



RAPPORT D'ENQUÊTE FERROVIAIRE
R05V0141



DÉRAILLEMENT

**DU TRAIN DE MARCHANDISES A47151-05
EXPLOITÉ PAR LE CANADIEN NATIONAL
AU POINT MILLIAIRE 56,6 DE LA SUBDIVISION SQUAMISH
À GARIBALDI (COLOMBIE-BRITANNIQUE)
LE 5 AOÛT 2005**



Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

Rapport d'enquête ferroviaire

Déraillement

du train de marchandises A47151-05
exploité par le Canadien National
au point milliaire 56,6 de la subdivision Squamish
à Garibaldi (Colombie-Britannique)
le 5 août 2005

Rapport numéro R05V0141

Résumé

Le 5 août 2005 vers 7 h 20, heure avancée du Pacifique, pendant que le train de marchandises A47151-05 du Canadien National roulait en direction nord entre Squamish et Lillooet (Colombie-Britannique), neuf des wagons qui le composaient, dont un wagon chargé d'hydroxyde de sodium (ONU 1824), aussi appelé soude caustique, et huit wagons vides, ont déraillé au point milliaire 56,6 de la subdivision Squamish, près de Garibaldi (Colombie-Britannique). Environ 40 000 litres de soude caustique se sont déversés dans la rivière Cheakamus et ont causé des dommages considérables à l'environnement. Personne n'a été blessé.

This report is also available in English.

1.0	Renseignements de base	1
1.1	L'accident.....	1
1.2	Information provenant du consignateur d'événements de locomotive	4
1.3	Wagon-citerne PROX 64041	5
1.4	Bassin hydrographique de la rivière Cheakamus.....	6
1.4.1	Déversement et impact sur l'environnement	7
1.4.2	Effets du déversement sur la santé	8
1.5	Renseignements sur la voie.....	9
1.5.1	Graissage des rails.....	9
1.5.2	Dynamique entre la voie et les trains	10
1.6	Exploitation de l'ancienne BC Rail.....	12
1.6.1	Trains roulant en direction sud	12
1.6.2	Trains roulant en direction nord	13
1.7	Exploitation de l'ancienne BC Rail par suite de l'achat par le CN	15
1.7.1	Exploitation des trains du Canadien National – Instructions générales d'exploitation et bulletins mensuels	15
1.8	Systèmes de gestion de la sécurité	17
1.9	Puissance de traction répartie et réglage des locomotives télécommandées.....	18
1.9.1	Défectuosités et alarmes des locomotives.....	20
1.10	Historique des déraillements survenus dans la subdivision Squamish dans le réseau de la BC Rail et du Canadien National	22
1.11	Travaux d'intervention d'urgence et de remise en état exécutés par le Canadien National.....	23
1.11.1	Programme provincial d'urgence	23
2.0	Analyse.....	25
2.1	Introduction	25
2.2	L'accident.....	25
2.3	Puissance de traction répartie.....	25
2.4	Défectuosités et alarmes des locomotives.....	26
2.5	Restrictions quant au tonnage et à la formation des trains	28
2.5.1	Conduite de trains longs à puissance de traction répartie	28
3.0	Conclusions	31
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	31
3.2	Faits établis quant aux risques.....	32
3.3	Autres faits établis.....	32

4.0	Mesures de sécurité	33
4.1	Mesures prises	33
4.1.1	Mesures réglementaires.....	33
4.2	Préoccupations liées à la sécurité.....	36
4.2.1	Utilisation prioritaire de la technologie la plus sûre.....	37
4.2.2	Systèmes d’alarmes des locomotives.....	37

Annexes

Annexe A	– Évaluation de la mortalité de poissons	39
Annexe B	– Méthodes de conduite des trains	43
Annexe C	– Trains 471, 470, 576 et 570.....	44
Annexe D	– Déraillements en voie principale survenus dans la subdivision Squamish – BC Rail et Canadien National.....	46
Annexe E	– Organismes d’intervention.....	49
Annexe F	– Plan de remise en état.....	50
Annexe G	– Sigles et abréviations.....	51

Figures

Figure 1	Carte de la région	1
Figure 2	Profil d’altitude de la voie de la subdivision Squamish	2

Photos

Photo 1	Position du wagon-citerne après le déraillement.....	5
---------	--	---

1.0 Renseignements de base

1.1 L'accident

Le 5 août 2005 vers 6 h 24, heure avancée du Pacifique¹, le train de marchandises A47151-05 (le train) du Canadien National (CN)² part de Squamish (Colombie-Britannique) et roule dans la subdivision Squamish à destination de Prince George (Colombie-Britannique) (voir la figure 1). La circulation ferroviaire est régie par la régulation de l'occupation de la voie, en vertu du *Règlement d'exploitation ferroviaire du Canada*, et est supervisée par un contrôleur de la circulation ferroviaire (CCF) posté à Edmonton (Alberta). Le train est composé de 5 locomotives placées en tête de train, de 3 wagons chargés, de 141 wagons vides, et de 2 locomotives télécommandées placées derrière le 101^e wagon. Il mesure quelque 9340 pieds et pèse environ 5002 tonnes.

