures de la sécurité	11
2.3.1 Rôle plus dynamique pour Transports Canada	11
2.3.2 Facteurs environnementaux	13
2.3.3 Influences opérationnelles des chemins de fer	15
3 Types de dérailllements et stratégies d'atténuation	18
3.1 Défaillances du matériel roulant	18
3.1.1 Types de défaillances du matériel	18
3.1.2 Tendances relatives aux défaillances du matériel roulant	20
3.1.3 Stratégies d'atténuation relatives au matériel roulant	21
3.2 Ruptures de voies	29
3.2.1 Tendances	29
3.2.2 Procédures courantes d'inspection et d'entretien	31
3.2.3 Stratégies d'atténuation – Rail	32
3.2.4 Stratégies d'atténuation – Géométrie	33
3.3 Facteurs qui influent sur l'exploitation des trains	35
3.4 Défaillances géotechniques, comme les glissements de terrain et les inondations	37
3.4.1 Tendances	37
3.4.2 Stratégies d'atténuation	37
3.5 Autres installations	38
4 Rôle des normes de réglementation	39
4.1 Matériel roulant	39
4.2 Voie	40
5 Observations et recommandations	43
5.1 Tendances	43
5.2 Stratégies d'atténuation	46
5.3 Législation	46

Liste des tableaux

Tableau 1 Distribution du nombre de wagons impliqués dans les déraillements canadiens en voie principale 9

Liste des figures

Figure 1 Tendence du nombre de déraillements des chemins de fer de classe 1 6

Figure 2 Répartition moyenne des facteurs de causalité cités (1999-2006) 6

Figure 3 Tendances du taux de déraillements du CFCP 8

Figure 4 Tendances du taux de déraillements du CFCP 8

Figure 5 Comparaison du nombre total de wagons déraillés 10

Figure 6 Ratio des taux des wagons déraillés 11

Figure 7 Caractère saisonnier des déraillements ferroviaires en voie principale attribuables à des ruptures de roues 14

Figure 8 Influence des basses températures hivernales sur le taux annuel de déraillements 14

Figure 9 Déraillements de trains de marchandises et répartition des trains-milles selon la densité du trafic 16

Figure 10 Répartition des facteurs liés au matériel dans les déraillements en voie principale 19

Figure 11 Tendances des situations dangereuses ayant entraîné un déraillement lié au matériel roulant pour le CN et le CFCP 20

Figure 12 Photo d'une fracture de la jante d'une roue de Southern 23

Figure 13 Répartition des facteurs de la voie dans les déraillements en voie principale 30

Figure 14 Nombre annuel de déraillements attribuables à la voie pour le CN et le CFCP 30

Figure 15 Tendances des déraillements d'ordre géotechnique 38

1 Introduction

1.1 Contexte

Entrée en vigueur en janvier 1989, la *Loi sur la sécurité ferroviaire* avait pour but d'améliorer la sécurité ferroviaire au Canada en confiant au ministre des Transports la responsabilité de sa réglementation; en établissant un cadre de réglementation moderne et en rationalisant la procédure d'élaboration et d'approbation des règlements; et en donnant plus de liberté aux compagnies de chemin de fer pour gérer leur exploitation en toute sécurité et avec efficacité.

Depuis 2002, on constate une augmentation du nombre d'accidents ferroviaires et de déraillements en voie principale au Canada. De plus, les fonctionnaires de Transports Canada ont décelé des lacunes dans la *Loi* au cours de l'administration quotidienne de ses dispositions.

On a le sentiment que le cadre de réglementation en vigueur ne fournit pas l'ensemble complet d'instruments dont on a besoin pour y faire face. On a également le sentiment que le cadre en vigueur doit être modernisé et mieux harmonisé avec les lois en matière de sécurité en vigueur dans d'autres modes de transport au Canada.

C'est pourquoi, en décembre 2006, le gouvernement a annoncé l'Examen de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* afin d'améliorer la sécurité ferroviaire au Canada et de promouvoir une culture de sécurité dans l'industrie du transport ferroviaire tout en préservant et en raffermissant le rôle crucial que cette industrie joue dans l'économie canadienne.

Un Comité consultatif de quatre membres sur la *Loi sur la sécurité ferroviaire* (Comité *LSF*) a été nommé par le ministre des Transports, de l'Infrastructure et des Collectivités afin de réaliser une étude et une analyse indépendantes, d'organiser des consultations et de rédiger un rapport contenant des constatations et des recommandations.

À l'appui du Comité *LSF*, diverses études et recherches générales ont été entreprises pour tenir le Comité au courant des autres données et analyses qui ont trait à certains sujets donnés. Ce projet, comme son nom l'indique, traite du rendement des matériels et des voies en matière de sécurité.

1.2 Objectifs

Les objectifs de ce projet étaient :

- d'analyser les accidents et les incidents de chemin de fer au Canada lorsque le rendement en matière de sécurité des *matériels* ou des *voies* est en cause;
- d'examiner l'efficacité des stratégies d'atténuation actuellement utilisées par l'industrie du transport ferroviaire pour remédier à ces problèmes;
- d'évaluer les critères législatifs actuels qui visent à imposer des exigences minimums pour assurer l'exploitation des trains en toute sécurité;
- de cerner les faiblesses et de recommander des améliorations.

1.3 Présentation du rapport

Ce rapport est structuré en cinq chapitres.

Le chapitre 2 évalue les déraillements récents et compare le rendement des chemins de fer canadiens de classe 1.

Le chapitre 3 évalue les facteurs qui entrent en cause dans les déraillements en voie principale et les stratégies qui servent à réduire le nombre de ces déraillements.

Le chapitre 4 évalue le rôle de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* et des règlements en place qui traitent du rendement en matière de sécurité ferroviaire.

Le chapitre 5 présente les observations et les recommandations qui découlent de cet examen.

2 Tendances récentes des accidents ferroviaires

Dans ce chapitre, nous commencerons par analyser le fondement de notre approche pour établir les tendances, avant d'analyser les tendances relatives aux déraillements en voie principale et de comparer le rendement des chemins de fer canadiens de classe 1, pour enfin analyser certains facteurs dont nous estimons que Transports Canada doit tenir compte dans ses évaluations futures des tendances et des comparaisons du rendement en matière de sécurité.

2.1 Fondement de l'établissement des tendances

2.1.1 Déraillements en voie principale des chemins de fer de classe 1

À cause de la structure des données du BST et des critères canadiens de signalement des accidents, il est difficile de répondre à certaines des questions soulevées dans l'étendue des travaux. Le morcellement de l'historique des accidents des chemins de fer d'intérêt local pose problème étant donné que les chemins de fer de compétence provinciale ne sont pas tenus de signaler les accidents au BST. Par ailleurs, la transition entre les chemins de fer de classe 1 et les chemins de fer d'intérêt local comporte des périodes où les deuxièmes signalaient leurs accidents du fait qu'ils faisaient partie d'un chemin de fer de classe 1 et des périodes où ils n'avaient pas à les signaler, étant des chemins de fer de compétence provinciale.

Les chemins de fer de classe 1 ont des infrastructures uniformes d'établissement de rapports au sujet des déraillements et des activités d'exploitation, et ce sont donc ceux qu'on a retenus pour l'établissement des tendances et les comparaisons faites dans ce rapport. Les critères de signalement des accidents au Canada se soldent par un plus grand nombre d'accidents sans grandes conséquences signalées ici par rapport aux États-Unis en vertu des critères de la FRA. En raison de la différence des critères de signalement et des milieux d'exploitation dans les deux pays, il n'a pas été possible de procéder à une

comparaison utile du rendement des chemins de fer américains et canadiens en matière de sécurité. C'est pourquoi les seules comparaisons faites concernent le CN et le CFCP.

Les données sur les déraillements reposent sur les déraillements qui se produisent sur les voies appartenant au CN ou au CFCP et excluent les trains de VIA Rail. Dans certains endroits, le CN et le CFCP partagent les voies l'un de l'autre et avec d'autres chemins de fer. Ainsi, il y a quelques dossiers de déraillement qui concernent des trains de marchandises n'appartenant pas au CN circulant sur des voies du CN qui ne sont comptabilisés qu'une seule fois comme un déraillement du CN (et il en va de même des trains qui n'appartiennent pas au CFCP qui circulent sur les voies du CFCP et qui sont comptabilisés comme un déraillement du CFCP).

Les accidents ferroviaires englobent à la fois les déraillements et les collisions. Les collisions ont généralement pour cause des facteurs humains, ce qui est au cœur d'une autre étude. Par ailleurs, cette étude est axée sur les matériels et les infrastructures, qui sont généralement des facteurs qui contribuent aux déraillements plutôt qu'aux collisions. C'est la raison pour laquelle les déraillements sont au cœur de notre analyse. Les déraillements peuvent survenir dans des gares de triage ou sur des voies principales. Alors que la fréquence des déraillements est élevée dans les gares de triage, il s'agit généralement d'événements qui surviennent à basse vitesse et qui ont peu de conséquences. Or, notre intérêt est axé sur les événements à haut risque; aussi notre analyse se concentre-t-elle sur les déraillements en voie principale.

2.1.2 Période visée

Tel que demandé nous nous sommes concentrés sur les données des cinq dernières années pour procéder à l'analyse des tendances, mais nous estimons qu'il s'agit d'un délai trop court pour en dégager une tendance. Toutefois, l'horizon temporel que l'on peut remonter pour établir les tendances est limité. La *LSF* est entrée en vigueur en 1989, alors que de nombreux chemins de fer d'intérêt local sont issus de la scission des chemins de fer de classe 1 jusqu'en 1998. Comme nous le verrons plus loin au paragraphe 2.3.3, les catégories de voies à plus faible vitesse et la faible densité du trafic constituent des variables explicatives des déraillements en voie principale (DVP) [TranSys Research Ltd., 2007]. C'est ainsi que les chemins de fer d'intérêt local issues des chemins de fer de classe 1 ont pour effet d'améliorer les taux de déraillements des chemins de fer de classe 1. C'est la raison pour laquelle on a sélectionné l'intervalle de temps qui s'est écoulé entre 1999 et 2006 pour l'essentiel de notre analyse des tendances.

2.1.3 Mesure d'exposition

Pour évaluer les tendances ou comparer le rendement des chemins de fer, il faut bien admettre que les niveaux d'activités sous-jacents peuvent évoluer dans le temps. Ce n'est pas le nombre de déraillements qui présentent de l'intérêt, mais le taux de déraillements, que l'on mesure en fonction du nombre de déraillements par unité d'activité sous-jacente.

Dans le choix des unités d'activité sous-jacente, nous avons envisagé les trains-milles, les wagons-milles, les tonnes-milles nettes (TMN)¹ et les tonnes-milles brutes (TMB)². On pourrait affirmer que la mesure des tonnes-milles nettes est l'activité sous-jacente la plus élémentaire et qu'il s'agit donc de la mesure d'exposition aux déraillements qui convient le mieux. L'avantage des mesures fondées sur le tonnage est qu'elles permettent de saisir les fluctuations de la productivité – une augmentation du poids par essieu ou une diminution du poids à vide des wagons qui permettent de transporter un plus gros volume de produits aboutiront à une valeur plus élevée de l'activité que si l'on utilise les wagons-milles comme mesure de l'activité. Puisque le taux de déraillements est le nombre de déraillements divisé par la mesure d'exposition, le taux de déraillements a toutes les chances de diminuer en vertu de ces gains de productivité.

Si l'on cherche à évaluer le rendement en matière de sécurité ou à comparer différents exploitants qui transportent le même produit, les mesures fondées sur le tonnage constituent alors le meilleur choix. Toutefois, il y a des problèmes à appliquer les mesures d'activités fondées sur le tonnage pour comparer des chemins de fer qui transportent tout un éventail de produits et pour analyser les tendances des chemins de fer dont la distribution des produits peut changer avec le temps. Les mesures risquent de révéler des tendances ou des comparaisons qui sont interprétées à tort comme des variations du rendement en matière de sécurité alors que la variation concerne tout bonnement le poids du type de produit transporté. Par exemple, l'essor des envois conteneurisés de marchandises légères et la diminution des expéditions de produits en vrac entraînent une diminution des niveaux d'activités exprimés en TMN et en TMB. Si cela génère le même nombre de wagons-milles et que le nombre de déraillements ne change pas, le taux de déraillements augmentera si on l'exprime en TMN ou en TMB mais il demeurera le même s'il est exprimé en fonction des wagons-milles.

Si l'on cherche à évaluer les impacts sur la sécurité d'une augmentation de la charge par essieu des wagons à charbon, la mesure d'activités TMB sur un intervalle qui couvre une longue période d'activité antérieure et postérieure avec une lourde charge par essieu est la méthode à privilégier. Toutefois, notre étude est axée sur les tendances globales des taux d'accidents et sur la comparaison du rendement. Nous n'avons pas voulu que les variations inconnues des pratiques d'exploitation ou des charges par essieu ou des taux de retour à vide influent sur nos mesures de sécurité. C'est la raison pour laquelle nous avons retenu les wagons-milles et les trains milles comme dénominateurs pour évaluer le taux de déraillements.

Lorsqu'on utilise les wagons-milles et les trains-milles pour mesurer l'activité, on doit admettre que la tendance au rallongement des trains (ou à un plus grand nombre de

¹ Le poids net désigne le poids du produit transporté (ou la charge utile) et exclut le poids du wagon où il est transporté et des locomotives qui le tractent. Les tonnes-milles nettes sont la somme pour tous les mouvements des tonnes de charge utile multipliée par la distance sur laquelle chacun est transporté.

² Les tonnes-milles brutes englobent la charge utile et le poids du wagon qui sert à transporter la charge utile et les locomotives qui les tractent, de même que le poids du wagon qui circule à vide.

wagons par convoi) se traduit par une baisse des trains-milles moyennant une activité constante des wagons-milles, ou par une hausse des wagons-milles pour une activité constante des trains-milles. La plupart des données sont présentées à la fois selon les wagons-milles et les trains-milles.

2.2 Tendances des déraillements en voie principale

2.2.1 Total des déraillements des chemins de fer de classe 1

La tendance générale du nombre de déraillements en voie principale des chemins de fer de classe 1 est illustrée à la Figure 1. On peut y voir quatre types de déraillements : ceux qui sont dus à un élément du matériel (mat.), ceux qui sont dus à un élément de la voie (voie), ceux dont les données ne font état d'aucun facteur de sécurité (n.d.) et tous les autres déraillements qui ne sont causés ni par la voie ni par le matériel (autres).

On peut constater que la voie et le matériel constituent les causes les plus nombreuses de déraillements où un facteur de sécurité entre en jeu. La hausse la plus importante concerne les déraillements où aucune cause ou mesure de sécurité n'est citée (n.d.), qui sont passés de 9 en 1999 à 65 en 2006. En termes de pourcentage, ils sont donc passés de moins de 10 % à presque 50 % des données. Comme nous le verrons plus loin de façon plus détaillée, dans la plupart des cas, ces dossiers n.d. ont des causes connues, mais qui ne figurent pas dans la base de données. À cause des données manquantes, il est très difficile de tirer des conclusions sur les tendances et les rapports entre les divers types de déraillements qui surviennent.

Pour nos besoins, nous avons présumé que le pourcentage de déraillements causés par le matériel et la voie lorsque les données sont fournies est le même que lorsque les données ne sont pas fournies. La Figure 2 illustre la répartition des facteurs de causalité des déraillements en moyenne au cours de l'intervalle complet de sept ans. Ce sont les déraillements causés par le matériel qui se classent au premier rang, à hauteur de 34 %, suivis des déraillements causés par la voie, à hauteur de 29 % (ce qui équivaut aux causes non codées). Si l'on présume la même distribution des déraillements codés et des déraillements non codés, les déraillements causés par le matériel et la voie dominent manifestement, puisqu'ils représentent 89 % des déraillements en voie principale [c.-à-d. $(34+29) / (34+29+8)$].

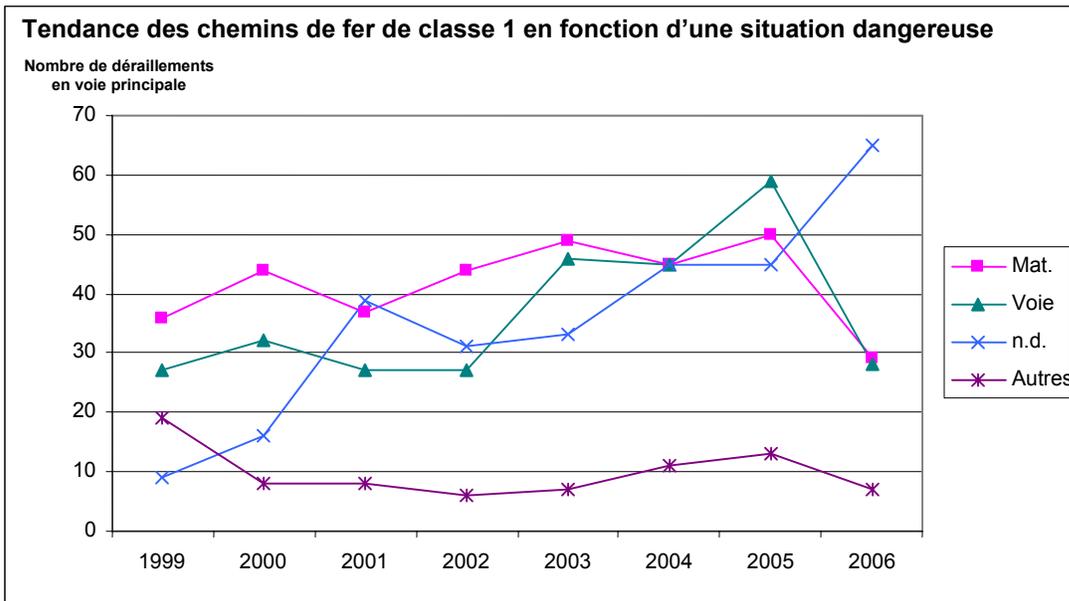


Figure 1 Tendance du nombre de déraillements des chemins de fer de classe 1

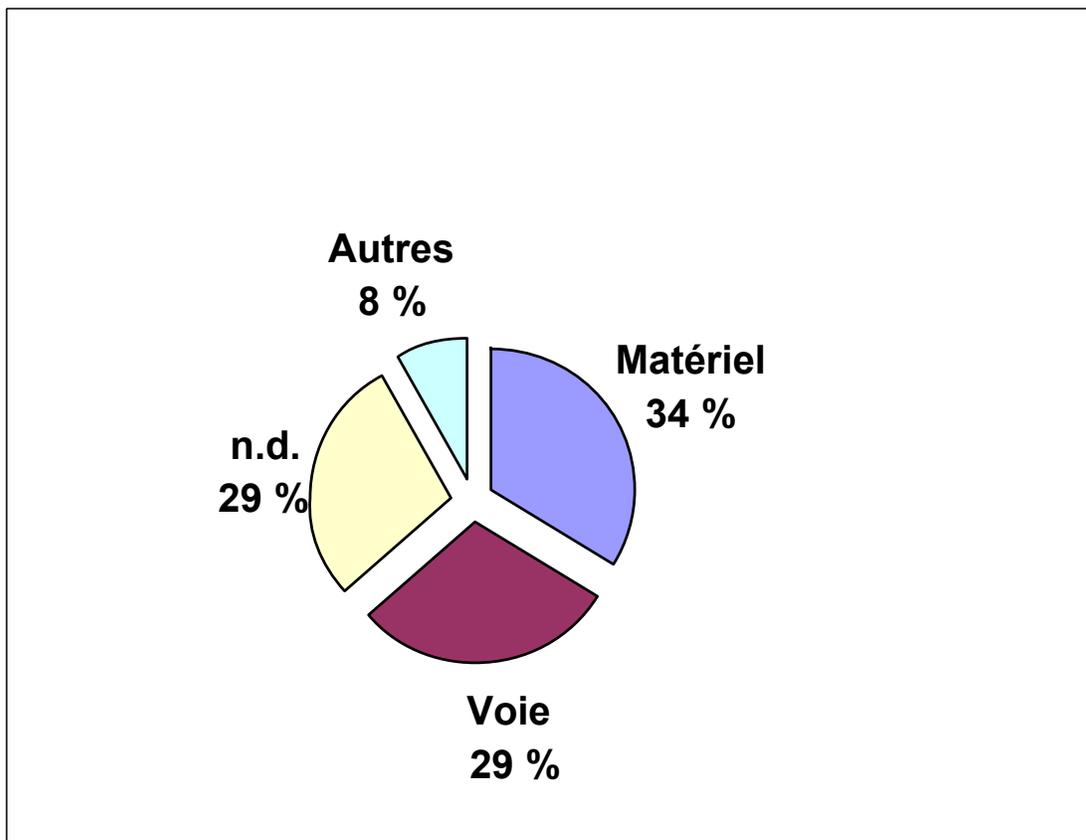


Figure 2 Répartition moyenne des facteurs de causalité cités (1999-2006)

2.2.2 Comparaison du rendement des chemins de fer de classe 1 en matière de sécurité

La tendance du taux de déraillements en voie principale du CFCP est illustrée à la Figure 3 et celle du CN, à la Figure 4. Les deux figures suivent la même présentation. Le trait plein bleu clair avec des symboles diagonaux représente le nombre de déraillements par million de trains-kilomètres, qui est l'axe vertical à la gauche du tableau. Le trait pointillé bleu clair est la tendance linéaire qui se rattache aux points de données. Le trait plein bleu avec des symboles X représente le nombre de déraillements par milliard de wagons-kilomètres, qui est l'axe vertical figurant à la droite du tableau. Le trait pointillé bleu est la tendance linéaire qui se rattache aux points de données.

Le point de données pour la dernière année (estimations relatives à 2006) est indiqué comme estimation, car les données sur l'activité n'étaient pas disponibles auprès de Transports Canada. On a présumé que les niveaux d'activités en 2006 étaient identiques à ceux de 2005; hypothèse qui repose sur le fait que les données mensuelles sur les wagons complets (qui étaient disponibles) ont révélé très peu de changement entre 2005 et 2006.

Si l'on examine les traits pointillés des données relatives au CFCP, on constate que, si l'on se fonde sur les trains-kilomètres au cours de la période 1999 à 2006, le taux de déraillements a augmenté de 0,9 à 1,1 déraillement par million de trains-kilomètres. Toutefois, si l'on se fonde sur les wagons-kilomètres, le taux de déraillements a légèrement augmenté, pour passer d'un peu moins de 15 à un peu plus de 15 déraillements par milliard de wagons-kilomètres.

Si l'on se penche sur les traits pointillés relatifs au CN, on constate que, sur la base des trains-kilomètres au cours de la période 1999 à 2006, le taux de déraillements est passé de 0,9 à 1,5 déraillement par million de trains-kilomètres. Si l'on se fonde sur les wagons-kilomètres, le taux de déraillements a augmenté de 12 à 17 déraillements par milliard de wagons-kilomètres.

À titre de comparaison, le taux de déraillements du CN était proche de celui du CFCP lorsqu'il est exprimé en trains-kilomètres en 1999, mais il a atteint une valeur supérieure. Exprimé en wagons-kilomètres, le CN affichait un taux de déraillements inférieur par rapport au CFCP, mais celui-ci avait atteint une valeur supérieure en 2006. Les écarts dans les tendances exprimées en wagons-kilomètres plutôt qu'en trains-kilomètres pour les deux chemins de fer indiquent que le CFCP a augmenté la longueur moyenne de ses trains durant la période, contrairement au CN. Le CN avait déjà augmenté la longueur de ses trains les années préalables et s'était porté acquéreur de plusieurs chemins de fer d'intérêt local pendant ce temps, ce qui peut avoir affecté la longueur moyenne de ses trains.

L'autre effet de l'acquisition de chemins de fer d'intérêt local est que le taux de déraillements sur les lignes à plus faible densité et les catégories de voies inférieures est plus élevé. Ce paramètre est analysé plus en détail dans le paragraphe qui suit. Pour l'instant, nous nous contentons de signaler qu'il est très difficile de procéder à des

comparaisons sans disposer d'une base de données comportant un niveau de détail significatif à la fois sur le plan des événements et celui de l'exposition.

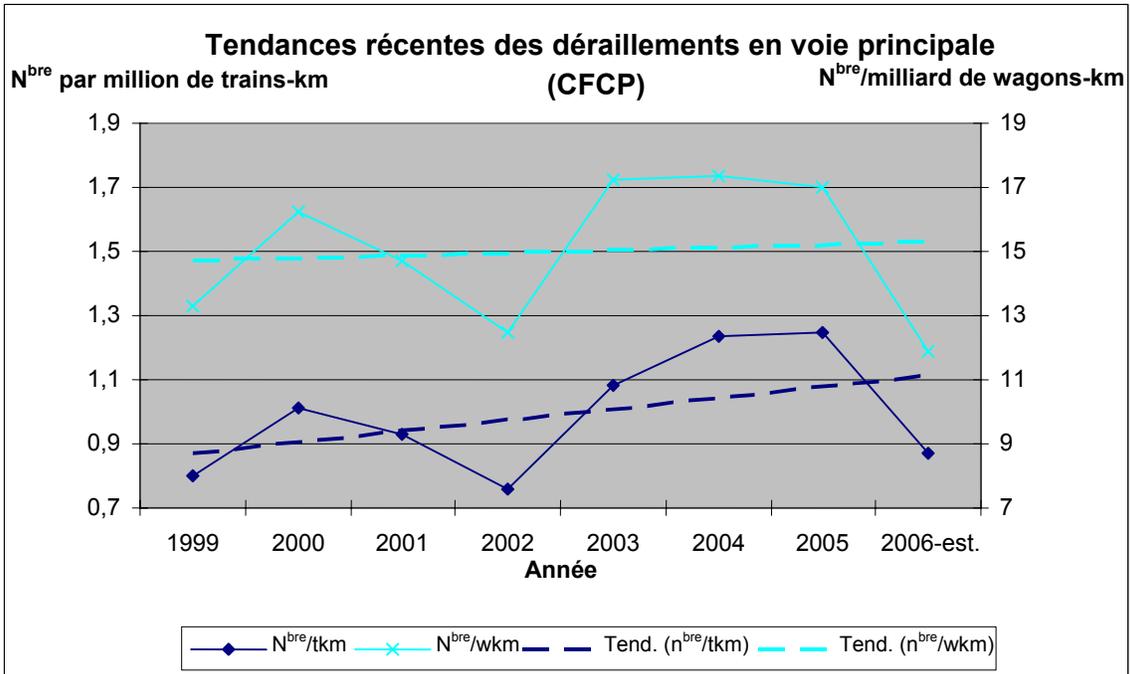


Figure 3 Tendances du taux de déraillements du CFCP

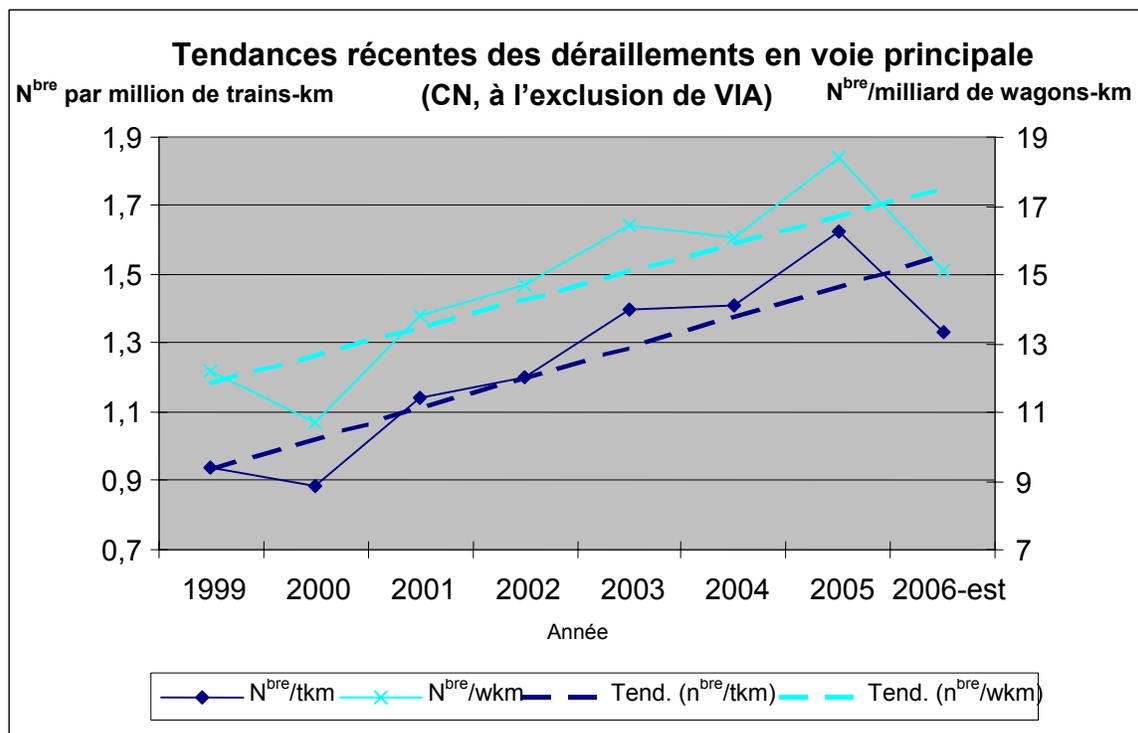


Figure 4 Tendances du taux de déraillements du CFCP

La tendance du nombre de déraillements ne permet pas de se faire un tableau complet des tendances en matière de sécurité. Les risques englobent à la fois la fréquence des événements et la gravité des conséquences. La seule mesure de la gravité que l'on trouve dans la BDEF concerne le nombre de wagons impliqués dans le déraillement. Alors que les reportages des médias sur les déraillements donnent l'impression d'un empilement majeur de nombreux wagons, de nombreux déraillements signalés ne concernent qu'un seul wagon ou un seul essieu du wagon qui sort des rails. La distribution des wagons impliqués dans des déraillements dans les données canadiennes est présentée au Tableau 1. On peut y voir que près de 38% des déraillements ne concernent qu'un seul wagon et 66% en impliquent cinq ou moins.

Tableau 1 Distribution du nombre de wagons impliqués dans les déraillements canadiens en voie principale

N ^{bre} de wagons qui ont déraillé	Proportion des déraillements
1	37,9 %
2	14,2 %
3 – 5	15,3 %
6 – 10	13,6 %
11 – 20	12,0 %
21 – 30	5,0 %
31 – 40	1,4 %
>40	0,6 %

Pour mieux comparer le rendement en matière de sécurité, nous avons examiné le nombre total de wagons déraillés de chaque chemin de fer chaque année. Cette mesure est plus proche des risques en cause si on l'interprète comme le nombre de déraillements (fréquence) multiplié par le nombre de wagons déraillés dans chaque déraillement (conséquences). Les taux de déraillements qui en résultent exprimés sous forme de wagons déraillés par milliard de wagons-kilomètres parcourus sont illustrés à la Figure 5 pour chaque chemin de fer. Les taux du CN sont illustrés dans les barres du côté gauche de chaque année alors que ceux du CFPC sont illustrés sur les barres à droite. Les lignes pointillées représentent les tendances non linéaires. En vertu de cette mesure, le CFPC a un taux de déraillements inférieur à celui du CN, mais un rythme d'augmentation plus élevé au cours de l'intervalle – la ligne relative au CFPC passe de 60 à 90 wagons déraillés par milliard de wagons-kilomètres, alors que la ligne du CN passe de 80 à 100 wagons déraillés par milliard de wagons-kilomètres.

Les taux de déraillements du CN et du CFPC sont illustrés à la Figure 6. La colonne de gauche présente la proportion exprimée en trains-kilomètres alors que la colonne de droite présente la proportion exprimée en wagons-kilomètres. Les deux proportions sont présentées pour chaque année et la moyenne de cette période est illustrée à la droite du tableau (moy.). Si les chemins de fer avaient des taux de déraillements équivalents, la proportion serait de 1,0, comme l'illustre la ligne horizontale en travers du tableau. D'après le nombre de trains-kilomètres, le taux du CN est plus élevé que celui du CFPC pour chaque année et est en moyenne 1,68 fois plus élevé que le taux du CFPC. Mesuré en

wagons-kilomètres, le taux du CN est inférieur à celui du CFCP en 2000, 2001 et 2003, mais supérieur les autres années; en moyenne, son taux représente 1,32 fois celui du CFCP.

Il faut signaler que le taux moyen est faussé par ce qui a sans doute été une année anormale en 1999. Les chiffres préalables sur les déraillements ferroviaires (Figure 3 et Figure 4) montrent que les deux chemins de fer ont affiché des taux de déraillements analogues en 1999, mais, comme en témoigne la Figure 5, que le CFCP a affiché un très faible nombre de wagons déraillés cette année-là, alors que le CN a eu un grand nombre de wagons déraillés cette même année. Si l'on exclut l'année 1999, le taux moyen de déraillements du CN pour les autres années représente 1,4 fois le taux du CFCP mesuré en trains-kilomètres et 1,1 mesuré en wagons-kilomètres.

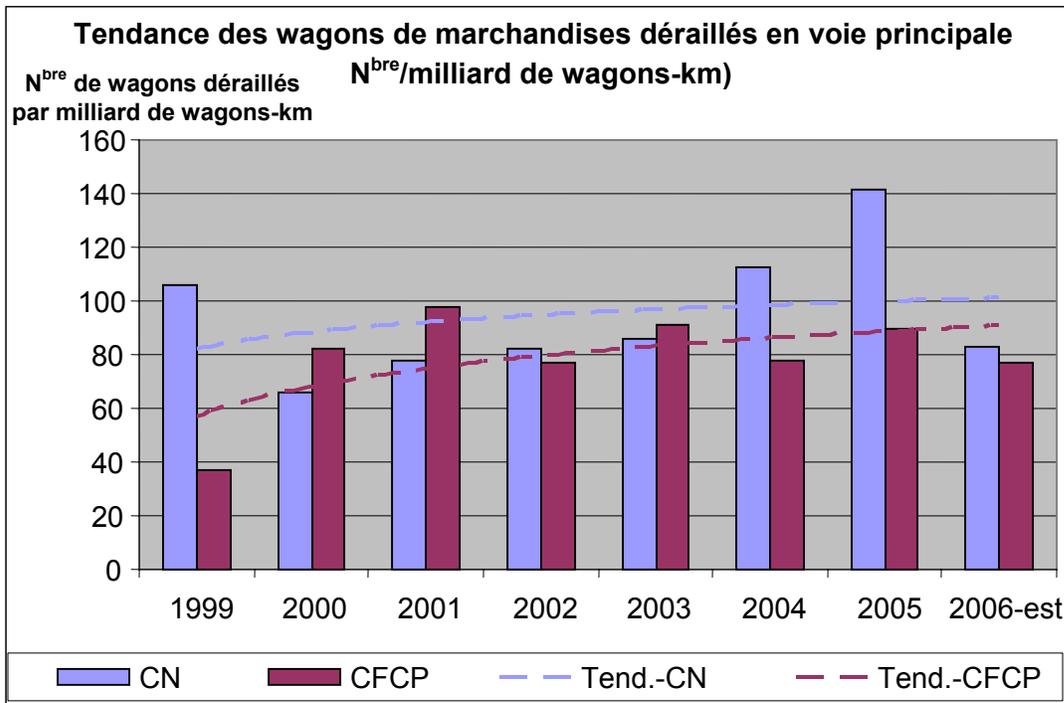


Figure 5 Comparaison du nombre total de wagons déraillés

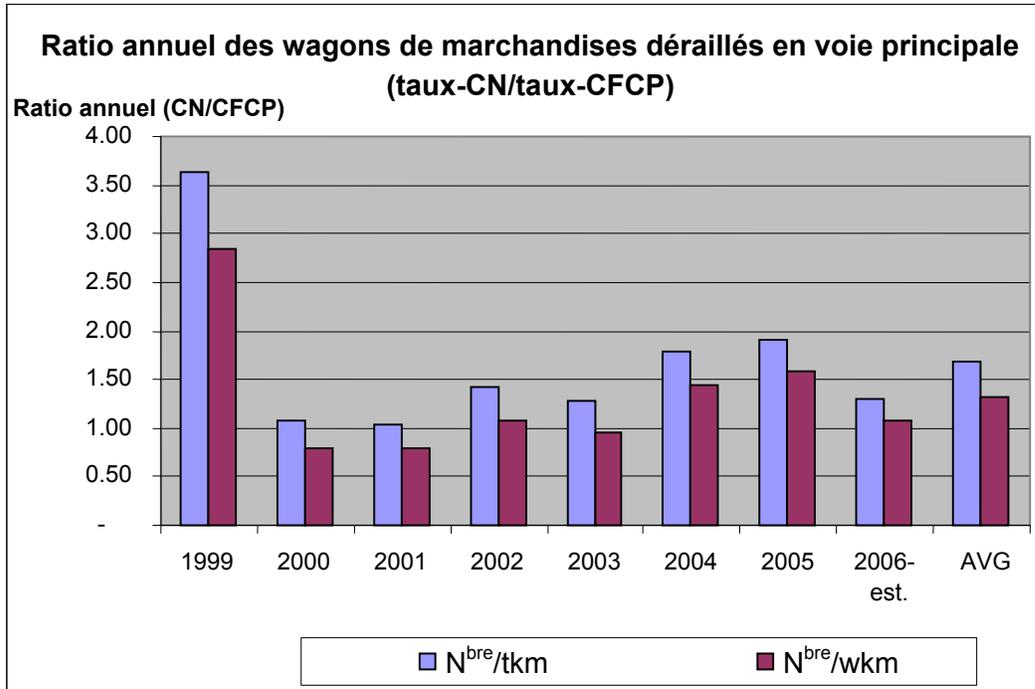


Figure 6 Ratio des taux des wagons déraillés

2.3 Impératifs des analyses futures de la sécurité

2.3.1 Rôle plus dynamique pour Transports Canada

Nous sommes d'avis que Transports Canada doit jouer un rôle plus dynamique dans l'analyse des tendances et la comparaison du rendement des chemins de fer. Nous pensons également que le cœur de ces analyses doit être le niveau maximum de la mesure du rendement en matière de sécurité, à savoir le taux de dérailements. Les comparaisons et l'analyse des tendances ne revêtent pas seulement une importance névralgique pour que TC assume son rôle d'organe de surveillance de la sécurité, mais constituent une tâche à valeur ajoutée pour les chemins de fer.