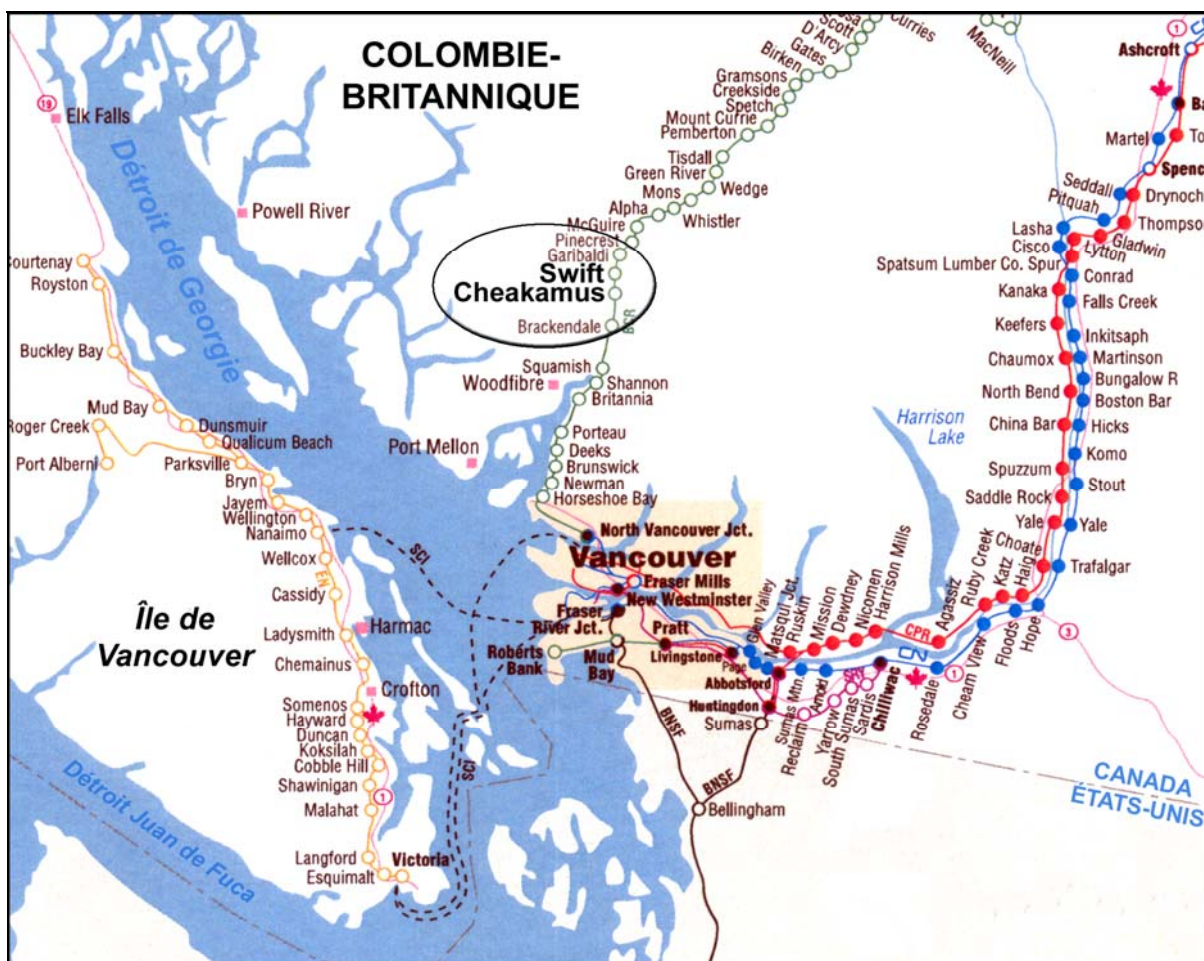


Figure 1. Carte de la région

¹ Toutes les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins sept heures).

² Voir l'annexe G pour la signification des sigles et abréviations.

La figure 2 montre le profil de la voie le long de la subdivision.

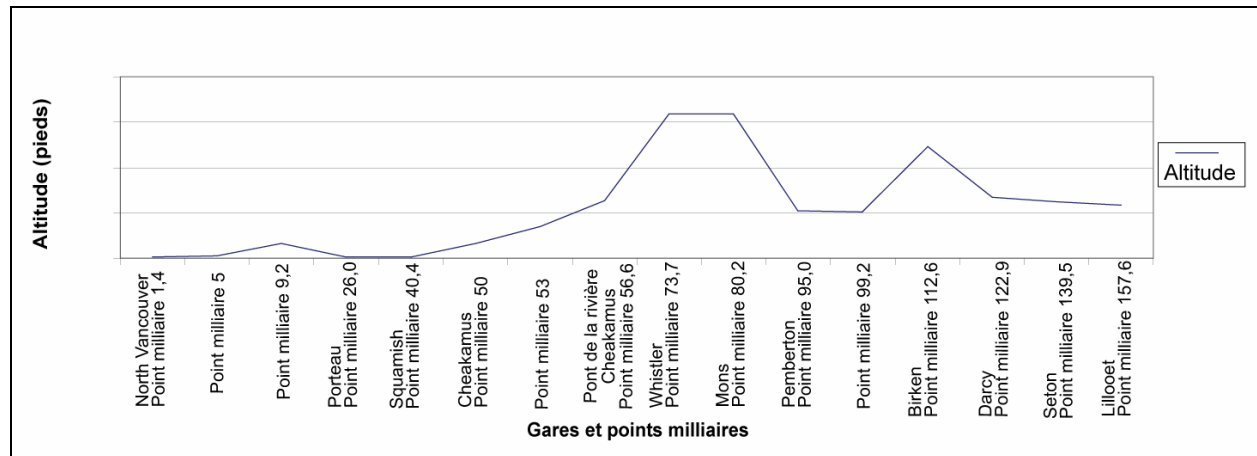


Figure 2. Profil d'altitude de la voie de la subdivision Squamish (le parcours du train est de gauche à droite)

La composition du train était la suivante :

- cinq locomotives placées à la tête du train, suivies
- d'un wagon couvert vide,
- de trois wagons-citernes chargés d'hydroxyde de sodium,
- de six wagons plats vides à longrine centrale,
- de 97 wagons-tombereaux servant au transport de copeaux, wagons couverts et wagons plats, tous vides,
- de deux locomotives télécommandées,
- de 37 wagons-tombereaux servant au transport de copeaux et wagons couverts, tous vides.

Les deuxième, quatrième et cinquième locomotives de tête étaient en ligne et fournissaient une puissance de 11 800 horsepower (HP) répartie entre 18 essieux moteurs. La locomotive de tête, BCOL 4607, était isolée, alors que le moteur de la troisième locomotive était éteint. Les locomotives télécommandées étaient en ligne mais n'assuraient aucune charge.