L'importance actuelle attachée par TC aux inspections de composantes conforte l'idée fautive que le rendement en matière de sécurité est lié aux activités aux échelons inférieurs de l'organisation. Nous sommes d'avis que le rendement en matière de sécurité doit être évalué à un niveau supérieur (c.-à-d. selon le taux de dérailements) et abordé à un niveau supérieur (c.-à-d. par la direction). Toutefois, il faut mener d'autres recherches avant d'entreprendre une analyse rigoureuse des tendances ou une comparaison.

Comment remédier aux lacunes des données

Alors que près de 50 % des dérailements résultent de préoccupations non codées en matière de sécurité, la base de données du BST (dans sa forme actuelle) limite les conclusions que l'on peut en tirer. On nous a dit que la BDEF du BST comprend surtout des données qui lui sont transmises par les chemins de fer (qui sont tenues de signaler les

accidents au BST). Certains champs du rapport d'accident sont actualisés au sujet des enquêtes menées par le BST, mais il ne s'agit que d'une faible proportion de la base de données.

Lorsque les chemins de fer soumettent leurs données pour la première fois, la cause n'est pas toujours connue. Chaque chemin de fer procède à sa propre évaluation des facteurs qui ont contribué au déraillement et il actualise les données internes lorsque l'enquête est terminée. Les rapports d'accident préliminaires sont soumis sur copie papier et transcrits manuellement dans la base de données du BST. Le BST a pour usage de demander à ses enquêteurs sur le terrain d'entrer en rapport avec les chemins de fer pour renseigner les champs manquants. Celles-ci ont déclaré que les compressions d'effectifs depuis 1999 ont aggravé le problème de l'actualisation des données.

On nous a dit que Transports Canada avait éprouvé des problèmes à obtenir des données de sécurité directement auprès des chemins de fer car, sur le plan juridique, les données doivent seulement être fournies au BST. Même si le BST à son tour transmet les données sur les accidents à TC, il s'intéresse davantage aux enquêtes sur chaque accident qu'au rendement en matière de sécurité ferroviaire. Il attache moins d'importance à l'entrée en rapport avec les chemins de fer en personne pour actualiser manuellement les champs de données sur les formulaires de rapport.

Transports Canada assume le rôle d'organe de surveillance de la sécurité et doit donc disposer des données qui appuient l'analyse de la sécurité inhérente à l'évaluation du rendement de l'industrie. Nous sommes d'avis que les déraillements ferroviaires sont la plus élémentaire des mesures du rendement en matière de sécurité et que Transports Canada doit prendre directement part à l'accès et à la vérification des données.

Nous sommes d'avis que les rapports actuels sur support papier sont inefficaces et se prêtent à des erreurs de transcription. Nous recommandons donc à chaque chemin de fer de constituer une base de données sécurisée contenant tous les champs nécessaires figurant dans les formulaires de rapport du BST, de s'assurer que la base de données est automatiquement actualisée au fur et à mesure que les données sont disponibles et que TC et le BST ont tous deux accès en direct à la base de données.

Nous recommandons par ailleurs que la base de données englobe tous les dossiers préalables jusqu'en 1999, lorsque le pourcentage de champs vierges dans la base de données s'est mis à augmenter. S'il est impossible de constituer la base de données en ligne d'ici deux ans, nous recommandons que les données manquantes au cours de la période qui s'est écoulée depuis 1999 soient recueillies au moyen des procédures manuelles existantes par le personnel sur le terrain du BST ou de Transports Canada.

Nous croyons savoir que la récente adoption du projet de loi C-11 procure à Transports Canada un vecteur qui lui permet de définir les nouvelles exigences de déclaration des données. Nous recommandons à la Direction générale de la sécurité ferroviaire d'insérer dans ces règlements une prescription qui lui donne directement accès aux données sur les

accidents de chemin de fer qui sont signalés au BST et le pouvoir d'assurer le suivi des lacunes dans ces données.

Deux éléments d'information sont nécessaires pour évaluer les taux de déraillements. Le premier réside dans les manquements à la sécurité (ou les causes) du déraillement, et le deuxième dans les niveaux d'exposition ou d'activité (trains-milles ou wagons-milles). Selon notre analyse, il se peut qu'il y ait des divergences de pratique en ce qui concerne ces deux éléments. Dans l'évaluation des causes, il se peut que le CN et le CFCP évaluent différemment les déraillements dus au système de freinage. Dans les niveaux d'activité, nous n'avons pas été en mesure de savoir si les wagons porte-conteneurs articulés « *five-pack* » sont comptabilisés comme cinq wagons ou comme un seul, ou encore si les trains qui effectuent des manœuvres sont compris dans l'ensemble des trains-milles en voie principale ou dans les activités de manœuvre de triage. Si Transports Canada n'est pas déjà investi d'un tel pouvoir lors de sa vérification des systèmes de gestion de la sécurité ferroviaire, il doit également apporter les changements nécessaires pour inclure les éléments suivants, qui sont indispensables aux enquêtes sur les déraillements de trains :

- les lignes directrices qui servent à évaluer les manquements à la sécurité (ou les causes des accidents) et le déroulement effectif des enquêtes sur les déraillements;
- le fondement et l'uniformité des données sur les activités entre les chemins de fer (wagons-milles et trains-milles)

Les mesures ci-dessus permettront d'avoir un ensemble uniforme de données pour l'analyse des tendances et leur comparaison. Toutefois, il faudra mener des recherches pour concevoir des mesures précises du rendement, à la fois pour l'analyse des tendances et la comparaison des chemins de fer. Les facteurs environnementaux peuvent jouer un rôle appréciable dans les tendances et, s'ils ne se reflètent pas dans les données, cela peut aboutir à des conclusions erronées sur le rendement en matière de sécurité et les mesures d'atténuation. Par ailleurs, les différences au chapitre de l'exploitation et des types de voies peuvent présenter à un chemin de fer un milieu de sécurité plus exigeant qu'à une autre. Il est donc important de tenir compte de ces facteurs dans toute comparaison. On illustrera cela par quelques exemples dans les paragraphes qui suivent.

2.3.2 Facteurs environnementaux

Alors que l'échéancier et la portée de ce projet n'ont pas permis d'évaluer en profondeur les facteurs de causalité qui entrent en jeu dans les déraillements, les vastes écarts des taux annuels de déraillements ont été examinés de manière superficielle. Les deux principales causes des déraillements sont des ruptures des roues dans la catégorie du matériel et des défauts des rails dans la catégorie des voies. Ensemble, ces deux causes sont responsables d'environ 35 % de tous les déraillements déclarés. Une influence saisonnière s'exerce sur ces deux taux de défaillance. Comme l'illustre la Figure 7, les mois d'hiver (décembre à mars) voient une proportion nettement supérieure de déraillements attribuables aux roues et aux rails (R&R). Comme l'indique la figure, janvier affiche 2,6 fois le nombre mensuel moyen de déraillements R&R alors que juillet n'affiche que 0,25 fois la

moyenne. La Figure 8 superpose une indication des basses températures hivernales sur les taux de déraillement estimatifs R&R pour chaque année entre 1996 et 2006.

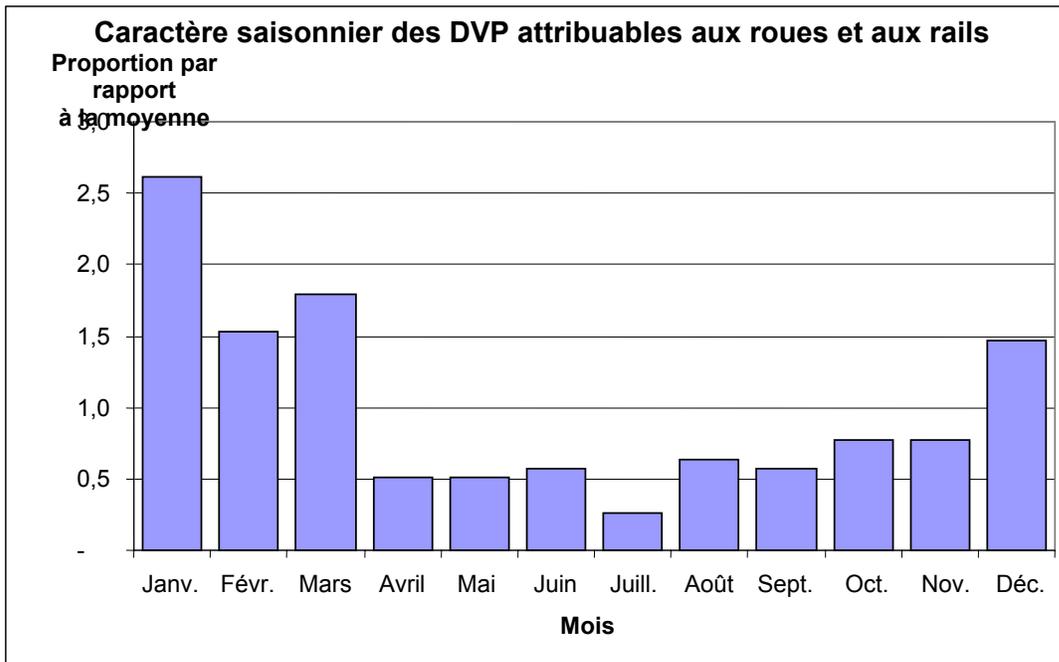


Figure 7 Caractère saisonnier des déraillements ferroviaires en voie principale attribuables à des ruptures de roues

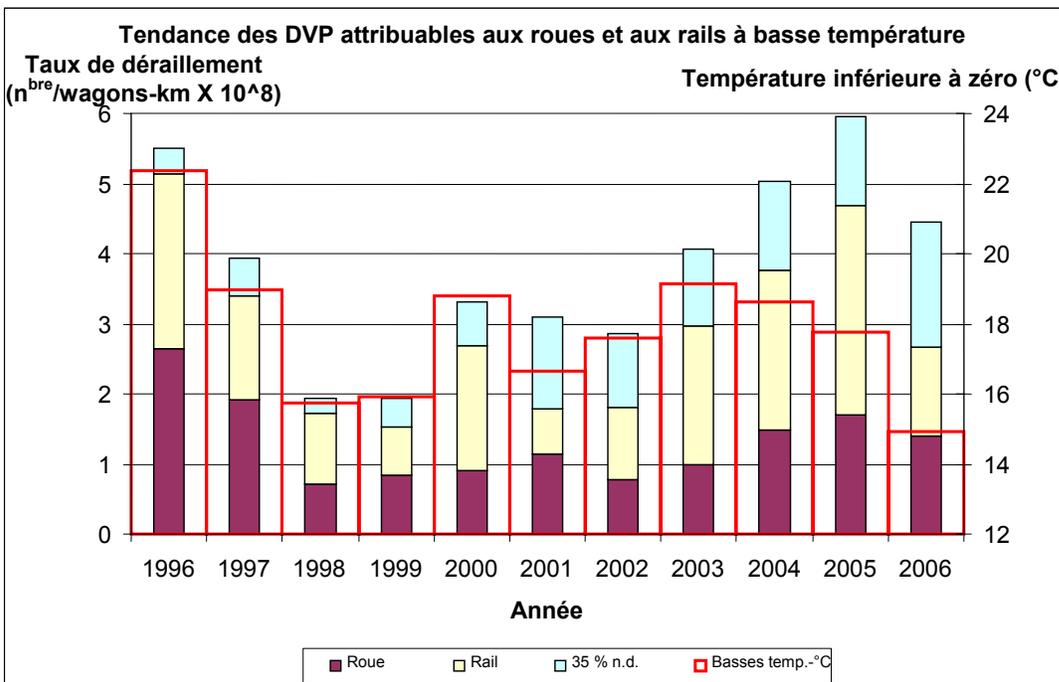


Figure 8 Influence des basses températures hivernales sur le taux annuel de déraillements

Les basses températures hivernales représentent la moyenne des basses températures entre janvier et mars, sans oublier le mois de décembre pour Saskatoon (Saskatchewan) et Geraldton (Ontario). La température inférieure à zéro en degrés Celsius est illustrée sur l'axe de droite. Ainsi, les plus basses températures hivernales moyennes en 1996 étaient de -22.4°C , et les températures hivernales moyennes les plus élevées en 2006 étaient de -15°C .

Les taux de déraillements estimatifs totaux R&R (nombre de déraillements/milliard de wagons-kilomètres) sont sous forme de barres empilées sur l'axe de gauche. Le segment inférieur des barres représente le taux de déraillements attribuables aux roues, le deuxième segment représente le taux de déraillements attribuables aux rails et le segment supérieur représente une marge de 35 % des déraillements non codés (n.d.). On peut constater que les très grandes variations des taux de déraillements entre 1996 et 2002 (et peut-être même 2003) concordent bien avec les variations des basses températures. La température à elle seule pourrait être le paramètre qui permet d'expliquer les variations des taux de déraillements R&R au cours de cette période. Entre 2002 et 2006, le taux de déraillements R&R dépasse ce que l'on aurait pu escompter des écarts de température. Il est également possible que la diminution du taux de déraillements entre 2005 et 2006 soit attribuable aux importantes variations des basses températures hivernales, plutôt qu'aux mesures d'atténuation prises au cours de cette période.

2.3.3 Influences opérationnelles des chemins de fer

Comme nous l'avons déjà dit, nous sommes d'avis que la comparaison du rendement et l'analyse des tendances sont des rôles importants pour Transports Canada et que ces comparaisons doivent comporter des mesures du rendement à un niveau supérieur. Il faut néanmoins tenir compte d'un certain nombre d'influences dans les comparaisons du rendement des chemins de fer. Il serait déraisonnable de comparer le rendement des chemins de fer canadiens à celui de leurs homologues américains dans les domaines des défauts des roues et des rails. De même, il ne serait pas raisonnable d'évaluer l'efficacité des initiatives prises pour atténuer les défauts des roues et des rails sans tenir compte des variations de température dans l'évaluation.

Outre les influences environnementales, certaines différences opérationnelles peuvent exercer une influence sur le taux de déraillements ou la gestion de la sécurité d'un chemin de fer par rapport à un autre. Les charges par essieu, les types de wagons et les caractéristiques de la voie sont autant de paramètres qui influent sur le rendement en matière de sécurité et qu'il faut idéalement traiter comme des variables indépendantes dans une analyse statistique. Le CFCP a des pentes et des courbes nettement plus prononcées sur son réseau de grandes lignes que le CN, avant sa prise de contrôle de BC Rail. Le relief de BC Rail est beaucoup plus accidenté que celui du CFCP. Le CN a un trafic voyageurs et marchandises mélangé sur une bonne partie de son réseau, ce qui se traduit par une vitesse inférieure des trains de marchandises qui doivent négocier des courbes conçues pour des trains de voyageurs à plus grande vitesse. De plus, comme nous le verrons plus loin à la section 3.1.3, les défauts des roues sont liées à l'échange de matériel avec

les chemins de fer américains qui ne connaissent pas nos basses températures hivernales. Le CN étant un chemin de fer qui exploite davantage de routes nord-sud que le CFCP, il est sans doute plus exposé à des problèmes de roues à cause de ses échanges de matériel.

Il importe de tenir compte du plus grand nombre possible d'influences connues ou possibles sur la comparaison et l'analyse des tendances du rendement en matière de sécurité. Une récente étude réalisée pour le compte de la Direction générale du transport des marchandises dangereuses a recensé deux variables explicatives. Étant donné que TranSys Research Ltd. a entrepris cette étude, l'analyse qui suit est extraite de ce rapport sans guillemets.

2.3.3.1 Influence de la densité du trafic

L'un des paramètres dont on a constaté qu'il permettait de différencier les taux de déraillements est la densité du trafic sur la ligne. La densité du trafic a été mesurée comme le nombre confondu moyen de trains de marchandises et de voyageurs qui circulent sur une subdivision chaque jour, sur chacune des divisions des réseaux du CN et du CFCP. Le taux global de déraillements selon la densité du trafic est alors comparé aux valeurs correspondantes d'exposition aux trains-milles à la Figure 9. Sur cette figure, les déraillements qui surviennent sur les lignes d'intérêt local abandonnées ou cédées sont inclus dans la plage de densité « moins de 5 trains par jour », de telle sorte que la portion des déraillements survenus sur des lignes de chemin de fer à faible densité est de 31 %. Les mêmes lignes à faible densité ont représenté 10 % des trains-milles. Sans affectation des lignes abandonnées/cédées, 24 % des déraillements sont survenus sur des lignes de chemin de fer à faible densité.