Groupe de traction

À la tête du train :

1. BCOL 4607 (locomotive de tête), six essieux, GEF-40 Dash 8, 4400 HP
2. BCOL 4645, six essieux, GEF-44 Dash 9, 4400 HP
3. BCOL 4651, six essieux, GEF-44 Dash 9, 4400 HP
4. BCOL 766, six essieux, GMF-30 SD40, 3000 HP
5. CN 2568, six essieux, GE Dash 9-44CW, 4400 HP

Locomotives télécommandées :

1. BCOL 4652, six essieux, GEF-44 Dash 9, 4400 HP
2. BCOL 4621, six essieux, GEF-40 Dash 8, 4400 HP

Le groupe de traction à la tête du train et le groupe de traction de locomotives télécommandées se composaient de locomotives General Electric (GE) Dash 8 et GE Dash 9. Toutefois, les deux groupes de traction avaient à leur tête une locomotive plus ancienne Dash 8. Le module d'interface de l'opérateur (de l'anglais *Operator Interface Module* ou OIM) des locomotives Dash 8 n'affiche pas la puissance réelle ou la charge des locomotives télécommandées tandis que les locomotives Dash 9, plus récentes, affichent cette information.

L'équipe du train, composée d'un mécanicien et d'un chef de train, a été appelée à prendre son service à 5 h 30 pour conduire le train de Squamish à Lillooet (Colombie-Britannique). Les membres de l'équipe satisfaisaient aux exigences en matière de condition physique et de repos. Le chef de train en était à son deuxième parcours dans la subdivision Squamish en 19 mois, et à son deuxième parcours en service sur la voie principale en 11 ans. Le mécanicien connaissait bien la subdivision. Il avait les qualifications voulues pour conduire des trains à puissance de traction répartie³ (PTR) entre Squamish et Prince George. Il avait conduit des trains à PTR pendant un grand nombre d'années, jusqu'à ce que la BC Rail (BCR) cesse de les exploiter en juin 2003. Il conduisait des trains à PTR dans la subdivision Squamish depuis que le CN avait recommencé à faire circuler ces trains en direction nord en juin 2005. On a commencé à faire circuler le train A47151 vers le sud en utilisant la PTR en avril 2005.

Les équipes montantes et descendantes étaient à Squamish en même temps et il y a eu un transfert d'équipes. L'équipe de North Vancouver avait reçu des alarmes de défauts de PTR qui auraient dû l'avertir d'un problème possible de PTR, mais aucune irrégularité n'a été constatée et l'information n'a pas été transmise à l'équipe de Squamish. La topographie entre North Vancouver et Squamish ne fait pas nécessairement appel à la PTR, mais on avait l'intention de faire circuler le train à l'aide de la PTR qui fonctionnait depuis North Vancouver et de continuer jusqu'à Prince George.

La vitesse de zone est de 25 mi/h du point milliaire 10,9 au point milliaire 42,0 de la subdivision Squamish. Le train a atteint une vitesse maximale de 25,2 mi/h, la manette des gaz étant à la position 5, à 6 h 44 min 17 s. Le train était alors près du point milliaire 40, puis il a commencé à ralentir en gravissant les rampes situées au nord de Cheakamus. Comme le mécanicien croyait que les locomotives dans le groupe de traction de locomotives télécommandées ne fournissaient aucun effort de traction, il a effectué un essai pour confirmer ce doute. Pour ce faire, il a fait appel à un dispositif du système de PTR qui permet d'exploiter le groupe de traction télécommandé indépendamment du groupe de traction à la tête du train. Il a réglé la manette des gaz du groupe de traction télécommandé à la position 8 et a réduit les gaz du groupe de traction de tête jusqu'à la position de ralenti.

³ Dans les trains à PTR, des locomotives de traction additionnelles sont placées dans le train, par exemple à la mi-longueur du train, aux deux tiers de la longueur ou à la queue du train. En répartissant la puissance de traction, on peut faire rouler des trains plus longs et plus lourds, tout en disposant d'un moyen de limiter les forces qui s'exercent dans le train, ou de les réduire au minimum.

Même si le consignateur d'événements de locomotive a indiqué que la manette des gaz de la locomotive télécommandée de contrôle, BCOL 4621, était à la position 8, on n'a ressenti aucune poussée vers l'avant. Le train a continué de perdre de la vitesse, ce qui a amené l'équipe à conclure soit que les locomotives télécommandées n'étaient pas en ligne, soit qu'elles ne fonctionnaient pas. Alors que le train roulait à 8,5 mi/h, le mécanicien a mis en ligne la locomotive de tête, BCOL 4607, ajoutant une puissance de 4400 HP et l'effort de traction de six essieux moteurs supplémentaires, ce qui fait que le train disposait d'une puissance totale de 16 200 HP et d'un effort de traction fourni par 24 essieux moteurs.

1.2 *Information provenant du consignateur d'événements de locomotive*

La vitesse de zone était de 35 mi/h entre le point milliaire 42,0 et le point milliaire 50,8 de la subdivision Squamish. Comme il disposait d'une puissance additionnelle, le train a accéléré et a atteint une vitesse maximale de 34,2 mi/h, la manette des gaz étant à la position 8, à 6 h 49 min 51,7 s. On a ensuite réduit les gaz lorsque le train a approché du point milliaire 50,8, là où une nouvelle zone de limitation de vitesse (20 mi/h) commençait. Le train a atteint une vitesse maximale de 36 mi/h à 6 h 51 min 11,2 s (manette des gaz à la position 5), après quoi on a manipulé la manette des gaz jusqu'à ce que la vitesse soit de 22,7 mi/h, à 6 h 58 min 56,5 s; la manette des gaz était alors à la position 8. Le train a pu rouler à une vitesse voisine de la vitesse en voie pendant qu'il gravissait les rampes de 1,04 à 2,14 % qui se trouvent entre le point milliaire 51 et le point milliaire 56.

Avant l'accident, tandis que le train gravissait les déclivités montagneuses et roulait dans les courbes prononcées avec la manette des gaz à la position 8, le consignateur d'événements de locomotive a enregistré le premier de plusieurs incidents de patinage des roues à 6 h 59 min 39 s; le patinage se manifeste par une augmentation/diminution marquée de la vitesse dans un intervalle d'une ou de deux secondes. Une quinzaine de minutes plus tard, tandis que le train, dont la manette des gaz était à la position 8, roulait à 14 mi/h dans une suite de contre-courbes et traversait le pont de la rivière Cheakamus, au point milliaire 56,6, un serrage d'urgence des freins du train s'est déclenché.

Après avoir envoyé le message d'urgence voulu et avoir avisé le CCF, le chef de train est parti inspecter le train et a constaté que neuf wagons (du 4^e au 12^e) avaient déraillé du côté ouest (intérieur) de la courbe de 12 degrés et 20 minutes vers la gauche, sur le pont de la rivière Cheakamus. Au total, quatre wagons étaient tombés du haut du pont, en l'occurrence le wagon-citerne PROX 64041, chargé d'hydroxyde de sodium concentré à 73 % (le 4^e wagon) et trois wagons plats vides à longrine centrale. Le wagon-citerne a heurté le pilier en béton du pont et est retombé sur la rive nord de la rivière (voir la photo 1), et les trois wagons plats vides à longrine centrale qui le suivaient sont retombés sur le côté, dans le lit du cours d'eau. Les quatre wagons qui suivaient, soit trois wagons plats vides à longrine centrale et un

wagon-tombereau vide servant au transport de copeaux, se sont arrêtés sur le côté après avoir déraillé. Le 12^e wagon, un wagon-tombereau vide servant au transport de copeaux, est resté à la verticale, et seul son bout B⁴ (nord) a déraillé.



Photo 1. Position du wagon-citerne après le déraillement

Dans le tronçon sur lequel le train de 9347 pieds circulait, on comptait environ 18 courbes, dont la moitié avait une courbure égale ou supérieure à neuf degrés, et des rampes dont l'inclinaison variait entre 1,90 % et 2,10 %.

Le ciel était dégagé, un vent léger soufflait du nord-nord-est et la température était de 15 °C.

1.3 Wagon-citerne PROX 64041

Le wagon-citerne PROX 64041 était un wagon-citerne non pressurisé de type 111A100W3 dont la construction remontait à novembre 1984. Le wagon-citerne déraillé est tombé du côté ouest du pont de la rivière Cheakamus, sur la rive nord de la rivière, et s'est immobilisé sur son côté droit, le trou d'homme tourné vers l'aval à un angle de 30 à 35 degrés. L'enveloppe de la citerne a subi des dommages considérables, et les dommages causés à la citerne proprement dite ont été particulièrement graves au bout A, côté gauche du wagon, soit le coin supérieur de l'extrémité de la citerne qui était du côté aval. Toutes les vannes et le couvercle du trou d'homme avaient été arrachés du wagon. Le trou d'homme avait aussi été bosselé au bout A. Les bogies s'étaient séparés du wagon et la plupart des appareils et dispositifs de sécurité avaient disparu. Le produit répandu enduisait tout le dessus du wagon et recouvrait le rivage sur une distance d'environ 20 m vers l'amont et 25 m vers l'aval.

⁴ Les parties du matériel roulant sont désignées par rapport au bout A ou au bout B du wagon. Le frein à main se trouve au bout B. Si l'on est au bout B et qu'on regarde vers le bout A, le côté droit du wagon est à droite et le côté gauche est à gauche. Les roues et les roulements sont numérotés par rapport au bout B et sont désignés en fonction du côté où ils se trouvent (R pour le côté droit et L pour le côté gauche); par exemple, roues R1, R2.

Une évaluation initiale des dégâts, qui a été faite à 12 h 45, a révélé qu'environ un cinquième du chargement était resté dans la partie basse du wagon. Les documents d'expédition indiquaient que le wagon contenait 86 433 kg ou 51 540 litres de produit à l'origine. On a mesuré que la température du produit restant était de 99 °C.

Des discussions avec l'expéditeur, Nexen Chemicals, ont permis d'apprendre que le produit commencerait à se solidifier à 62 °C. On a écarté l'option de pomper le reste de produit, en raison de la position du wagon, et aussi parce qu'on craignait que le produit se solidifie dans les tuyaux pendant le pompage. On croyait que, malgré les dommages causés à sa citerne, il serait possible de remonter le wagon du lit de la rivière jusqu'au niveau de la voie sans risquer de l'endommager davantage. Il a donc été décidé de laisser le produit se solidifier à l'intérieur du wagon.

Après avoir scellé toutes les ouvertures, on a remonté le wagon le 12 août. Le produit qui restait dans la citerne n'a pas fui. On n'a pas vu de déchirures visibles dans la citerne, ni de contamination qui aurait indiqué que la citerne aurait subi des brèches additionnelles. Le 14 août, deux grues ont déposé la citerne endommagée sur un wagon-tombereau. Le wagon a été déplacé jusqu'à la voie d'évitement de Garibaldi, où la citerne a été recouverte d'une enveloppe de polyéthylène, après quoi le wagon a été transporté jusqu'à North Vancouver, où l'on devait prendre les mesures voulues.

1.4 *Bassin hydrographique de la rivière Cheakamus*

Le bassin hydrographique de la rivière Squamish draine une superficie de 3650 kilomètres carrés de la chaîne côtière du sud-ouest de la Colombie-Britannique. La rivière Squamish et ses cinq affluents, dont la rivière Cheakamus, constituent un habitat important pour les cinq espèces⁵ de saumon du Pacifique et la truite arc-en-ciel, et d'autres espèces de poisson, pour la faune et la flore marines, et pour des mammifères terrestres, des oiseaux et des invertébrés. La rivière Cheakamus est un affluent principal de la rivière Squamish et elle draine une superficie de 1070 kilomètres carrés. À 26 km en aval des lieux de l'accident, la rivière Cheakamus se jette dans la rivière Squamish.

La rivière Cheakamus est une zone récréative pittoresque et populaire qui est aussi une source traditionnelle de nourriture pour les groupes des Premières nations qui habitent le district de Squamish. La vallée de la rivière est aussi un couloir de transport principal du centre de la Colombie-Britannique, car le tracé de la route 99 et de la subdivision Squamish du CN suit la vallée de la rivière Cheakamus de Squamish à Whistler. La subdivision Squamish, dont la construction a été terminée en 1952, suit la vallée de la rivière Cheakamus du point milliaire 49 au point milliaire 73, approximativement.