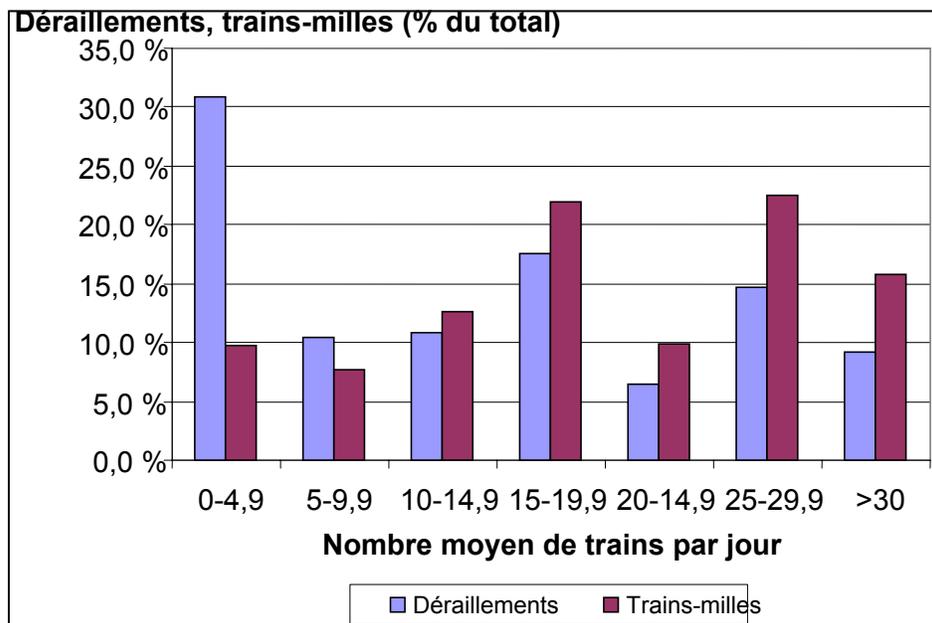


Figure 9 Déraillements de trains de marchandises et répartition des trains-milles selon la densité du trafic

Pour les trains de voyageurs, le pourcentage de déraillements sur les lignes à faible densité était analogue à celui des trains de marchandises, à savoir que 24 % des déraillements sont

survenus sur des lignes à faible densité, ce qui représente 6 % des trains-milles voyageurs. La proportion de déraillements est de 37 % lorsque l'on présume que les déraillements qui surviennent sur des lignes abandonnées/d'intérêt local ont accueilli moins de cinq trains par jour.

Même si le taux de déraillements est plus élevé sur les lignes à faible densité, le nombre absolu de déraillements n'y est pas forcément plus élevé que sur les lignes à forte densité. Le taux de déraillements mesuré au-dessus en termes de déraillements/train-mille reflète le nombre total de déraillements prévus partout sur le réseau où l'on trouve les mêmes caractéristiques. La fréquence escomptée des déraillements sur un court tronçon particulier d'une ligne à faible densité impose intrinsèquement un faible multiplicateur des trains-milles. Les lignes à faible densité comportent beaucoup plus de routes-milles que les lignes à forte densité. Cinquante pour cent des routes-milles avaient une densité de trafic inférieure à 5 trains par jour, alors que 16 % avaient une densité de trafic supérieure à 20 trains par jour. Ainsi, alors que le taux de déraillements est plus élevé sur les lignes à faible densité, le nombre absolu de déraillements qui surviennent sur une voie d'évitement précise est généralement inférieur pour les lignes à faible densité.

2.3.3.2 Influence de la catégorie de voie

La catégorie de voie (que l'on peut déduire des limites de vitesse de l'indicateur) est l'autre paramètre jugé significatif dans les données. Cela cadre avec les constatations d'Anderson et Barkan [Anderson et Barkan, 2004], qui ont observé que les taux de déraillements aux États-Unis diminuent parallèlement à l'augmentation de la catégorie de voie.

Les limites de vitesse ont servi de substitut à la catégorie de voie. Nous estimons qu'il s'agit d'un substitut de la qualité géométrique de la voie lorsqu'on a affaire à des lignes de faible densité de trafic. La catégorie de voie (ou limite de vitesse) est également un substitut de la courbure lorsqu'on a affaire à une ligne à forte densité. Nous n'avons pas une mesure directe de la courbure selon le tronçon de ligne et notre indice de courbure estimatif par région n'a pas produit une influence significative sur les déraillements. Notre indice de courbure estimatif a été affecté au niveau de la subdivision au complet en fonction de notre jugement de l'intensité et du nombre de courbures escomptés sur cette subdivision. La courbure à certains endroits d'une subdivision n'était pas connue et, même si c'est un champ qui figure dans la base de données BDEF, ce champ est rarement garni de données.

Même si nous savons du point de vue de l'ingénierie que la courbure exerce une influence sur certains types de déraillements ferroviaires, nous avons hésité à attribuer un facteur particulier fondé sur le jugement car la mesure de catégorie de voie utilisée dans les données reflète effectivement indirectement l'état de la courbure – des courbures prononcées imposent des limites de vitesse inférieures.

Les données affichent des variations dans les catégories de voie à travers toutes les densités de trafic. Les lignes à faible densité avaient des tronçons de voie assortis de limites de vitesse de classe 3 et de classe 4. De même, les lignes à forte densité avaient des tronçons de voie assortis de limites de vitesse de classe 2 et de classe 3. Comme nous l'avons vu, nous sommes d'avis que cette mesure reflète différents paramètres sous-jacents

lorsqu'elle est prise dans les différentes densités de trafic, mais qu'elle a une influence semblable sur les taux de déraillements – une catégorie de voie inférieure désigne soit une qualité de voie inférieure ou une conception de voie plus complexe en raison du fort taux de courbure, deux paramètres qui multiplient les risques de déraillement.

Observation

L'analyse des sections qui précèdent témoigne de l'importance qu'il y a à tenir compte des influences environnementales et opérationnelles connues dans l'analyse des tendances et les comparaisons. Ce facteur et d'autres influences connues doivent aboutir à la constitution d'une base de données et à l'établissement d'un processus statistique rigoureux. Nous recommandons que la DGSF de TC entreprenne ou finance les recherches nécessaires à l'appui d'une analyse rigoureuse permanente des tendances et des comparaisons du rendement en matière de sécurité ferroviaire.

3 Types de déraillements et stratégies d'atténuation

Dans ce chapitre, nous étudions les tendances relatives aux déraillements et les stratégies d'atténuation; pour commencer, au sujet du matériel roulant et, ensuite, au sujet de la voie. Dans chaque catégorie, nous analysons les tendances, les facteurs de causalité et les stratégies d'atténuation. Dans la troisième section, nous étudions les facteurs de causalité communs aux ruptures de la voie et aux défaillances du matériel roulant. Dans la quatrième partie, nous nous penchons sur les défaillances géotechniques et, dans la dernière, nous analysons d'autres installations, notamment les panneaux de signalisation et les ponts.

3.1 Défaillances du matériel roulant

3.1.1 Types de défaillances du matériel

La Figure 10 illustre la distribution proportionnelle des types de défaillances de matériel en moyenne au cours de la période 1999 à 2006 signalés par le CN (graphique circulaire de gauche) et par le CFCP (graphique circulaire de droite). On peut constater que les essieux/roues sont la principale catégorie dans les deux cas, et sont suivis par les composantes de caisse/attelage.

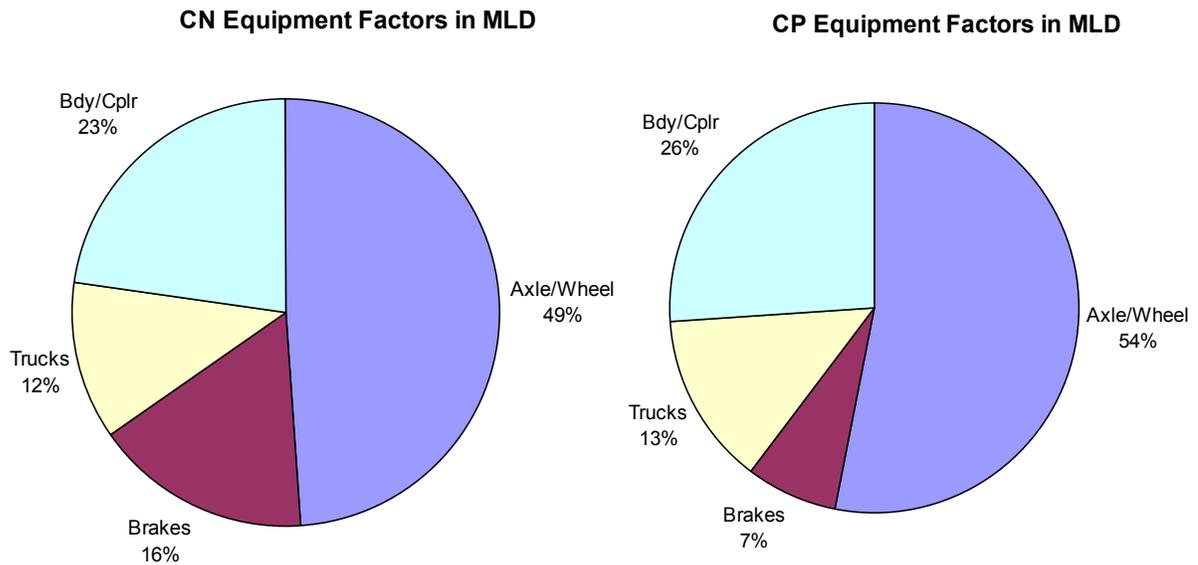


Figure 10 Répartition des facteurs liés au matériel dans les déraillements en voie principale

TRADUCTION

CN Equipment Factors in MLD	Facteurs de matériel roulant du CN dans les DVP
CP Equipment Factors in MLD	Facteurs de matériel roulant du CFCP dans les DVP
Bdy/Cplr	Caisse/attelage
Axle/Wheel	Essieu/roue
Brakes	Freins
Trucks	Bogies

La principale différence entre les deux est la proportion de défaillance des freins – le CN signale près de deux fois plus de défaillances de composantes des freins comme cause d'un déraillement que le CFCP. Les catégories restantes sont supérieures d'environ 10 % pour le CFCP à cause de cette différence. On nous a dit que la différence est vraisemblablement attribuable à une différence dans l'établissement des rapports plutôt qu'à un facteur de causalité – les enquêtes sur les lieux d'un déraillement ne sont pas une science exacte, puisque l'on fouille l'épave pour y trouver des indices de la cause. Un chemin de fer peut décider que la timonerie de frein trouvée sur la voie est plus souvent un facteur de causalité qu'un autre.

Néanmoins, si TC se livrait à une comparaison suivie rigoureuse appuyée par une base de données complète, des différences comme celles-ci pourraient faire l'objet d'un suivi avec les chemins de fer qui les signalent pour déterminer s'il y a des variations dans les directives d'enquête sur les accidents ou si les leçons que l'on peut tirer des méthodes d'entretien et (ou) d'inspection d'un chemin de fer peuvent s'appliquer à un autre.

3.1.2 Tendances relatives aux défaillances du matériel roulant

La Figure 11 illustre les variations annuelles des facteurs de matériel cités par chaque chemin de fer pour les déraillements en voie principale. Les données sont présentées sous forme de barres empilées, de sorte que chaque élément vient s'ajouter pour déterminer le taux global de déraillements liés au matériel roulant pendant l'année. Le segment supérieur de chaque barre empilée représente la proportion attribuée de dossiers sans facteur de causalité cité. Étant donné que les facteurs de matériel ont été cités dans 48 % des déraillements dont la cause est indiquée, 48 % des dossiers vierges ont été affectés au matériel comme cause vierge. Ainsi, par exemple, en 1999, le CN a signalé au total cinq facteurs de déraillement liés au matériel roulant par milliard de wagons-kilomètres. Environ 2,25 avaient un rapport avec un essieu ou une roue, 0,45 avait un rapport avec le système de freinage, 1,1 % avait un rapport avec un bogie et 1,35 avait un rapport avec la caisse ou l'attelage. Outre les cinq déraillements signalés par milliard de wagons-kilomètres, une autre tranche de 1,1 est attribuable aux 48 % de dossiers laissés vierges, ce qui porte le total des déraillements estimatifs dus à une défaillance du matériel roulant à 6,2 par milliard de wagons-kilomètres. Étant donné que certains déraillements sont dus à des causes multiples, le taux cumulatif des situations dangereuses dépasse le simple taux de déraillements qui repose sur le nombre d'événements.

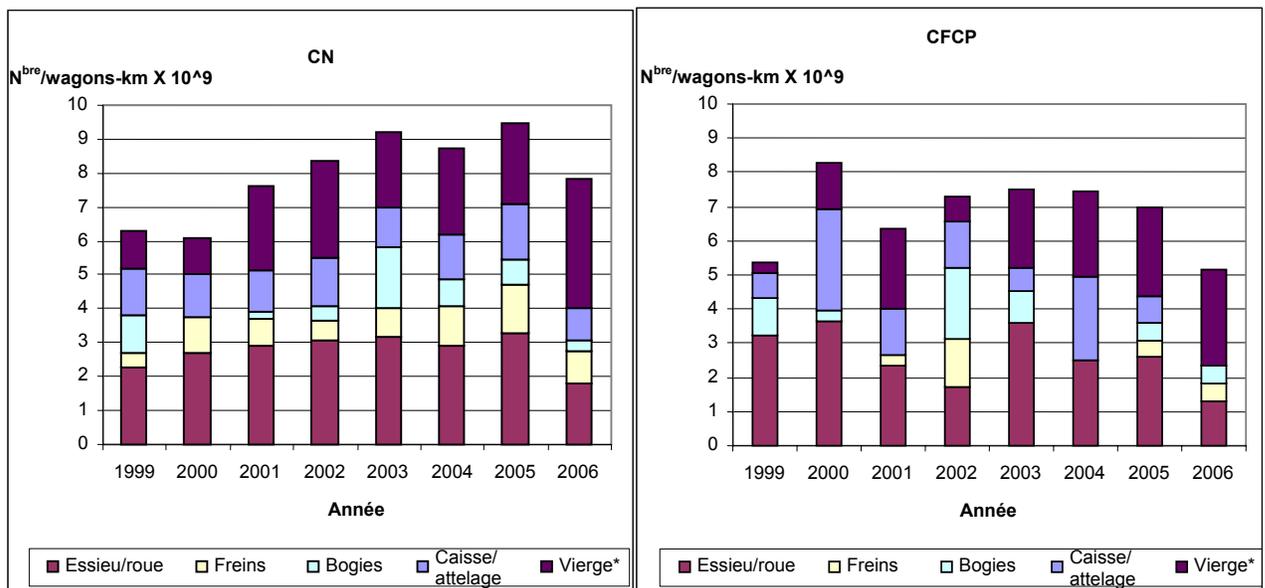


Figure 11 Tendances des situations dangereuses ayant entraîné un déraillement lié au matériel roulant pour le CN et le CFPC

Compte tenu de la proportion croissante de déraillements qui ne sont pas codés dans les données, on ne peut pas tirer de conclusions définitives sur les tendances. Il semble qu'il y ait un écart important dans les composantes du matériel citées d'une année sur l'autre. Alors que le CN et le CFPC avaient un taux moyen de défaillances du matériel analogue les trois premières années, le taux du CN dépasse celui du CFPC les quatre dernières années.

3.1.3 Stratégies d'atténuation relatives au matériel roulant

3.1.3.1 Procédures courantes d'inspection et d'entretien

Transports Canada a établi un ensemble de règles qui obligent les chemins de fer à régulièrement inspecter et entretenir leur matériel roulant. Au cœur de ces règles, il y a les inspections de sécurité qui doivent être réalisées par des inspecteurs accrédités chaque fois que des locomotives, des wagons de voyageurs ou de marchandises sont mis en service. Pour faciliter cela, les chemins de fer ont implanté des lieux désignés pour les inspections de sécurité sur leurs réseaux. Les inspecteurs accrédités vérifient le bon fonctionnement du matériel roulant pour s'assurer que les composantes de chaque véhicule sont entretenues en respectant les limites d'usure acceptées dans l'industrie telles qu'elles sont prescrites dans l'Interchange Rules de l'AAR. Lorsqu'un inspecteur accrédité décèle une avarie compromettant la sécurité d'un wagon, celui-ci doit faire l'objet d'une réparation immédiate ou être déclaré « wagon avarié » et envoyé sur une voie de réparation. Les règles de l'AAR stipulent que les roulements à rouleaux doivent être lubrifiés au moins tous les 18 mois. Les chemins de fer peuvent également établir leurs propres calendriers et critères internes pour d'autres opérations courantes d'entretien conformément au cahier des charges du fabricant du matériel.

Une locomotive doit faire l'objet d'une inspection de sécurité par un inspecteur accrédité de locomotives lorsqu'elle fait partie d'un convoi affecté au transport de marchandises. Pour les trains de voyageurs, les locomotives doivent également faire l'objet d'une inspection de sécurité chaque fois qu'un train est immobilisé pendant plus de huit heures. Les locomotives utilisées dans les gares de triage ou en « service désigné » doivent faire l'objet d'une inspection de sécurité au moins tous les dix jours lorsqu'elles se trouvent dans un lieu désigné pour les inspections de sécurité, faute de quoi elles doivent faire l'objet d'une inspection de sécurité à des intervalles qui ne sauraient dépasser 45 jours.

Les inspections de sécurité doivent être effectuées sur les wagons de voyageurs par un inspecteur accrédité chaque fois qu'un train est formé, immobilisé ou que des wagons sont ajoutés au train ou font l'objet d'un échange. Si un inspecteur accrédité de matériel remorqué n'est pas disponible à l'endroit voulu, une personne qualifiée, comme le mécanicien de locomotive, doit alors procéder à une inspection moins détaillée avant le départ. Le train doit ensuite faire l'objet d'une inspection de sécurité complète au premier lieu désigné pour les inspections de sécurité qu'il rencontre sur son trajet.

Les wagons de marchandises doivent faire l'objet d'une inspection de sécurité par un inspecteur accrédité de matériel remorqué lorsqu'ils entrent dans la formation d'un convoi à un lieu désigné pour les inspections de sécurité. Autrement, ils doivent faire l'objet d'une inspection avant le départ par un employé qualifié puis être inspectés par un inspecteur accrédité dès que le train arrive à l'endroit désigné le plus proche pour les inspections de sécurité. Les wagons qui transportent des marchandises dangereuses doivent faire l'objet d'une inspection de sécurité complète au poste d'inspection de sécurité le plus proche avant d'être chargés et faire à nouveau l'objet d'une inspection de sécurité lorsqu'ils sont réceptionnés par le chemin de fer d'exploitation après avoir été chargés.

Le *Règlement sur les freins des trains de marchandises et de passagers* contient d'autres procédures d'inspection auxquelles il faut se plier pour vérifier le bon fonctionnement des freins d'un train. Pour les locomotives, les freins et les équipements de commande connexes doivent être vérifiés après une immobilisation ou une réparation. Pour les convois qui quittent un poste d'inspection de sécurité après leur formation, un inspecteur accrédité de matériel remorqué doit effectuer un essai de frein n° 1 qui permet de vérifier : l'intégrité et la continuité de la conduite générale; l'état de la timonerie de frein sur chaque véhicule du train; le serrage et le desserrage des freins de chaque véhicule; et s'assurer que la course du piston sur chaque véhicule est conforme aux normes. Les inspections des freins au défilé ont pour but de vérifier que les freins de chaque wagon au desserrage sont acceptables pour les départs après qu'un train a fait l'objet d'un essai des freins plus complet. Les mécaniciens de locomotives qui conduisent des trains de voyageurs ont recours à des « essais de frein en marche », qui consistent à mettre à l'épreuve les freins d'un train de voyageurs en mouvement pour s'assurer qu'ils fonctionnent. Selon le règlement, les trains ne sont pas autorisés à quitter un poste d'inspection de sécurité sauf si au moins 95 % des freins sont en état de fonctionnement. Les départs d'autres endroits sont autorisés sous réserve qu'au moins 85 % des freins fonctionnent normalement.