Deux alevinières sont établies en aval de l'endroit où le déversement s'est produit. La plus grande de ces alevinières, celle de Tenderfoot Creek, produit chaque année environ 1,6 million de saumoneaux (poissons d'environ deux ans) quinnat, 300 000 saumoneaux coho et 100 000 alevins (poissons récemment éclos). Au bout de quelques années, jusqu'à trois millions de saumons roses et 100 000 truites arc-en-ciel s'ajoutent à la production, dépendamment du taux d'échappées et des besoins de l'industrie de la pêche.

⁵ saumon sockeye, saumon coho, saumon rose, saumon quinnat, saumon keta

1.4.1 Déversement et impact sur l'environnement

Les premiers rapports en provenance des lieux de l'accident ont indiqué que le wagon-citerne laissait fuir de l'hydroxyde de sodium, mais ne donnaient aucune précision quant à la quantité de liquide qui s'était répandue. Le CN a communiqué avec l'expéditeur, avec CANUTEC et avec deux entrepreneurs spécialisés dans les interventions d'urgence en cas de déversements de marchandises dangereuses, pour faire faire une évaluation de la situation. Les entrepreneurs sont tous deux arrivés sur place vers 11 h et, vers 13 h, on a appris qu'environ 40 000 litres d'une solution à 73 % d'hydroxyde de sodium (NaOH) avaient fui du wagon-citerne et s'étaient répandus sur les rochers environnants et dans les eaux de la rivière Cheakamus. L'hydroxyde de sodium est un ingrédient essentiel d'une série de procédés industriels, dont la production de pâte et de papier, des textiles, du savon et des détergents, des agents de blanchiment, des produits pétroliers et de l'alumine, et il est aussi affecté à de nombreux autres usages dans l'industrie des traitements chimiques. L'hydroxyde de sodium est un produit alcalin incolore, inodore et corrosif (pH de 14) qui peut causer de graves brûlures oculaires et cutanées et altérer les tissus mous.

On a observé la formation d'écume à l'endroit où l'hydroxyde de sodium s'est mélangé aux eaux turbulentes du canyon de la rivière Cheakamus, mais la plus grande partie de l'hydroxyde de sodium a été entraînée vers l'aval par le courant de la rivière sous la forme d'une « masse » concentrée ayant un pH élevé. Ce phénomène est dû à la température et à la densité⁶ de la solution d'hydroxyde de sodium et au fait que l'eau de la rivière était assez douce, ce qui a réduit sa capacité de compenser les effets du déversement. Des mesurages du pH⁷ de la rivière, qui ont été faits à 200 m en aval du déversement, montraient un pH neutre de 7 vers le milieu de l'après-midi. Le pH normal de la rivière est de 6,9 à 7,1.

L'hydroxyde de sodium n'a pas tardé à affecter la vie aquatique dans la rivière Cheakamus et dans le cours inférieur de la rivière Squamish, causant une hémorragie des tissus des branchies et des brûlures cutanées. Le déversement a causé la mort de poissons et d'invertébrés benthiques de toutes espèces et catégories d'âge qui se trouvaient dans la rivière et qui ont été exposés à la solution d'hydroxyde de sodium. Le fait que le niveau d'eau était bas au moment du déraillement, qui a fait que le contaminant descende le cours de la rivière vers la baie Howe, a permis à des poissons de trouver refuge dans les eaux arrêtées et les secteurs isolés de l'habitat du poisson.

Les aigles, les balbuzards pêcheurs et les animaux qui ont mangé les carcasses de poissons n'ont pas été mis en danger. Des technologues en pêche, des biologistes et des bénévoles (de la *Pacific Streamkeepers Federation*) ont recueilli environ 5000 poissons, lesquels ont été pesés, mesurés et analysés. Des invertébrés et des œufs semblent avoir survécu, mais toute l'ampleur des pertes reste encore à déterminer. Dans un rapport que le ministère de l'Environnement de la

⁶ Le poids spécifique de l'hydroxyde de sodium est de 2,1 (c'est-à-dire 2,1 fois la densité de l'eau)

⁷ Échelle allant de 1 à 14, qui sert à mesurer l'alcalinité ou l'acidité d'une solution. Un pH faible indique une solution acide et un pH élevé indique une solution alcaline.

Colombie-Britannique et le ministère des Pêches et des Océans du Canada ont fait rédiger par un consultant, on a calculé que le déversement a tué environ 500 000 poissons de 10 espèces différentes et de toutes les catégories d'âge⁸ (voir l'annexe A).

On a pulvérisé une solution à 20 % d'acide acétique sur les rochers et on a utilisé des pompes de pulvérisation à faible densité pour injecter de l'acide acétique sous la surface, sur les lieux du déraillement, afin de neutraliser l'hydroxyde de sodium. Du calcaire dolomitique a été mis à la disposition des intervenants, au cas où il faudrait neutraliser l'acide acétique. On a mesuré le taux de lessivage de l'hydroxyde de sodium déposé sur les berges de la rivière, sur les rochers, dans les bassins et les eaux arrêtées, après des périodes de pluies fortes, entre le 17 août et le 28 octobre. Le mesurage n'a indiqué aucune augmentation du pH.

1.4.2 Effets du déversement sur la santé

Le CN a signalé le déraillement et le déversement comme il est exigé de le faire, mais les premiers rapports en provenance des lieux du déraillement étaient ambigus quant à la gravité du déversement, aux risques pour la santé publique, à la toxicité et aux impacts environnementaux en aval de la rivière. Le district de Squamish a d'abord cru que le déraillement et le déversement de produit chimique constituaient davantage un problème d'ordre environnemental qu'un problème de santé publique. À l'origine, l'autorité sanitaire de la côte de Vancouver (*Vancouver Coastal Health Authority* ou VCHA) a fait savoir qu'il n'y avait pas de risque pour la santé publique puisque le produit chimique s'était dilué rapidement après le déraillement.

Peu après, la VCHA et le district de Squamish ont tous deux émis un avis de santé publique concernant les rivières Cheakamus et Squamish et leur estuaire (à partir de rapports relatifs au nombre de poissons morts et d'information plus exacte portant sur l'étendue du déversement, transmise par un inspecteur de la santé publique et d'autres personnes qui étaient sur les lieux). L'avis de santé publique a été transmis à quelque 125 utilisateurs d'eau par un réseau de bénévoles et par la Gendarmerie royale du Canada (GRC), et il a été diffusé sur les ondes d'une station radio FM (Mountain FM).