Un essai plus approfondi appelé « essai de frein sur wagon isolé » est effectué régulièrement pour mesurer la quantité d'air qui s'échappe de la conduite, des raccords et des cylindres de frein d'un wagon. Les wagons neufs doivent faire l'objet d'un essai de frein sur wagon isolé 96 mois après leur date de construction. Tous les autres wagons doivent faire l'objet d'essais de frein sur wagon isolé à des intervalles qui ne sauraient dépasser 60 mois.

Le règlement CFR49.180.509.g du ministère des Transports des États-Unis précise les intervalles d'essai de pression pour les wagons-citernes. Les essais les plus stricts concernent les wagons-citernes soudés par fusion, dont les intervalles d'essai ne doivent pas dépasser dix ans; et, si le wagon transporte des substances corrosives, ses équipements techniques (conduites, soupapes, raccords) doivent être inspectés au moins tous les cinq ans.

3.1.3.2 Stratégies relatives aux roues

Roues de meilleure qualité

Les chemins de fer ont reconnu que les ruptures de roues étaient un problème, en particulier les roues d'un certain fabricant. Les ruptures de roues analogues à celle illustrée à la Figure 12 ont souvent été retracées aux roues d'un certain fournisseur (Southern) et fabriquées en 1995, qui est l'année où le fabricant a fait faillite.



Figure 12 Photo d'une fracture de la jante d'une roue de Southern

Source : Bureau de la sécurité des transports [BST, 2004].

Les ruptures de roues sont beaucoup plus marquées par temps froid (voir Figure 7 au préalable) et il en découle que c'est un problème qui concerne davantage les chemins de fer canadiens que l'industrie dans son ensemble. Les chemins de fer américains peuvent utiliser les roues du fournisseur qui a fait faillite et éprouver un taux de rupture nettement inférieur. Si l'on associe cela au fait que la majorité des ruptures de roues (75 % pour le CN) sont décelées par une inspection avant qu'elles n'entraînent un déraillement, il n'a pas été facile aux chemins de fer canadiens de parvenir à un accord au sein de l'industrie pour éliminer progressivement l'utilisation de ces roues.

Le CN et le CFCP changent désormais les roues problématiques s'ils constatent leur présence sur leurs wagons lorsque ceux-ci sont à l'atelier pour y subir une inspection. Toutefois, si le CN et le CFCP ne comptaient pas un grand nombre de roues prédisposées à une rupture dans leurs matériels roulants, des wagons américains et privés circulent sur le réseau ferré canadien et les wagons qui appartiennent à des intérêts canadiens peuvent avoir ces roues problématiques installées par d'autres chemins de fer lorsque les roues sont changées en vertu d'accords d'interconnexion conclus par l'industrie. Étant donné que le CN exploite davantage de liaisons nord-sud que le CFCP, il est possible que le CN soit plus exposé à ce problème que le CFCP, ce qui explique la tendance illustrée à la Figure 11.

Le taux d'élimination naturelle de ces roues datant d'avant 1996 continue d'atténuer le problème et l'industrie a accepté d'éliminer progressivement les roues résiduelles pour un motif valable, au lieu de les reconditionner pour les réutiliser. Comme le mentionne le BST dans son rapport d'enquête R04Q0047 [BST, 2004] :

L'Association of American Railroads (AAR) a émis une instruction visant à retirer du service toutes les roues Southern fabriquées en 1995 lorsque les wagons se trouvent dans des ateliers ou des voies de réparation.

Le Canadien National et le Chemin de fer Canadien Pacifique ont mis sur pied des programmes qui vont au-delà des exigences de l'AAR. Ils retirent du service toutes les roues Southern de leur matériel roulant et ont avisé leurs fournisseurs de ne pas installer des roues Southern sur tous les wagons qu'ils possèdent ou louent.

Transports Canada surveille continuellement les ruptures de roues. Il examine et analyse toutes les ruptures signalées avec les compagnies ferroviaires afin de relever rapidement les nouvelles tendances et de mettre en œuvre des mesures réglementaires, le cas échéant.

L'adoption de charges plus lourdes par essieu et les problèmes des roues de Southern ont fait ressortir les avantages d'un acier de qualité supérieure. Les chemins de fer canadiens achètent actuellement la plupart de leurs nouvelles roues auprès de fabricants qui utilisent un processus « d'acier propre » où le dégazage sous vide atténue le risque d'occlusions internes (bulles d'hydrogène) ou de micro-contaminants dans les roues.

Détecteurs de défauts de roues/seuils préventifs du matériel appartenant à la compagnie

Des méplats peuvent entraîner à la fois la rupture d'une roue et la défaillance d'un rail les mois d'hiver. Malgré la présence d'un dispositif qui permet de déceler manuellement les méplats, les critères d'échange sur lesquels le dispositif est fondé et les chances de détection par une inspection visuelle ratent quantité de situations qui imposent de lourdes forces de choc. Ces forces de choc sont ressenties à la fois par la roue et par le rail. On a eu recours à des détecteurs d'impact le long de la voie pour détecter les roues problématiques en marche et l'industrie s'est entendue sur un seuil de changement de 140 000 lb en vertu de son accord d'échange. Le CN et le CFCP ont multiplié le nombre de détecteurs d'impact des roues sur leurs systèmes en voie principale (le CN a même doublé leur nombre depuis cinq ans). Les deux compagnies ont commencé d'utiliser un seuil de 135 000 lb dans le Nord de l'Ontario pour les matériels qui leur appartiennent durant les mois d'été afin d'empêcher l'aggravation du problème dû à des forces de choc supérieures de ces roues les mois d'hiver.

Plus de détecteurs de roues chaudes

Les problèmes de freinage peuvent aboutir à deux problèmes de sécurité différents pour les roues. *Primo*, les freins bloqués empêchent la roue de tourner et provoquent un méplat sur la roue. *Secundo*, la mauvaise répartition des forces de freinage entre toutes les roues d'un wagon peut entraîner la surchauffe de certaines roues. Les roues sont fabriquées pour avoir normalement des contraintes de compression résiduelles dans la jante, pour qu'une fissure puisse détecter les forces de clôture. Avec une surchauffe, l'état de compression résiduel peut devenir neutre ou aboutir à un état de tension tel que les fissures se propagent rapidement.

Personne n'ignore toute l'importance qu'il y a à maintenir de bons freins. Lorsqu'on a installé pour la première fois des détecteurs de défauts de roues, on a constaté que 80 % des méplats de roue se produisaient à l'extrémité B du wagon, là où est situé le frein à main. C'est pourquoi les premiers efforts ont cherché à promouvoir l'usage accru du frein à main par les employés et les clients. La reconnaissance plus récente de l'importance des

stress thermiques sur l'apparition et la propagation des fissures à la surface s'est soldée par l'installation d'un plus grand nombre de détecteurs de roues chaudes le long de la voie (le CN respecte désormais un espacement de 25 à 30 milles sur ses voies principales au Canada) et par l'utilisation de détecteurs pour évaluer la répartition de la force des freins via des combinaisons de roues chaudes et froides sur un bogie.

Les détecteurs de roues chaudes ne comptent pas les wagons, mais le CN a intégré un « système automatique virtuel d'identification du matériel » pour déterminer le nombre de wagons concernés. Le CN a également construit un système de « répéteur de roues chaudes » pour retracer les wagons victimes d'événements récurrents de roues chaudes. Les wagons reçoivent alors l'ordre de faire l'objet d'un essai de frein sur wagon isolé. Le CN collabore avec d'autres propriétaires de wagons privés pour s'occuper de leurs wagons à roues chaudes. Le CFCP n'a pas la même interconnexion des sites que le CN, mais il travaille à un logiciel informatique central pour retracer automatiquement les wagons problématiques lorsque le système le long de la voie envoie son rapport par courriel au bureau central. Un prototype du système est en cours d'installation sur sa route qui sert au transport du charbon.

Patins de frein abrasifs

Une autre mesure prise pour atténuer l'apparition d'écaillage/corrosion à la surface consiste à utiliser un patin de frein abrasif – le CN a installé 175 000 de ces patins de frein qui protègent la table de roulement. Les écaillages à la surface ne dégénèrent pas en problème si la surface de la roue est revêtue d'un matériel suffisamment abrasif pour conditionner la surface et éliminer délicatement sa corrosion au fur et à mesure qu'elle se développe. Les patins de frein permettent de résoudre le problème des écailles qui apparaissent à cause des stress que provoque le contact entre la roue et le rail de même que les points de corrosion qui sont attribuables aux forces de freinage.

Évaluation des défauts de roues

De la même façon que les méplats peuvent produire d'importants chocs sur le rail, la discontinuité des rails peut produire de lourdes forces impulsives sur les roues. Pour évaluer les sources des forces impulsives susceptibles d'endommager les roues, le CN, le CFCP et Griffen Wheel Co. ont collaboré à un programme d'essais conjoints visant à surveiller les charges de roue d'un wagon circulant sur les réseaux des deux chemins de fer. Les résultats montrent que les forces impulsives les plus fortes se produisent dans les écarts du rail aux traversées obliques. Le programme d'essais a permis de mieux comprendre le milieu de la charge; toutefois, étant donné que les traversées obliques sont peu nombreuses et qu'elles sont nécessaires lorsque deux voies ferrées se croisent l'une l'autre, cela n'a abouti à aucune mesure d'atténuation.

Autres stratégies anticorrosion

Parmi les autres stratégies, mentionnons : le tournage léger plus fréquent des surfaces de la table de roulement dans un tour, l'adoption de profils roue/rail conformes pour mieux répartir les forces de contact et l'utilisation de bogies de direction améliorés.

3.1.3.3 Stratégies relatives aux essieux et aux caisses de wagon

Détecteurs de charge suréquilibrée/déséquilibrée

Les détecteurs de défauts de roues mesurent la charge statique moyenne de même que les forces de choc. C'est pourquoi le logiciel d'interprétation des données a été mis à niveau pour évaluer les conditions de surcharge et les conditions de charge déséquilibrée. Les charges déséquilibrées latérales peuvent aboutir à de mauvaises performances sur la géométrie de la voie qui seraient par ailleurs normales, ce qui provoque des déraillements dus à l'interface wagon-voie. Le déséquilibre ou la surcharge peut entraîner la rupture d'éléments du système de suspension et, dans les cas extrêmes, la rupture totale de l'essieu. Ces situations sont aujourd'hui surveillées et, en cas de situation extrême, des mesures sont immédiatement prises. Lorsque des problèmes répétés surviennent, les clients ou les propriétaires des wagons sont avisés des antécédents du problème de charge. Si des clients sont concernés, ils font l'objet d'une visite en vertu de la campagne d'éducation des entreprises pour leur signaler les problèmes auxquels ils risquent de se heurter s'ils ne suivent pas les pratiques de chargement recommandées.

Amélioration des matériaux des essieux et des pratiques d'entretien

Les problèmes d'essieu peuvent être soit une rupture d'essieu, soit une rupture de roulement. Les ruptures d'essieu sont un phénomène relativement rare. Lorsqu'il se produit, on cherche à connaître le motif de la rupture et à remédier au problème sous-jacent. VIA Rail a connu quelques ruptures d'essieu sur son matériel LRC et a constaté que les essieux avaient été fabriqués par un procédé de laminage à froid. La société a donc remplacé tous les essieux du matériel LRC de ce type par des essieux en acier de forge, qui est le procédé plus couramment utilisé pour les essieux des wagons de voyageurs à grande vitesse.

Le CFCP a connu plusieurs ruptures d'essieu, qu'il a attribuées à la propagation des fissures qui ont débuté comme corrosion à la surface due à la rouille sur des wagons hors service. Les lignes directrices de reconditionnement des essieux suivies par l'industrie avant l'évaluation du CFCP autorisaient que les petits points de corrosion à la surface soient laissés dans un essieu. Ces lignes directrices ont ultérieurement été modifiées pour s'assurer que les essieux étaient suffisamment abaissés pour retirer tous les signes de corrosion à la surface.

Multiplication et amélioration des détecteurs de boîtes chaudes et de pièces traînantes

Les ruptures de roulement surviennent généralement avec le temps pour aboutir à un état de surchauffe et à une rupture d'essieu au roulement de la roue. Les locomotives sont également pourvues de roulements de suspension qui soutiennent les moteurs de traction.

Les trains de voyageurs sont pourvus de câbles électriques qui relient tous les wagons et les locomotives d'un convoi. Il est donc possible d'avoir des détecteurs thermiques de bord à chaque roulement pour constamment surveiller et afficher à l'intention de l'équipe de train le statut de tous les roulements. Ce potentiel existe également pour les trains de marchandises équipés de câbles électriques, comme c'est le cas des systèmes de freinage électropneumatiques (voir *Rapport technologique* du Secrétariat LSF).

Les wagons de marchandises sont désormais limités aux « détecteurs de boîtes chaudes » (DBC) le long de la voie qui sont installés à intervalles réguliers pour détecter les roulements chauds. Le réseau ferré du CN respecte désormais un espacement moyen de 15 milles entre les DBC.

Ces mêmes lieux sont généralement équipés de détecteurs de pièces traînantes pour détecter les pièces brisées comme la timonerie de frein avant qu'elles ne se détachent et qu'elles risquent de faire dérailler une roue. Ces détecteurs de pièces traînantes sont en cours d'amélioration pour détecter les pièces surbaissées (comme les conduites ou la timonerie de frein) avant qu'elles ne se rompent ou qu'elles ne se prennent dans une lame d'aiguille.

Détecteurs acoustiques de roulements défectueux en bordure de voie

Le CFCP procède à l'essai de détecteurs acoustiques de roulements défectueux en bordure de voie sur ses lignes. Le dispositif a été installé sur une subdivision du CN qui est utilisée pour la circulation de wagons chargés du CN et du CFCP en vertu de leur accord conjoint d'utilisation des voies le long du Fraser. Les wagons des deux chemins de fer sont contrôlés par le dispositif. Les détecteurs acoustiques peuvent détecter les problèmes de roulements à rouleaux avant qu'ils ne dégénèrent en surchauffe, alors que les détecteurs de boîtes chaudes ne peuvent déceler que les roulements surchauffés. Certains problèmes préliminaires de roulements peuvent durer sur des milliers de milles avant de se manifester sous forme d'une surchauffe, alors que l'état de surchauffe d'un roulement peut être aggravé jusqu'au point de rupture totale en l'espace de quelques centaines de milles. C'est ainsi que les détecteurs acoustiques de roulements défectueux présentent un avantage prévisionnel, même si le discernement fiable des situations à haut risque continue d'être un problème en cours de règlement. Par ailleurs, les chemins de fer canadiens ont un réseau existant de détecteurs de boîtes chaudes (DBC) et l'avantage différentiel des détecteurs acoustiques est inférieur s'il n'y a pas de DBC existants. Il pourrait néanmoins être intéressant d'avoir quelques détecteurs acoustiques situés dans des endroits stratégiques du réseau, surtout lorsqu'on s'en sert pour surveiller des trains-blocs.

Dispositifs de mesure des performances du matériel

L'industrie étudie plusieurs technologies de mesure fondée sur les performances pour inspecter le matériel roulant. La détection en mouvement de problèmes d'oscillation transversale, d'alignement des bogies et de comportement dans les courbes est possible. En outre, on a recours aux techniques d'imagerie numérique pour évaluer l'état de certaines composantes. On trouvera d'autres précisions sur ces technologies dans un *Projet technologique* distinct réalisé pour le Secrétariat.

3.1.3.4 Mesures particulières relatives aux wagons-citernes transportant des marchandises dangereuses

Par définition, le risque porte à la fois sur la fréquence de l'événement et la gravité de ses conséquences. La sécurité publique en ce qui concerne le transport ferroviaire des marchandises est essentiellement associée au transport des marchandises dangereuses. Lorsque des wagons transportant des marchandises dangereuses sont impliqués dans un

déraillement/collision ferroviaire, les conséquences dépendent du potentiel de déversement de ces wagons et des risques de contact entre l'être humain et les substances dangereuses rejetées. Les risques de déversement dépendent de la conception des wagons.

Le transport des marchandises dangereuses (MD) comporte des problèmes communs entre tous les modes de transport et est plutôt visé par la *Loi sur le transport des marchandises dangereuses* que par la *Loi sur la sécurité ferroviaire*. Ainsi, même si ce paragraphe a un rapport avec la sécurité ferroviaire, il ne relève pas directement de la *LSF*.

Les wagons transportant des MD impliqués dans un déraillement ne déversent pas tout leur contenu. La proportion de wagons transportant des MD qui en déversent lorsqu'ils sont impliqués dans un déraillement a récemment fait l'objet d'un examen par Treichel *et al.* [Treichel, 2006]. Pour les déraillements en voie principale, la proportion de wagons qui déversent des marchandises dangereuses varie selon le type de wagon, comme en témoignent les données ci-dessous :

Wagons-citernes de catégorie 111 sans blindage avec raccords inférieurs	35 %
Wagons-citernes de catégorie 111 sans blindage et sans raccords inférieurs	17 %
Wagons-citernes de catégorie 112J340W dont l'épaisseur de la paroi est de 5/8 po et munis de boucliers protecteurs sur toute la hauteur	7,9 %
Wagons-citernes de catégorie 105J500W dont l'épaisseur de la paroi est de 0,75 po et munis de boucliers protecteurs sur toute la hauteur	6,3 %

Parmi ceux qui déversent des produits, le pourcentage qui déverse plus de 80 % de leur capacité était de 39 % pour les wagons non pressurisés et de 50 % pour les wagons pressurisés. Les wagons de type 111 sont des wagons-citernes non pressurisés qui servent à transporter des produits liquides alors que les wagons de type 112 et 105 sont des wagons-citernes pressurisés qui servent à transporter des produits gazeux dont la température atmosphérique et la pression sont normales. La compression d'un gaz augmente très nettement le volume qui peut être transporté dans un wagon-citerne. Un wagon-citerne non pressurisé présente moins de risques de déverser de grandes quantités d'un produit en cas de perforation qu'un wagon-citerne pressurisé car le liquide s'écoule par gravité jusqu'à la hauteur de la perforation. Le contenu d'un wagon-citerne pressurisé en revanche est expulsé de la citerne sous l'effet de la pression interne élevée.