Les deux avis émis à la suite du déversement recommandaient de bannir l'utilisation domestique de l'eau de 48 puits situés à 100 m ou moins de la rivière Cheakamus en attendant qu'on prenne des échantillons et de bannir toute activité de loisirs dans la rivière Cheakamus. L'avis quant aux activités de loisirs a été levé dans les 24 heures suivant son émission et l'avis interdisant de boire l'eau a été levé dans les 48 heures suivant son émission. Il a été déterminé que la consommation de poissons en bonne santé était sûre à partir du 9 août. L'eau des puits plus éloignés de la rivière Cheakamus et les sources d'eau potable des municipalités du district de Squamish n'ont pas été touchées par le déversement.

On n'a pas signalé de blessures causées par le déversement.

⁸ « Assessment of the CN Rail Caustic Soda Spill, August 5th, 2005 on the Cheakamus River » (Effets du déversement de soude caustique du CN survenu le 5 août 2005 sur la rivière Cheakamus), rapport rédigé par Instream Fisheries Research Inc. pour le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et le ministère des Pêches et des Océans.

1.5 Renseignements sur la voie

Sur le pont du canyon de la rivière Cheakamus, la voie décrit une courbe de 12 degrés et 20 minutes vers la gauche du côté sud, puis décrit une courbe de 13 degrés vers la droite au nord, où elle aborde une rampe de 2 %. Le pont est un pont à quatre travées à poutres à âme pleine et à tablier ajouré ayant des traverses en bois d'œuvre. Le pilier nord est fait de béton et celui du côté sud est constitué d'une tour à charpente métallique. Le tablier était à 82 pieds au-dessus de la rivière. La voie ferrée n'a pas été endommagée, mais les extrémités ouest de 63 traverses en bois du pont ont été sectionnées complètement ou partiellement, quand les wagons déraillés sont tombés du haut du pont.

Aux abords du pont, le rail de la file basse de la courbe vers la gauche était un rail Sydney de 115 livres à champignon traité thermiquement, fabriqué en 1991. Quant au rail de la file haute, il était un rail JKVY Hayange de 124 livres à champignon traité thermiquement, qui avait été fabriqué en 1999. Les traverses étaient en acier et les rails étaient retenus par des attaches de type élastique.

Le rail de la file basse de la courbe vers la droite située au nord du pont était un rail Sydney de 115 livres à champignon traité thermiquement, fabriqué en 1991, alors que le rail de la file haute était un rail JKVY Hayange de 124 livres à champignon traité thermiquement, qui avait été fabriqué en 2000. Les rails étaient posés sur des traverses en bois.

Le rail de la file haute reposait sur des selles de rail moulées de qualité supérieure fixées aux traverses de bois à l'aide de crampons. Le rail de la file basse reposait sur des selles de rail en acier de 14 pouces et était retenu par cinq crampons par selle de rail. Le rail de la file basse était encadré par des anticheminants à verrouillage à chaque traverse. Le ballast était constitué de pierre concassée. Un peu au sud du pont, un graisseur de rail double à pompe hydraulique avait recouvert complètement de graisse le champignon du rail, les traverses et le ballast.

1.5.1 Graissage des rails

L'efficacité de l'effort de traction de la locomotive est tributaire de l'adhérence disponible entre les roues de la locomotive et les rails. L'adhérence se définit en fonction du poids de la locomotive et du niveau de frottement au point de contact entre les roues et les rails, c'est-à-dire que l'efficacité de l'effort de traction se calcule d'après la formule μW , dans laquelle W représente le poids total qui repose sur les roues motrices, et μ est le coefficient de frottement entre les roues et les rails. Souvent, la valeur de μ est de 0,25, bien qu'elle puisse aller jusqu'à 0,30. Le facteur de frottement ou d'adhérence correspond au pourcentage du poids des locomotives sur les roues motrices qui peut exercer un effort de traction efficace. Des facteurs environnementaux, comme la pluie, le gel et la neige, peuvent réduire le frottement disponible. En outre, des contaminants se trouvant sur le dessus des rails, comme des graisseurs de rails en voie et des feuilles, peuvent réduire le frottement disponible et faire augmenter le patinage des roues des locomotives lorsqu'un grand effort de traction est nécessaire.

Un grand nombre de graisseurs de rails sont placés en bordure des nombreuses courbes de la subdivision Squamish. De plus, un camion rail-route passe tous les deux jours pour appliquer sur le dessus des rails un lubrifiant destiné à modifier le coefficient de frottement. Bien qu'un

patinage des roues des locomotives ait été enregistré dans cet incident (il y a toujours un certain patinage entre les roues et les rails), la réduction du frottement sur le dessus des rails n'a pas été signalée comme étant un problème grave qui affectait la conduite des trains.

À une vitesse de 8,5 mi/h, alors que la manette des gaz est au maximum et que le train gravit une rampe de 2,0 % et dispose d'une puissance de traction de 16 200 HP en tête du train, on peut s'attendre à ce que les roues patinent. Il est question du patinage au chapitre 2.7 du manuel de conduite du CN à l'intention des mécaniciens (*Locomotive Engineer Operating Manual*), imprimé 8960 (de janvier 2005). Les systèmes de contrôle de l'adhérence des locomotives modernes fournissent en général trois niveaux de correction et de protection relativement au patinage des roues. Afin de minimiser le clignotement injustifié du témoin de patinage, les deux premiers niveaux de correction de patinage de roues ne déclenchent par l'alarme et le témoin de patinage. Le témoin de patinage ne s'allume que lorsqu'un patinage exige une correction de troisième niveau. Donc, il se peut qu'un patinage considérable survienne avant que le témoin de patinage ne s'allume dans la cabine de locomotive. Si l'indicateur de charge de la locomotive de tête n'indique pas une perte de puissance lorsque le témoin de patinage s'allume, on en déduit que le patinage affecte les roues d'une des locomotives entraînées. La plupart du temps, si une ou des roues d'une locomotive patinent (perte d'adhérence), il est possible de détecter le patinage et de le corriger automatiquement. Le système automatique de détection du patinage réduit alors la puissance des moteurs de traction et applique du sable sur les rails jusqu'à ce que la ou les roues cessent de patiner. On peut aussi contrôler manuellement le patinage, en appliquant du sable sur les rails ou en réduisant les gaz, ou les deux.