Pour calculer les chances globales qu'un wagon-citerne particulier déverse 80 % de son contenu lorsqu'il est impliqué dans un déraillement, on multiplie les chances de déversement propres à ce type de wagon par les chances de déversement de 80 % de son contenu. Ainsi, pour un wagon pressurisé de type 112J340W, le multiplicateur associé au déversement d'au moins 80 % de sa capacité est $0,079 * 0,5 = 0,039$. Pour un wagon-citerne de type 111 sans blindage, les chances d'un déversement d'au moins 80 % de son contenu sont de $0,35 * 0,39 = 0,136$.

Alors que de nombreuses marchandises dangereuses toxiques pour l'être humain si elles sont déversées en grandes quantités sont transportées dans des wagons-citernes de type 105 et 112, certaines toxines et de nombreux produits chimiques qui ont un impact sur l'environnement sont transportés dans des wagons de type 111, qui présentent plus de risques d'un déversement en cas de déraillement. L'industrie prend des mesures pour atténuer les risques de déversement des wagons-citernes impliqués dans un déraillement. Le projet de wagons-citernes de la prochaine génération est une initiative conjointe de l'industrie et du gouvernement aux États-Unis qui vise la construction d'ici au printemps 2008 d'un prototype de wagon de la nouvelle génération capable de transporter des produits toxiques s'ils sont inhalés et qui entrera pour la première fois en service d'ici à 2010³. Parmi les partenaires industriels de ce projet, il faut mentionner DOW Chemical, Union Pacific Railroad et Union Tank Car. Les éléments de conception envisagés sont analysés dans le *Projet technologique* réalisé pour le Secrétariat LSF.

Ce wagon de la première génération devrait dépasser les caractéristiques techniques de performance actuelle du Tank Car Committee de l'AAR et ainsi offrir entre cinq et dix fois le niveau de sécurité et de sûreté⁴. Les wagons-citernes des deuxième et troisième générations seront ensuite mis au point pour transporter du chlore et d'autres produits chimiques inoffensifs pour l'environnement, et DOW Chemical espère que 50 % de son parc aura été renouvelé d'ici à 2013, le reste devant être remplacé d'ici à 2018. Toutefois, le remplacement du parc nord-américain dans son ensemble prendra beaucoup plus longtemps faute d'incitations réglementaires. Un scénario possible consisterait à limiter les wagons plus anciens aux toxines de faible activité, ou à prescrire l'installation de certaines caractéristiques de sécurité de la prochaine génération sur les wagons plus anciens.

3.2 Ruptures de voies

3.2.1 Tendances

La Figure 13 illustre la répartition proportionnelle des types de ruptures de voies survenues en moyenne durant la période 1999 à 2006 et signalées par le CN (graphique circulaire de gauche) et par le CFCP (graphique circulaire de droite). On peut constater que la géométrie est la principale catégorie dans les deux cas, suivie des ruptures de rail.

³ « Safer Train Tank Car Tech Rolling Down the Line », David Noland, Popular Mechanics, 6 février 2007.

⁴ <http://www.dow.com/commitments/debates/chemsec/railtankcar.htm>.

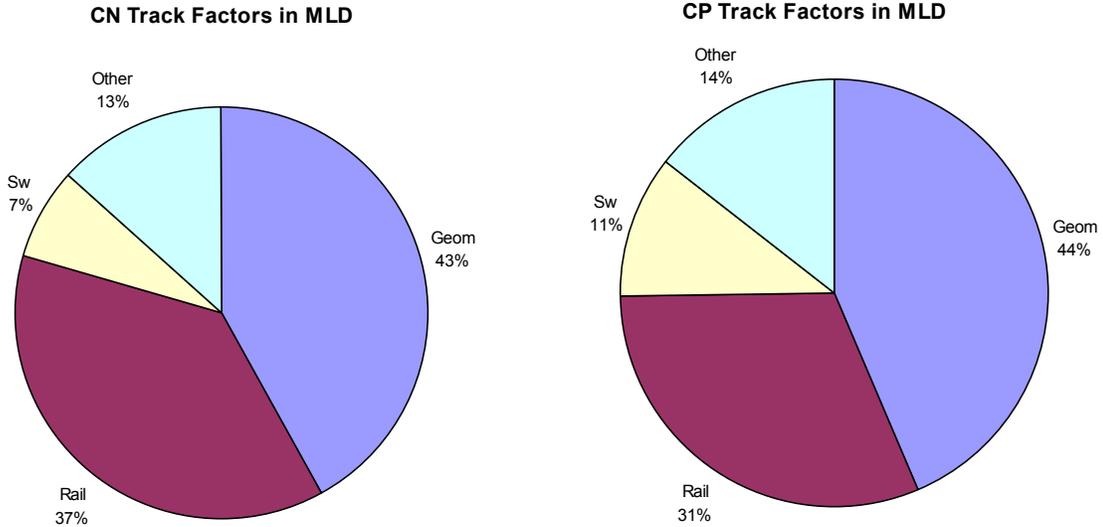


Figure 13 Répartition des facteurs de la voie dans les déraillements en voie principale

TRADUCTION	
CN Track Factors in MLD	Facteurs relatifs à la voie dans les DVP du CN
CP Track Factors in MLD	Facteurs relatifs à la voie dans les DVP du CFCP
Other	Autres
Geom	Géom.
Rail	Rail
Sw	Aig.

La Figure 14 illustre la variation annuelle des facteurs de voie cités par chaque chemin de fer au sujet des déraillements en voie principale. À l'instar des déraillements causés par le matériel illustré plus haut à la Figure 11, les données sont présentées sous forme de barres empilées, chaque composante venant s'ajouter pour déterminer le taux global de déraillements attribuables à la voie pour l'année.

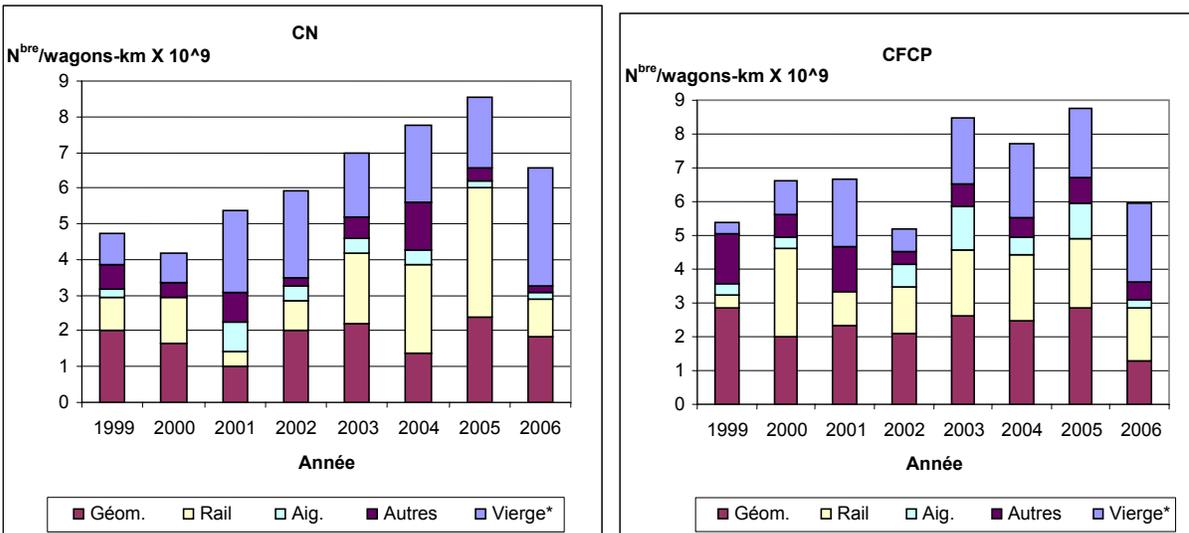


Figure 14 Nombre annuel de déraillements attribuables à la voie pour le CN et le CFCP

La partie supérieure de chaque barre empilée est la proportion attribuée de dossiers où aucun facteur de causalité n'est cité. Étant donné que la voie a été citée dans 41% des déraillements dont la cause était indiquée, 41 % des dossiers vierges ont été affectés aux ruptures de voie comme cause « vierge » associée à la voie. Ainsi, par exemple, en 1999, le CN a signalé au total quatre déraillements attribuables à la voie par milliard de wagons-kilomètres. Deux avaient un rapport avec la géométrie de la voie, un autre avec les rails, 0,1 avait un rapport avec un aiguillage et une autre tranche de 0,9 était due à d'autres facteurs liés à la voie. En sus des quatre déraillements par milliard de wagons-kilomètres signalés, 0,8 sont résultés des 41 % de dossiers vierges affectés, ce qui porte le nombre total estimatif de déraillements à 4,8 par milliard de wagons-kilomètres. Étant donné que certains déraillements sont attribuables à des causes multiples, le taux cumulatif des situations dangereuses citées dépasse le simple taux de déraillements qui repose sur le nombre d'événements.

Encore une fois, même si la proportion accrue de déraillements qui ne sont pas codés dans les données permet difficilement de tirer des conclusions définitives sur les tendances, il semble que le CN ait débuté avec un nombre de déraillements liés à la voie moins élevé que le CFCP, mais que ce nombre s'était rapproché du taux du CFCP en 2005-2006. La croissance la plus importante des déraillements attribués concerne les ruptures de rails entre 2003 et 2005.

3.2.2 Procédures courantes d'inspection et d'entretien

Le *Règlement sur la sécurité de la voie* établit un ensemble minimum de normes que doivent respecter les compagnies de chemin de fer dans la conception et l'entretien des voies. Ce règlement établit les dévers maximums pour chaque catégorie de voie en ce qui concerne : l'écartement; le tracé; le dévers des courbes et le raccordement; et, enfin, le nivellement. Des employés qualifiés des chemins de fer sont tenus d'inspecter visuellement la voie pour en déceler les défauts, soit à pied, soit à bord d'un véhicule qui circule à une vitesse qui permet une inspection suffisante. Le règlement autorise mais n'oblige pas les compagnies de chemin de fer à utiliser d'autres appareils de mesure mécaniques ou électriques en complément des inspections visuelles prescrites et il est d'usage courant que les compagnies de chemin de fer inspectent leurs voies au moyen de véhicules d'évaluation de la géométrie de la voie.

Le *Règlement concernant la sécurité de la voie* prescrit que les voies principales de catégories 4, 5 et 6 doivent être inspectées au moins trois fois par semaine. Les intervalles d'inspection prescrits sont réduits à deux fois par semaine sous réserve que la compagnie de chemin de fer se serve d'un wagon d'évaluation de la géométrie de la voie pour inspecter ses voies au moins deux fois par an. Les voies d'évitement doivent être inspectées à partir de la voie principale attenante au cours des inspections des voies principales et également au moins une fois par mois par un véhicule roulant sur la voie. Les voies principales de catégories 1, 2 et 3 doivent être inspectées deux fois par semaine si elles sont empruntées par des trains de voyageurs ou une fois par semaine dans les autres cas.

3.2.3 Stratégies d'atténuation – Rail

Certaines des stratégies utilisées pour atténuer les ruptures de rails sont identiques à celles qu'on utilise pour atténuer les défaillances de roues. La mesure utilisée pour réduire les méplats des roues sert également aux ruptures de rails dues aux forces impulsives. Les surfaces des roues et des rails sont soumises aux mêmes forces impulsives et les problèmes qui en résultent et les stratégies d'atténuation sont communs aux deux. Le passage aux procédés de fabrication « en acier propre » et l'utilisation d'aciers plus résistants pour les charges plus lourdes par essieu sont communs aux deux. L'utilisation de bogies de direction améliorés pour réduire les contraintes dans les courbes profite également aux roues et aux rails. L'appariement conforme des profils des roues et des rails est une stratégie interactive qui reconnaît les deux côtés du tableau des forces impulsives; et le corollaire qui consiste à utiliser des patins de frein abrasifs pour protéger la surface des roues prescrit le meulage préventif pour protéger fréquemment la surface des rails avant que les voiles à la surface ne se transforment en fissures.

Outre ces stratégies courantes, on utilise pour les rails des stratégies indépendantes en bordure de la voie. Mentionnons notamment le recours à des ordres provisoires de marche au ralenti imposés aux trains par temps froid – étant donné que les vitesses plus lentes atténuent les forces impulsives pour un méplat donné.

Les fissures extérieures qui se propagent des trous d'éclissage des joints de rail ou des soudures de rail étaient généralement détectées par une inspection visuelle. Toutefois, l'industrie met au point et évalue des techniques automatisées d'inspection qui ont recours à l'imagerie numérique. Outre les fissures à la surface, on envisage de recourir à l'imagerie numérique pour évaluer l'état des traverses et des crampons surélevés ou manquants. Ces technologies sont abordées dans l'*Étude sur les technologies* dans le cadre de l'Examen de la LSF.

Les ruptures de rails peuvent également résulter d'une défektivité interne, qui n'est pas visible et que l'on ne peut déceler qu'au moyen de systèmes d'inspection automatisés, à l'aide des ultrasons et des courants tourbillonnaires. Ces appareils envoient un signal dans le rail pendant que le véhicule circule à des vitesses de 20 milles à l'heure et ils déchiffrent le signal qui leur est retransmis par le rail. La tâche qui consiste à interpréter le signal reçu relève autant d'un art que d'une science. Le signal peut subir l'influence de quantité de facteurs, et il est d'usage courant de signaler les endroits suspects et d'y effectuer une mesure manuelle, soit en arrêtant le véhicule d'essai, soit en confiant la tâche à un deuxième véhicule qui suit derrière.

Les données signalées par les compagnies nord-américaines de transport ferroviaire lourd révèlent que les inspections automatisées [International Heavy Haul Association, 2001] :

détectent en moyenne 0,4 rupture par kilomètre de voie (0,6 rupture de rail/mille) chaque année lorsque les inspections sont espacées de 18 mgt (20 mgt) et enregistrent 0,06 défaillance d'entretien/kilomètre (0,1 défaillance d'entretien/mille). Une défaillance d'entretien sur 200 aboutit à un déraillement dû à un bris de rail. Les

rails sont généralement remplacés lorsque le nombre total de ruptures se produit à un rythme soutenu de 1-2 par kilomètre de rail (2-3/mille).

Ainsi, pour chaque tranche de six ruptures décelées par inspection, une rupture de rail survient avant qu'elle ne soit décelée; et, pour chaque tranche de 200 rails brisés qui se produisent, un se solde par un déraillement.

Et le CN et le CFPC ont adopté un calendrier axé sur les risques du matériel automatisé d'inspection des rails. Parmi les facteurs qui entrent dans l'équation du calendrier, mentionnons : la part du trafic des marchandises dangereuses, le nombre de trains de voyageurs, la part du trafic à lourde charge par essieu, la limitation de vitesse des trains et le récent taux de détection des défaillances.

En outre, certains chemins de fer évaluent les avantages réciproques qu'il y a entre des essais menés selon une plus grande fréquence et un moins grand nombre d'arrêts. Au lieu de signaler les situations suspectes et de les inspecter manuellement, l'emplacement des signaux incertains est consigné avant de faire l'objet d'une réévaluation lors de l'essai suivant pour déterminer s'il est toujours là.

La détection des défaillances est moins précise dans certaines situations connues. Les pratiques recommandées par l'IHHA pour ces situations sont [International Heavy Haul Association, 2001] :

Aux passages à niveau, l'encrassement de la surface du rail par des matériaux transportés par la route, en particulier le sel, peut obstruer une bonne indication ultrasonore. Pour y remédier, on peut balayer le passage à l'avance, ralentir l'essai et l'inverser si l'on constate une indication inhabituelle. Les soudures sont un autre problème. En raison du changement de la structure du grain et du fait que les fractures peuvent se propager rapidement à partir de toutes petites fissures ou amorces de rupture, les soudures sont très difficiles à tester aux ultrasons ou par induction. Une possibilité consiste à reconnaître aux ultrasons le problème de soudure, qui peut déclencher un changement dans le gain du signal et à utiliser des tolérances d'inspection plus strictes. La plupart des compagnies de transport ferroviaire lourd procèdent à des essais plus attentifs par des travaux spéciaux sur la voie.

Les techniques de détection des ruptures de rails et le logiciel connexe de reconnaissance des formes ont subi de nettes améliorations depuis plusieurs décennies. À l'heure actuelle, l'industrie évalue l'efficacité d'une technique au laser sans contact (voir l'*Étude sur les technologies* dans le cadre de l'Examen de la LSF).

3.2.4 Stratégies d'atténuation – Géométrie

Parmi les problèmes de géométrie, il faut mentionner le gauchissement total de la voie et d'autres dévers géométriques de moindre importance qui aboutissent à un état inadapté de la surface en fonction du poids et de la vitesse du matériel roulant qui circule. Le gauchissement est provoqué par des stress thermiques qui compriment les rails avec

suffisamment de force pour gauchir toute la voie sur le plan latéral, que l'on appelle généralement un « sunkink ». Lorsque le rail est installé à l'origine, il est tendu d'une manière qui convient à la température ambiante au moment de l'installation. L'état de contrainte est sélectionné de manière à résister aux basses températures hivernales sans écartement et aux chaudes températures estivales sans gauchissement. Toutefois, dans les conditions d'exploitation, le rail peut se déplacer et ne plus correspondre à la température prévue de « contrainte neutre ».

Le gauchissement de la voie est un phénomène qui se produit moins fréquemment au Canada que dans le climat plus chaud des États-Unis. Même si le gauchissement a une fréquence moindre que d'autres états géométriques de la voie, il a souvent des conséquences plus graves, à la fois sur le plan des coûts et de ses conséquences possibles sur la locomotive de tête et son équipe de conduite. Pour l'heure, l'évaluation de l'état de contrainte neutre est un processus laborieux et intrusif qui consiste à retirer les pinces d'ancrage et les crampons sur un tronçon de voie et à lever le rail. L'industrie évalue un prototype d'appareil *in situ* capable de mesurer l'état de contrainte sans qu'il soit nécessaire de déranger le rail.

Les autres éléments de la géométrie de la voie (dévers verticaux et latéraux des rails) ont déjà subi des améliorations dans les techniques de mesure. Les systèmes de mesure par inertie, les engins rail-route et les systèmes montés sur les locomotives, de même que les appareils de mesure latérale de la force d'arrimage, ont évolué au cours des 15 dernières années.

À l'instar des ruptures de rails, la fréquence des inspections automatisées est un élément clé de la gestion des risques qui se rattachent à la détérioration de la géométrie de la voie. Le CFCP a deux véhicules d'évaluation de la géométrie de la voie, l'un muni d'un système latéral de mesure de l'écartement qui équipe les trains de travaux destinés à son réseau. Le CN a un véhicule TEST et il sous-traite d'autres essais sur l'état géométrique de la voie. La compagnie a récemment augmenté la fréquence des essais automatisés de l'état géométrique avec le wagon qui lui appartient et a commandé un deuxième wagon d'essai.

Les récents progrès des logiciels, qui interprètent l'état géométrique pour déceler les états indésirables, peuvent appuyer une stratégie de ciblage de l'entretien plus axée sur les performances. Le CN et le CFCP, de concert avec Transports Canada, évaluent un progiciel (LVSafe) qui saisit les mesures de la géométrie et calcule le rapport des forces latérales/verticales des roues en temps réel au sujet d'un certain nombre de wagons de marchandises « difficiles ». Le prédicteur de la performance de la voie a été configuré de manière à déceler les états de la voie qui aboutissent à des ratios élevés des forces latérales/verticales des roues pour un ou plusieurs des types de wagons compris dans le modèle. Chaque wagon est modélisé à plusieurs vitesses. La plus basse vitesse de chaque type de wagon a été sélectionnée de manière à saisir la réponse la plus extrême de ce type de wagon, alors que les vitesses plus élevées ont été sélectionnées pour représenter les vitesses des différentes catégories de voies. La vitesse maximum évaluée est limitée par la limitation de vitesse qui s'applique au tronçon de voie qui fait l'objet de l'essai [TranSys

Research Ltd., 2004, 2002]. Certains chemins de fer américains évaluent également un logiciel fondé sur le traitement des signaux dont l'objectif est le même.

Les programmes d'essai aux instruments entrepris pour valider les modèles et les prévisions des modèles proprement dites révèlent que moins de 50 % des situations à haut risque sont décelées par les mesures existantes; et, de même, la majorité des vices de réglementation ne présentent pas une situation à haut risque [TranSys Research Ltd. 2004, et TTCI, 2005].

Ces nouveaux logiciels offrent l'occasion de mieux cibler les ressources d'entretien. Le CFCP a intégré le logiciel LVSafe dans son système existant d'impression des défaillances, mais n'a pas encore réussi à procéder à une analyse de rentabilité pour passer à l'étape suivante qui consiste à transmettre les nouvelles défaillances à ses effectifs d'entretien sur le terrain. Le CFCP est d'avis que, pour réaliser les avantages d'un meilleur ciblage des risques, il doit transférer des ressources des cibles à faible risque aux cibles à haut risque au lieu de se contenter d'ajouter un plus grand nombre de cibles. Il a demandé à être soustrait par Transports Canada à certaines des défaillances réglementaires existantes qu'il estime être de peu d'importance pour le rendement en matière de sécurité afin d'améliorer son analyse de rentabilité.

3.3 Facteurs qui influent sur l'exploitation des trains

Nous avons analysé certains des facteurs environnementaux et opérationnels qui influent sur le rendement en matière de sécurité (section 2.3). D'autres changements survenus dans les pratiques d'exploitation des chemins de fer de classe 1 ont soulevé la question de savoir si le rendement en matière de sécurité a été compromis et (ou) si les risques ont été justement évalués et atténués. Parmi ces changements, il faut citer des trains plus longs, des charges plus lourdes par essieu, des locomotives très performantes, des méthodes de manutention des trains qui autorisent des économies d'énergie et la formation des convois selon la destination.

Ces changements ont été effectués pour accroître l'efficacité et la rentabilité de l'exploitation ferroviaire. Dans la plupart des cas, le cadre économique qui sert à opérer ces changements englobe le rendement en matière de sécurité. On peut estimer qu'il s'agit d'un élément de coût direct (p. ex. les coûts des déraillements) et (ou) indirectement d'éléments de coût qui surviennent avant que la sécurité ne soit compromise (p. ex. les coûts d'entretien des rails/roues et des voies).

La transition à des charges plus lourdes par essieu nécessite d'importantes recherches et de nombreux essais par l'industrie avant de prendre une décision. L'International Heavy Haul Association (IHHA) illustre l'expérience des chemins de fer du monde entier dans ses « Guidelines to Best Practices for Heavy Haul Railway Operations: Wheel and Rail Interface Issues ». Ces lignes directrices bénéficient de contributions importantes des chemins de fer canadiens – en particulier du CFCP et de sa route du charbon en terrain montagneux redoutable.

Les progrès des performances des locomotives depuis plusieurs décennies ont abouti à un effort de traction plus élevé par rapport à la puissance que ce n'était le cas auparavant. Cela permet d'exploiter des trains avec moins de puissance mais qui sont toujours capables de grimper les pentes les plus abruptes qu'ils rencontrent en cours de route. L'effort de traction plus élevé de la locomotive est présent à la fois pour la traction (via les moteurs de traction) et pour l'arrêt (via les moteurs de traction d'inversion munis de freins dynamiques). Les trains moins puissants circulent généralement à des vitesses plus basses qu'auparavant et les forces de traction plus élevées sont concentrées dans les locomotives (à la fois pour la traction et le freinage).

Les vitesses plus basses associées à une traction plus élevée ont abouti à des problèmes isolés de déraillements « à l'intérieur d'une courbe » à basse vitesse dans les courbes prononcées. Les forces de freinage dynamique plus concentrées cumulées sous les locomotives accentuent également les forces longitudinales et les risques de gauchissement de la voie. L'utilisation d'attaches élastiques dans les courbes a contribué à atténuer ces problèmes (voir l'*Étude sur les technologies* dans le cadre de l'Examen de la LSF). Parmi les autres mesures d'atténuation prévues, mentionnons la modification du dévers des courbes pour qu'il cadre mieux avec les vitesses d'exploitation réelles des trains et la répartition de la puissance locomotrice au milieu du train pour que les forces de traction élevées ne se cumulent pas à un endroit du convoi. Le CFCP a évalué les changements de dévers alors que le CN a équipé son parc de locomotives d'un système de télécommande pour autoriser la puissance au milieu du train, ce qui se solde par une moindre concentration des forces de traction/freinage de la locomotive.

Des locomotives plus puissantes sont l'un des éléments qui rendent plus économique l'exploitation de trains plus longs. Les trains plus longs peuvent contribuer à une augmentation des températures des rails, aggraver les problèmes de gestion des forces en vertu d'une bonne conduite des trains et rendre les trains plus sensibles aux méthodes de formation lorsque des forces élevées s'exercent sur les trains. Des lignes directrices ont été élaborées dans les années 1970 sur la formation des convois qui prévoient que les wagons chargés doivent être placés à l'avant et les wagons vides à l'arrière du train, et qui conseillent d'éviter les combinaisons de wagons longs/wagons courts vulnérables aux forces latérales élevées lorsqu'on freine dans les courbes [Gouvernement – Programme de recherche de l'industrie, 1973]. Des principes économiques peuvent entrer en conflit avec ces lignes directrices et la formation de blocs de wagons selon la destination permet d'économiser des coûts de manœuvre lorsque les wagons sont placés dans le train en fonction de leur destination commune, peu importe le poids ou le type de wagon.

À l'instar de la plupart des lignes directrices, les directives de formation des convois s'appliquent surtout aux trains qui circulent en terrain accidenté – courbes prononcées et pentes abruptes, mais elles ont également leur utilité dans les reliefs moins astreignants si un train doit effectuer un freinage d'urgence. L'équilibre optimal des principes économiques et de sécurité varie selon l'endroit et, pour déterminer l'équilibre optimal selon l'endroit, il faut effectuer des recherches. Transports Canada songe à entreprendre un programme de

recherche sur les longs trains qui évaluera vraisemblablement ces questions de même que d'autres influences des trains longs comme les durées prolongées d'obstruction de certains passages à niveau.

3.4 Défaillances géotechniques, comme les glissements de terrain et les inondations

3.4.1 Tendances

La Figure 15 illustre le nombre de déraillements figurant dans la base de données du BST que l'on attribue à des glissements de terrains ou à des inondations. On peut constater que la fréquence de ce type d'événement est relativement basse et que la tendance est à la baisse. Toutefois, ces événements présentent de forts risques de conséquences graves pour les chemins de fer, à la fois pour les employés et les coûts d'un déraillement.

3.4.2 Stratégies d'atténuation

Parmi les stratégies d'atténuation, mentionnons :

- des relevés aériens et des patrouilles le long des voies;
- des détecteurs de clôture des chutes de roches et des avalanches;
- le recouvrement des zones en butte à des glissements répétés.

En outre, l'industrie a fait des recherches sur ces problèmes par le passé et elle mène actuellement un *Programme de recherche sur les risques au sol* qui est financé conjointement par Transports Canada et les chemins de fer.

Le lecteur est prié de se reporter à l'*Étude sur les technologies* dans le cadre de l'Examen de la *LSF* pour d'autres précisions sur ces secteurs.

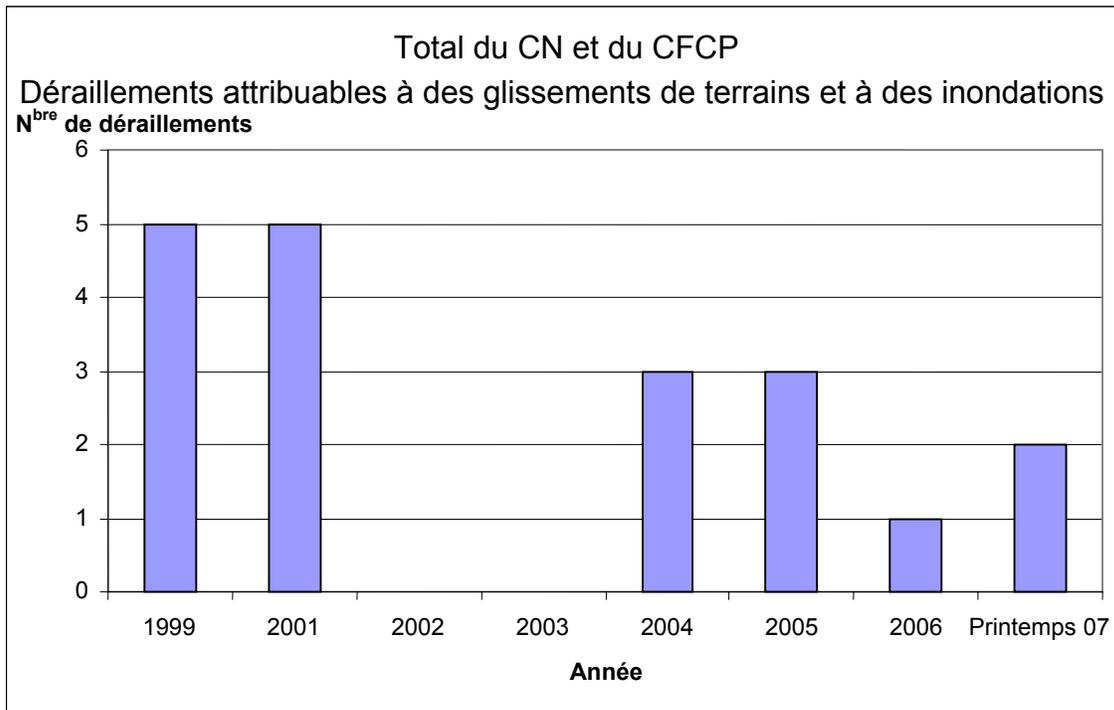


Figure 15 Tendances des déraillements d'ordre géotechnique

3.5 Autres installations

Les facteurs humains sont un élément qui entre en ligne de compte dans tous les déraillements, mais l'erreur des exploitants est un facteur particulier qui est étudié dans une étude distincte réalisée pour le compte du Secrétariat. La portée de notre étude englobait les infrastructures, et c'est pourquoi les matériels de signalisation et les ponts y sont abordés.

Les défaillances des matériels de signalisation ne sont pas un problème dans les réseaux ferroviaires. Les systèmes de signalisation sont à l'épreuve de toute avarie et toute défaillance d'une composante se solde par une indication d'« arrêt ». C'est ainsi que la plupart des accidents attribuables à la signalisation sont dus à des facteurs humains plutôt qu'à la technologie. On étudie de nouvelles technologies pour atténuer la dépendance de l'être humain à l'égard des technologies existantes, mais cela fait partie d'une autre étude sur la technologie.

Les défaillances des ponts sont également peu fréquentes, à tel point que le BST n'a même pas de code pour les désigner. La seule défaillance d'un pont à survenir (défaillance d'un pont en bois à McBride) est codée dans la base de données sur les accidents comme situation dangereuse liée à l'état de la voie. L'enquête du BST sur cet événement a soulevé un certain nombre de questions sur l'inspection et l'entretien des ponts en bois, et les compagnies de chemin de fer ont donné suite aux recommandations [BST, R03V0083].

4 Rôle des normes de réglementation

Dans ce chapitre, nous étudierons le rôle des normes de réglementation pour améliorer la sécurité publique – *primo* en ce qui concerne le matériel roulant et *secundo* en ce qui concerne la voie.

4.1 Matériel roulant

Le *Règlement concernant l'inspection et la sécurité des wagons de marchandises* (règlement sur le matériel roulant), qui est entré en vigueur en 1994 aux termes de la nouvelle *LSF*, traite des éléments suivants :

- les appareils de sécurité (comme les échelles et les mains courantes);
- certains éléments mesurables des pièces des wagons de marchandises (p. ex. épaisseur du boudin d'une roue, longueur du méplat de dérapage d'une roue);
- les mesures prises lorsqu'on décèle des vices de sécurité;
- les qualifications des inspecteurs de matériel remorqué;
- les lieux désignés pour les inspections des wagons;
- les impératifs d'établissement de rapports lorsqu'on découvre des défaillances.

La même année, le *Règlement sur les freins des trains de marchandises et de passagers* est entré en vigueur et il traitait :

- des conditions des essais de frein;
- des exigences relatives à l'état de l'équipement de freinage;
- des prescriptions relatives à la détermination des lieux et des procédures des essais de frein.

Des mesures d'inspection et de réparation des équipements sont en place dans le cadre des accords d'interconnexion des chemins de fer nord-américains depuis des dizaines d'années. Les caractéristiques de sécurité minimales mentionnées dans le règlement sur l'état mesurable des pièces des wagons de marchandises reposent sur le règlement d'échange. Les seuils de réglementation de la sécurité sont fixés à un niveau où la pièce est censée faire l'objet d'une opération d'entretien en vertu de l'accord d'échange avant qu'elle n'atteigne l'état minimum de sécurité. Aucun des sujets interrogés n'a contesté le bien-fondé des normes sur les équipements mesurables (même si certaines comme les coussinets sont périmées et sont abordées dans l'« aménagement » des règles).

Certaines questions ont été soulevées au sujet d'autres parties des règlements sur le matériel roulant et les freins des trains. Une question a trait à la formation, le règlement prescrivant des inspecteurs « accrédités » du matériel remorqué, alors qu'il y a des situations où des personnes « qualifiées » peuvent prendre des décisions en l'absence d'inspecteurs « accrédités ». Aussi bien les définitions que les qualifications doivent être

peaufinées dans les règlements. Il y a également la question du volume de formation nécessaire – Transports Canada est d'avis que les employés mutés durant les conflits de travail à d'autres fonctions professionnelles ont une formation trop limitée (p. ex. quatre jours de formation pour un chef de train).

Les modifications des pratiques d'exploitation qui ont abouti à la permutation de blocs de wagons en dehors des principales gares de triage se sont soldées par des situations où les wagons qui auraient été jadis inspectés dans la gare ne le sont plus. L'industrie et Transports Canada ont envisagé d'apporter des modifications aux règlements pour résoudre la question, mais une décision finale n'a toujours pas été prise.

On craint que certaines normes réglementaires en vigueur concernent plus la sécurité du public ou des employés que celle d'autres sujets. Certaines traitent directement des risques d'un déraillement (p. ex. méplats et usure d'une pièce du système de suspension), certains règlements ne portent que sur la sécurité des employés (comme les mains courantes) et d'autres traitent des facteurs contributifs sous-jacents (comme les dispositifs de protection fissurés des prises d'air) (qui avaient à l'origine pour but d'empêcher les abeilles de pénétrer dans le système de freinage). Les chemins de fer et TC procèdent à l'examen des règlements sur le matériel roulant et les freins pour classer par ordre de priorité les diverses composantes des règlements et déterminer ceux qui présentent un risque de déraillement et ceux qui présentent un risque pour les employés affectés à des fonctions particulières.

Une autre question a trait à la façon dont les dispositifs d'inspection automatisés sont considérés dans les règlements. Les récents dispositifs d'inspection automatisés en bordure de voie décèlent des problèmes qu'une inspection manuelle n'arrive pas à déceler, de même que des problèmes qui réclament une intervention immédiate à des seuils inférieurs aux limites des règlements et des accords d'échange. Une analyse des questions technologiques figure dans l'*Étude sur les technologies* dans le cadre de l'Examen de la LSF.

4.2 Voie

L'historique de la réglementation des voies est différent de celui du matériel roulant. Alors que l'industrie connaît depuis longtemps les règles d'échange du côté du matériel roulant, avant la demande présentée en 1992 par Transports Canada en vertu de la *Loi sur la sécurité ferroviaire*, il n'existait pas de règlement sur la sécurité de la voie au Canada. Chaque compagnie de chemin de fer gérait l'entretien de ses voies dans son optique – ses pratiques étant influencées par ses antécédents de déraillements et l'expérience partagée au sein de l'industrie nord-américaine du transport ferroviaire. Le CFCP avait des courbes et des pentes plus abruptes sur ses voies principales que le CN et avait donc fixé un certain nombre de seuils qui déclenchaient des mesures que le CN n'utilisait pas. Chaque compagnie de chemin de fer faisait installer son propre logiciel « maison » dans ses voitures de contrôle de l'état géométrique de la voie qui reflétait ses propres directives d'entretien et ses seuils de réparation. L'état de la technologie à l'époque se concentrait sur les mesures qui avaient été prises au préalable dans le domaine avec de simples outils et instruments de

mesure des écarts par rapport à la conception, qui étaient simples à comprendre et d'ampleur suffisante pour être décelés par une inspection visuelle et vérifiés par une mesure manuelle.

L'échéancier prévu pour l'élaboration de nouvelles « normes de rendement » au sujet des voies s'est avéré insuffisant pour une industrie qui n'avait pas encore compris comment formuler une norme de rendement ou comment l'interpréter sur le terrain. Aucun des deux chemins de fer de classe 1 ne souhaitait adopter les pratiques courantes de l'autre en guise de *Règlement canadien sur la sécurité de la voie*. Étant donné que les chemins de fer de classe 1 avaient des taux de déraillements inférieurs liés à l'état de la voie que leurs homologues américains et que l'industrie commençait à peine à enregistrer une augmentation du trafic nord-sud et des prises de contrôle de chemins de fer américains, l'adoption des Track Standards de la FRA a été une solution de compromis qui pouvait facilement être mise en œuvre du fait des voies « plus performantes ». C'est ainsi que les règles sur l'état géométrique de la voie de la FRA et le système de classification des voies selon la vitesse sont devenus un élément clé du projet de règlement canadien sur la sécurité de la voie.