1.5.2 *Dynamique entre la voie et les trains*

Une combinaison de forces latérales (L) et verticales (V) existe à l'interface entre les roues et les rails. Le ratio des forces latérales et verticales (L/V) permet de déterminer s'il y a un risque de déraillement. La tendance au déraillement augmente en proportion de l'augmentation du ratio, c'est-à-dire que des forces latérales considérables combinées à des forces verticales faibles (wagons vides) auront tendance à pousser les boudins de roue vers le haut et à leur faire chevaucher la face intérieure du rail, ou pousseront (wagon chargé) le rail avec un effort suffisant pour le faire s'incliner et se renverser vers l'extérieur.

Les forces longitudinales se transmettent d'un bout à l'autre du train entre les points de pivotement des attelages. Quand un train est entraîné sur un tronçon en alignement droit, on dit que ses attelages sont étirés; les forces longitudinales exercent alors un effort d'extension et agissent le long de l'axe de la voie. Quand un train roule dans une courbe, les forces longitudinales (qu'elles soient en compression ou en extension, c'est-à-dire qu'elles poussent ou tirent) et les angles des attelages correspondants exercent des efforts latéraux sur les crapaudines des matériels roulants, efforts qui sont transmis aux rails par les roues. L'amplitude des forces latérales exercées sur le rail varie de façon directement proportionnelle à celle des forces longitudinales, de l'angle des attelages, de la déclivité de la rampe et du degré de courbure. Les rampes accentuées et les courbes prononcées font augmenter la résistance au roulement et accroissent les forces exercées par le train. Des forces latérales considérables donnent lieu à un ratio L/V élevé, qui fait en sorte qu'une roue a tendance à chevaucher le rail ou que le rail de la file basse a tendance à se renverser. Pour éviter que le ratio L/V dépasse les niveaux critiques, il faut limiter les forces longitudinales.

Pour limiter les forces longitudinales, on peut réduire le nombre d'essieux moteurs et la puissance du groupe de traction. En limitant la position maximale autorisée de la manette des gaz ou le tonnage maximal à l'arrière, ou les deux, on peut également veiller à ce que les forces longitudinales soient à un niveau acceptable pour la topographie. Un grand nombre de compagnies ferroviaires limitent l'effort de traction de la ou des locomotives d'un groupe de traction à un maximum de 250 000 livres, soit la limite recommandée par l'Association of American Railroads (AAR) pour les trains équipés d'attelages de catégorie B. Les instructions d'exploitation de la BCR et du CN limitent les locomotives et groupes de traction de tête, télécommandés et d'appoint à un maximum de 13 500 HP et de 18 essieux moteurs, dans le cas des trains conventionnels qui gravissent des rampes entre Cheakamus et Mons dans la subdivision Squamish.

Lorsqu'on exploite un train dans des courbes prononcées, des forces longitudinales excessives peuvent produire des forces latérales critiques sur tout wagon. La gravité des forces latérales s'accroît lorsqu'il s'agit de wagons légers, de wagons plus longs, et d'une combinaison de wagons longs et de wagons courts. Quel que soit le degré de courbure, l'angle des attelages est à son maximum lorsqu'un wagon long est attelé à un wagon court. On peut développer des ratios L/V considérables lorsque des wagons de 80 pieds ou plus sont attelés à des wagons mesurant moins de 50 pieds de longueur⁹. Le train A47151 comptait des wagons longs vides placés derrière trois wagons-citernes plus courts et un wagon couvert. Pour réduire le ratio L/V, on peut limiter le tonnage placé derrière les combinaisons de wagons longs et de wagons courts, en tenant compte des courbes et des rampes de la voie.

La rampe maximale qu'on trouve dans la subdivision Squamish est de l'ordre de 2,2 %. On y trouve de nombreuses courbes de 12 degrés, de même que plusieurs courbes de 13 et 14 degrés. Au tableau 3-2 du chapitre 3 du rapport de l'AAR intitulé *Track Train Dynamics to Improve Freight Train Performance*, AAR-R-185, « TTD Guidelines for Optimum Train Handling, Train Makeup, and Track Considerations », on indique que le tonnage maximal qu'on peut placer derrière des wagons de 80 pieds ou plus, lorsque la voie décrit des courbes de 12 degrés à 14 degrés et gravit des rampes de 2,2 %, se situe entre 2555 et 3154 tonnes. Comme les concentrations les plus grandes de forces longitudinales se manifestent derrière les locomotives, les wagons vides de 80 pieds ou plus doivent être placés à la queue des trains dont le poids est supérieur à 2555 tonnes.

Les instructions d'exploitation du CN sont les mêmes que celles qui étaient en vigueur à la BCR. À la section 3.0 (conduite du matériel roulant) du manuel d'exploitation du CN, on précise que, pour un train conventionnel appelé à gravir des rampes entre Cheakamus et Mons, la limite de tonnage exige qu'on ne place pas plus que 2700 tonnes derrière un wagon vide mesurant plus de 80 pieds. À la section A-4, on précise que, pour les trains composés de wagons vides et chargés, la limite est de 18 essieux moteurs et de 4200 tonnes, et le tonnage remorqué, ce qui comprend les wagons chargés et les locomotives non motrices, est limité à 4600 tonnes. Les wagons chargés doivent être placés immédiatement derrière les locomotives, sous réserve des

⁹ La longueur de 80 pieds constitue la longueur standard que l'AAR a utilisée pour mettre au point les directives de composition et de formation des convois qu'on trouve au chapitre 3 du rapport de l'AAR intitulé *Track Train Dynamics to Improve Freight Train Performance*, AAR-R-185, « TTD Guidelines for Optimum Train Handling, Train Makeup, and Track Considerations », novembre 1979 (voir l'annexe B).

exigences relatives au classement des wagons de marchandises dangereuses¹⁰. Le tonnage total du train A47151-05 était de 5002 tonnes, plus 400 tonnes pour les deux locomotives télécommandées non motrices, ce qui excédait de 17 % la limite de tonnage remorqué de 4600 tonnes, telle que calculé pour un train conventionnel.