Alors que la *Loi sur la sécurité ferroviaire* prévoyait des mesures du rendement, la solution de compromis en ce qui concerne l'état géométrique de la voie résidait dans des mesures très prescriptives. Pour d'autres secteurs où les superviseurs de la voie avaient jadis évalué subjectivement l'état d'entretien et n'avaient pas fixé de seuils quantitatifs de mesure (p. ex. l'encrassement du ballast/la boue), on a adopté un libellé tout aussi subjectif du type « suffisant ». L'expérience du règlement sur l'état de la voie a amené Transports Canada à soulever la question de savoir comment il faut évaluer la conformité avec ces clauses plus subjectives.

Les compagnies de chemin de fer ont estimé que les règles prescriptives sur l'état géométrique de la voie du RSV étaient beaucoup plus encombrantes que prévu. Elles ont jugé pour commencer que les nouvelles règles de la FRA sur l'état géométrique de la voie permettaient de déceler un très grand nombre de situations qui avaient donné de bons résultats sans mesure d'entretien avant leur adoption, et d'autres que les inspecteurs de TC estimaient dépasser l'état de leur conception d'origine. Compte tenu du relief beaucoup plus accidenté que traversait le CFCP, celui-ci a préservé ses seuils de sécurité internes en plus des nouvelles conditions de la FRA. Le CN, dont les pentes et les courbes sont beaucoup moins prononcées, a adopté les normes de la FRA. BC Rail, dont les pentes et les courbes étaient beaucoup plus prononcées que celles du CFCP mais qui n'avait pas les effectifs nécessaires pour formuler ses propres normes sur l'entretien des voies, a jugé qu'il devait prendre des mesures de précaution pour exploiter ses trains en toute sécurité dans le cadre des règles sur l'état géométrique de la voie de la FRA. Il a donc imposé des ordres de marche au ralenti aux trains tractant certains types de wagons et a appliqué des normes d'entretien plus rigoureuses aux wagons « problématiques » lors de leur inspection à certains endroits désignés. Son expérience préliminaire du RSV a incité BC Rail à soulever la question de savoir si la courbure de la voie devait entrer en ligne de compte dans les

tolérances permises dans les règles sur l'état géométrique de la voie, au lieu de se fonder exclusivement sur la vitesse.

Une méthode plus évoluée de gestion des risques et un potentiel logiciel plus perfectionné permettant d'interpréter l'état géométrique mesuré a soulevé d'autres questions et possibilités en vue d'améliorer la gestion de l'état géométrique de la voie sur le plan de la sécurité. Transports Canada et les compagnies de chemin de fer possèdent 15 ans d'expérience des mesures du rendement et se sont investis dans des progrès technologiques susceptibles d'améliorer la sécurité. Les deux camps estiment qu'il est nécessaire d'actualiser le *RSV* dans cette optique. Grâce aux leçons tirées du premier *RSV*, ils ont convenu d'étudier les questions ensemble avant de rédiger officiellement un *RSV* actualisé.

Un atelier préliminaire a eu lieu le 22 septembre 2006 pour étudier les problèmes se rattachant à la reformulation du *RSV*. Cet atelier comportait cinq séances :

1. impact du *Règlement sur la sécurité de la voie* sur la sécurité d'exploitation ferroviaire;
2. objet du *Règlement sur la sécurité de la voie*;
3. contrôle de la sécurité de la voie et nouvelles technologies;
4. *Règlement sur la sécurité de la voie* : prescriptif plutôt qu'axé sur le rendement;
5. modifications et révisions ponctuelles du règlement.

Même si tous les participants se sont félicités de la tenue de cet atelier, certains déplorent le manque de progrès depuis lors. Transports Canada a invoqué des compressions de ressources pour expliquer le retard inattendu survenu dans son suivi, qu'il considère comme l'élaboration d'une stratégie visant la procédure d'élaboration.

À notre avis, le *RSV* tel qu'il existe au moment de rédiger la présente étude détourne l'attention de la sécurité en obligeant à affecter des ressources à des prescriptions juridiquement définies, dont certaines, dans leur formulation actuelle, présentent très peu d'utilité pour la sécurité; ce qui laisse moins de ressources pour s'occuper des problèmes de sécurité. C'est pourquoi nous recommandons que les recherches et les ressources humaines nécessaires soient affectées à l'appui de l'actualisation du *RSV*.

Pour ce qui est de la façon globale d'aborder les modifications à apporter au *RSV*, nous sommes d'avis que, si une formulation plus prescriptive est employée, il faut faire attention que l'élément décrit représente bien une condition « minimale de sécurité », et offrir également la marge nécessaire pour réviser cette définition au fur et à mesure que les connaissances et les recherches futures le justifient. Lorsqu'on emploie des mesures du rendement, il faut prendre soin qu'elles reflètent le rendement réel en matière de sécurité, qu'elles sont mesurables et qu'elles sont susceptibles de mise en application ou passibles de sanctions de manière ponctuelle.

Lorsqu'une clause particulière comporte une mesure prescriptive ou axée sur le rendement, sa formulation doit reconnaître les éléments de risque qui se rattachent à l'emplacement de la voie, notamment :

- la densité de la circulation globale;
- les volumes de certaines catégories de MD transportées sur la voie, et si des personnes ou de zones vulnérables sur le plan environnemental y seraient exposés, en cas de déversement de MD;
- le pourcentage de trains de voyageurs sur la voie;
- les caractéristiques d'exploitation des trains (effort de traction aux heures de pointe, charge par essieu et variation de la vitesse);
- l'utilisation de rails éclissés ou de rails soudés;
- l'importance de la pente et de la courbe;
- la vitesse maximale des trains.

5 Observations et recommandations

Dans cette section, nous résumons les observations et recommandations formulées dans les chapitres qui précèdent.

5.1 Tendances

Le nombre de déraillements dans la base de données du BST où un facteur relié à la sécurité n'est pas codé constitue la tendance la plus notable – puisqu'ils ont augmenté de moins de 10 % en 1999 à près de 50 % des déraillements en voie principale en 2006. La base de données (dans sa forme actuelle) limite donc les conclusions que l'on peut en tirer.

Les déraillements roues et rails (R&R) ont représenté 35 % des déraillements codés en voie principale. Les très fortes fluctuations des taux de déraillements roues et rails entre 1996 et 2002 (et peut-être 2003) cadrent bien avec les fluctuations des basses températures hivernales. La température à elle seule ne peut expliquer les variations des taux de déraillements R&R au cours de cette période. Entre 2002 et 2006, le taux de déraillements R&R a dépassé ce que l'on peut escompter d'une telle variation des températures. Il est également possible que la diminution du taux de déraillements entre 2005 et 2006 soit attribuable à la variation significative des basses températures hivernales, plutôt qu'aux mesures d'atténuation prises au cours de cette période.

Lorsqu'on compare les taux de déraillements du CN et du CFCP, on constate que le taux du CN était proche de celui du CFCP exprimé en trains-kilomètres en 1999 et a accru plus rapidement jusqu'à 2006. Exprimé en wagons-kilomètres, le CN a débuté à un taux de déraillements inférieur à celui du CFCP, mais ce taux avait très nettement augmenté en

2006. Le CN s'est porté acquéreur de certains chemins de fer d'intérêt local durant ce délai, ce qui peut avoir compromis son rendement en matière de sécurité. Les taux de déraillements sont supérieurs sur les voies à plus faible densité et sur les catégories de voie inférieures. Il est très difficile de faire des comparaisons sans une base de données comportant un niveau de précision important à la fois sur le plan des événements et sur celui de l'exposition.

Les risques portent à la fois sur la fréquence de survenue et la gravité des conséquences. L'unique mesure de la gravité qui existe dans la base de données BDEF est le nombre de wagons qui ont déraillé. Si l'on se fonde sur les trains-kilomètres, le taux du CN a été supérieur à celui du CFCP chaque année et 1,68 fois supérieur en moyenne au taux du CFCP. Selon les wagons-kilomètres, le taux du CN a été inférieur à celui du CFCP en 2000, 2001 et 2003, mais supérieur les autres années; en moyenne son taux représente 1,32 fois le taux du CFCP. Si on exclut l'année 1999, qui a sans doute été une année anormale, le taux moyen de déraillements du CN a représenté 1,4 fois celui du CFCP selon les trains-kilomètres et 1,1 fois selon les wagons-kilomètres.

Nous sommes d'avis que Transports Canada doit jouer un rôle plus actif dans l'analyse des tendances et la comparaison du rendement en matière des chemins de fer. Nous pensons par ailleurs que ces analyses doivent être axées sur le plus haut niveau de mesure du rendement en matière de sécurité, à savoir le taux de déraillements. Les comparaisons et l'analyse des tendances ne sont pas seulement indispensables pour permettre au Ministère de réaliser son rôle de surveillant de la sécurité, mais représentent une tâche à valeur ajoutée pour les chemins de fer. Un dossier publié par Transports Canada sur le rendement en matière de sécurité servirait mieux l'intérêt de l'industrie et du public que l'incertitude actuelle, qui incite les médias à se perdre en conjectures et à exagérer l'importance des événements individuels.

L'importance actuelle attachée par TC aux inspections des différents éléments conforte l'idée fausse que le rendement en matière de sécurité a un rapport avec les activités aux niveaux inférieurs de l'organisation. Nous sommes d'avis que le rendement en matière de sécurité doit être mesuré à un niveau plus élevé (c.-à-d. selon le taux de déraillements). Toutefois, il faut procéder à des recherches avant de pouvoir entreprendre une analyse rigoureuse des tendances ou une comparaison.

Nous sommes d'avis que les rapports actuels sur support papier sont inefficaces et se prêtent à des erreurs de transcription. Nous recommandons donc à chaque chemin de fer de constituer une base de données sécurisée contenant tous les champs obligatoires figurant dans les formulaires de rapport du BST, de s'assurer que la base de données est automatiquement actualisée au fur et à mesure que les données sont disponibles et que TC et le BST ont tous deux accès en direct à cette base de données.

Nous recommandons par ailleurs que la base de données englobe tous les dossiers préalables jusqu'en 1999, lorsque le part de champs non complétés dans la base de données s'est mise à augmenter. S'il est impossible de constituer la base de données en

ligne d'ici deux ans, nous recommandons que les données manquantes au cours de la période qui s'est écoulée depuis 1999 soient recueillies au moyen des procédures manuelles existantes par le personnel sur le terrain du BST ou de Transports Canada.

Nous croyons savoir que la récente adoption du projet de loi C-11 procure à Transports Canada un vecteur qui lui permet de définir les nouvelles exigences de déclaration des données. Nous recommandons à la Direction générale de la sécurité ferroviaire d'incorporer dans ces règlements une obligation qui lui donne directement accès aux données sur les accidents ferroviaires qui sont signalés au BST et le pouvoir d'assurer le suivi des lacunes dans ces données.

Deux éléments d'information sont nécessaires pour évaluer les taux de déraillements. Le premier réside dans les manquements à la sécurité (ou les causes) du déraillement, et le deuxième dans les niveaux d'exposition ou d'activité (trains-milles ou wagons-milles). Selon notre analyse, il se peut qu'il y ait des divergences de pratiques en ce qui concerne ces deux éléments. Dans l'évaluation des causes, il se peut que le CN et le CFCP évaluent différemment les déraillements dus au système de freinage. Dans les niveaux d'activité, nous n'avons pas été en mesure de savoir si les wagons porte-conteneurs articulés « *five-pack* » sont comptabilisés comme cinq wagons ou comme un seul, ou encore si les trains qui effectuent des manœuvres sont compris dans l'ensemble des trains-milles en voie principale ou dans les activités de manœuvre de triage. Si Transports Canada n'est pas déjà investi d'un tel pouvoir lors de sa vérification des systèmes de gestion de la sécurité ferroviaire, il doit également apporter les changements nécessaires pour inclure les éléments suivants, qui sont indispensables aux analyses comparatives :

- les lignes directrices qui servent à évaluer les manquements à la sécurité (ou les causes des accidents) et le déroulement dans la pratique des enquêtes sur les déraillements;
- le fondement et l'uniformité des données sur les activités à travers tous les chemins de fer (wagons-milles et trains-milles)

Les mesures ci-dessus permettront d'avoir un ensemble uniforme de données pour l'analyse des tendances et leur comparaison. Toutefois, il faudra mener des recherches pour concevoir des mesures précises du rendement, à la fois pour l'analyse des tendances et la comparaison des chemins de fer. Il importe de tenir compte des influences connues de l'environnement et de l'exploitation dans l'analyse des tendances ou les analyses comparées. Il faut que ce facteur et d'autres influences connues soient élaborés avec une base de données sur les accidents et dans le cadre d'une procédure statistique rigoureuse. Nous recommandons à la DG SF de Transports Canada d'entreprendre ou de financer les recherches nécessaires pour procéder à une analyse rigoureuse permanente des tendances et de l'analyse comparative du rendement en matière de sécurité ferroviaire.

5.2 Stratégies d'atténuation

En raison des mêmes limites des données qui empêchent de tirer des conclusions définitives sur les tendances du rendement en matière de sécurité, il est difficile d'évaluer l'efficacité des stratégies d'atténuation. Nous sommes convaincus que l'industrie du transport ferroviaire possède les connaissances nécessaires à l'élaboration de stratégies pour atténuer les préoccupations en matière de sécurité une fois qu'elles sont cernées. Il n'est pas certain qu'il existe au sein de l'industrie une capacité uniforme pour reconnaître de manière précoce lorsque surviennent des préoccupations en matière de sécurité. Nous sommes convaincus que le BST apporte une contribution à valeur ajoutée lorsqu'il cerne les préoccupations en matière de sécurité dans le cadre de ses enquêtes sur des déraillements choisis. Nous sommes d'avis que Transports Canada pourra jouer un rôle important à valeur ajoutée en menant des recherches plus approfondies et en procédant à une analyse permanente des tendances et à une analyse comparative du rendement en matière de sécurité ferroviaire.

5.3 Législation

Si les dispositions mentionnées plus haut relatives à l'accès des données ne sont pas réalisables par le biais du règlement qui sera élaboré en vertu du projet de loi C-11, nous recommandons alors d'apporter les modifications voulues à la *Loi sur la sécurité ferroviaire*.

D'après la portée de l'analyse à laquelle ce projet a donné lieu nous n'avons pas constaté d'autres modifications nécessaires à la *Loi* elle-même. Les modifications souhaitables peuvent être apportées par la voie de règlement, et l'industrie ferroviaire et Transports Canada font avancer le processus de règlement en cas de besoin. Ce sont les modifications au *Règlement sur la sécurité de la voie (RSV)* qui sont les plus urgents.

Il est hors de portée de cet exercice de formuler des recommandations détaillées au sujet du *RSV*. Toutefois, nous sommes d'avis que le *RSV* tel qu'il existe au moment de rédiger le présent rapport peut compromettre la sécurité en obligeant à affecter des ressources à des obligations juridiques définies, dont certaines, dans leur libellé actuel, présentent très peu d'utilité pour la sécurité; ce qui laisse moins de ressources pour atténuer les préoccupations en matière de sécurité. Nous recommandons donc que les recherches nécessaires et les ressources de gestion soient affectées à l'appui des modifications qu'il faut apporter au *RSV*.

Pour ce qui est de la façon globale d'aborder les modifications à apporter au *RSV*, nous sommes d'avis que, si une formulation plus prescriptive est employée, il faut faire attention que l'élément décrit représente bien une condition « minimale de sécurité », et offrir également la marge nécessaire pour réviser cette définition au fur et à mesure que les connaissances et les recherches futures le justifient. Lorsqu'on emploie des mesures du rendement, il faut faire attention qu'elles reflètent le rendement réel en matière de sécurité, qu'elles sont mesurables et qu'elles sont susceptibles de mise en application ou passibles de sanctions de manière ponctuelle.

Lorsqu'une clause particulière comporte une mesure prescriptive ou axée sur le rendement, sa formulation doit reconnaître les éléments de risque qui se rattachent à l'emplacement de la voie, notamment :

- la densité de la circulation globale;
- les volumes de certaines catégories de MD transportées sur la voie, et si des personnes ou de zones vulnérables sur le plan environnemental y seraient exposés, en cas de déversement de MD;
- le pourcentage de trains de voyageurs sur la voie;;
- le pourcentage de trains de voyageurs sur la voie;
- les caractéristiques d'exploitation des trains (effort de traction aux heures de pointe, charge par essieu et variation de la vitesse);
- l'utilisation de rails éclissés ou de rails soudés;
- l'importance de la pente et de la courbe;
- la vitesse maximale des trains.

Bibliographie

Anderson, R.T. et C.P.L. Barkan, *Railroad Accident Rates for Use in Transportation Risk Analysis*, Transportation Research Board, assemblée annuelle, 2004.

Government - Industry Research Program on Track Train Dynamics, Guidelines for Train Handling, Train Makeup, Track and Structure, Engineer Education, Association of American Railroads, Federal Railroad Administration, Rapport R-153, 1973.

International Heavy Haul Association, Guidelines to Best Practices for Heavy Haul Railway Operations: Wheel and Rail Interface Issues, International Heavy Haul Association, mai 2001.

Roney, M.D., *Canadian Experience with FRA Track Safety Standards*, Actes, American Railway Engineering Association, mars 1993.

TranSys Research Ltd., *Evaluation of Risk Associated with Stationary Dangerous Goods Railway Cars*, Rapport de Transports Canada n° TP 14690E, mars 2007.

TranSys Research Ltd., *Performance Measures from Track Geometry Cars: A Dynamic Response L/V Predictor*, Rapport de Transports Canada n° TP 14309E, mai 2004.

TranSys Research Ltd, *Performance Measures from Track Geometry Cars: A Vehicle Dynamic Response Predictor*, Publication de Transports Canada n° TP 13921E, novembre 2002.

Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête ferroviaire, Déraillement en voie principale, Train Q-120-31-12 du Canadien National, point miliaire 114,8, subdivision Montmagny, Lévis (Quebec), 12 novembre 2004, rapport n° R04Q0047.

Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête ferroviaire, Déraillement en voie principale, Train n° 356-51-14 du Canadien National, point miliaire 7,9, subdivision Fraser, McBride (Colombie-Britannique), 14 mai 2003, rapport n° R03V0083.

Transportation Technology Center Inc., Dingqing Li, Lisa Stabler, Rick Harbuck, Michael Mischke, Semi Kalay, *Implementation of Performance Based Track Geometry Inspection on North American Railroads*, Actes de la 8th International Heavy Haul Conference, juin 2005.

Treichel T.T., J.P. Hughes, C.P.L. Barkan, R.D. Sims, E.A. Phillips et M.R. Saat, *Safety Performance of Tank Cars in Accidents: Probabilities of Lading Loss*, Railway Supply Institute and Association of American Railroads, RA 05-02, janvier 2006.