1.6 *Exploitation de l'ancienne BC Rail*

Dans les rampes accentuées et les courbes prononcées du parcours de l'ancienne BCR, entre North Vancouver et Prince George, il faut redoubler de prudence pour éviter les déraillements. Sachant que l'environnement physique était difficile, la BCR a fait appel à différents experts pour la mise au point de ses méthodes d'exploitation.

1.6.1 *Trains roulant en direction sud*

Avant 1999, la forte majorité des trains chargés qui roulaient vers le sud entre Prince George et North Vancouver étaient des trains à PTR qui avaient deux locomotives GE Dash 8/Dash 9 en tête de train et une locomotive télécommandée GE Dash 8/Dash 9 placée à environ la moitié ou aux deux tiers de la longueur du train par rapport au groupe de traction de tête. Le personnel du service de la mécanique posté à Prince George préparait et qualifiait les locomotives à PTR, au besoin. Ces trains pesaient environ 10 000 tonnes, soit un peu en deçà de la capacité de traction maximale de trois locomotives GE Dash 8/Dash 9. Avec ce tonnage, le train pouvait se rendre jusqu'à Darcy, point milliaire 122,9, après quoi on ajoutait des locomotives d'appoint qui poussaient tous les trains chargés circulant en direction sud, pour leur faire passer les montagnes et les faire monter jusqu'à Mons, point milliaire 77,4.

L'examen des méthodes d'exploitation des trains de la BCR a révélé que la capacité de traction de trois locomotives GE Dash 8/Dash 9 fonctionnant en mode conventionnel ne serait pas supérieure à la capacité des barres d'attelage du matériel remorqué, ce qui fait qu'on n'aurait aucun avantage concurrentiel à faire rouler des trains à PTR. Il a été recommandé que seuls les trains de plus de 11 000 tonnes qui roulent en direction sud entre Prince George et North Vancouver soient exploités en mode PTR. Un train aussi lourd avait besoin d'au moins quatre locomotives GE Dash 8/Dash 9 pour se rendre jusqu'à Darcy.

La capacité de traction de quatre locomotives GE Dash 8/Dash 9 fonctionnant en mode conventionnel dépasse facilement la capacité des barres d'attelage du matériel remorqué; il a donc été recommandé que, pour un train aussi lourd, deux locomotives soient placées en tête de train et deux locomotives télécommandées soient placées à la mi-longueur du train. Cette recommandation a été adoptée au printemps de 2002, sauf qu'entre cette époque et le printemps de 2005, aucun train n'a été conduit en mode PTR en direction sud entre Prince George et North Vancouver.

¹⁰ Pour permettre une meilleure dynamique entre les trains et la voie, les lignes directrices de l'AAR recommandent que les wagons lourds soient placés près des locomotives et que les wagons vides soient placés à l'arrière du train.

1.6.2 Trains roulant en direction nord

À la BCR, la grande majorité des wagons des trains qui roulaient en direction nord étaient vides. À la section 10.1 des Instructions générales d'exploitation (IGE) de la BCR, appelées communément le « livre orange », qui sont entrées en vigueur le 1^{er} avril 1995, on limitait la puissance utile des locomotives de tête, locomotives télécommandées et locomotives d'appoint à un maximum de 13 500 HP. À la section 10.4, les instructions indiquaient que, pour les trains conventionnels¹¹ roulant en direction nord qui gravissaient des rampes de 2 % entre Squamish, point milliaire 40,4 de la subdivision Squamish, et Kelly Lake, point milliaire 192,6 de la subdivision Lillooet, le poids était limité à 4600 tonnes, la puissance maximale était limitée à 12 000 HP, et le nombre maximal de wagons était de 80 lorsque le train était composé exclusivement de wagons vides.

Quand les trains comptent des wagons chargés, ces wagons chargés pouvaient être ajoutés au nombre maximal de 80 wagons vides dont les instructions faisaient état. Les wagons chargés devaient être placés immédiatement derrière le groupe de traction de tête, sous réserve des exigences relatives au classement des wagons de marchandises dangereuses. On utilisait la PTR pour tous les trains comptant plus de 80 wagons vides. Ces restrictions visaient à réduire les risques d'étirement de la rame, c'est-à-dire que, dans les longs trains formés de wagons vides, donc légers, les forces de traction tendent à étirer le train en une ligne droite et à faire rentrer les wagons vers l'intérieur des courbes prononcées, à plus forte raison lorsque le train gravit des rampes à forte inclinaison; en anglais, on utilise le terme « stringlining »¹² pour décrire ce phénomène. Le personnel du service de la mécanique posté à North Vancouver préparait et qualifiait les trains pour la conduite en mode PTR, au besoin.

Les instructions d'exploitation concernant la conduite de trains à PTR ont été révisées et adoptées en 2001. Il n'y avait pas d'instructions écrites sur la façon de procéder dans le cas de trains ayant des locomotives télécommandées non motrices. Il était toutefois entendu que, dès qu'un train à PTR n'était plus en mesure de faire fonctionner ses locomotives télécommandées, il redevenait un train conventionnel et devait donc être conduit en conformité avec les dispositions et les instructions applicables à un train conventionnel.

En 2003, une étude sur la conception et la composition des trains a été entreprise, qui devait examiner cette instruction d'exploitation et faire des recommandations quant à d'autres options viables qui permettraient de faire rouler sans danger des trains conventionnels qui roulent vers le nord et qui sont entraînés par un nombre maximal de trois locomotives GE Dash 8/Dash 9 placées à la tête du train. Pour les besoins de l'étude, on a utilisé le logiciel *Train Dynamics Analyzer* (logiciel d'analyse de la dynamique du matériel roulant) de la New York Air Brake, à Fort Worth (Texas), aux États-Unis, pour simuler les forces L/V qui seraient générées pendant le passage d'un train dans les courbes. On a aussi consulté le rapport de l'AAR intitulé *Track Train Dynamics to Improve Freight Train Performance*, AAR-R-185, « TTD Guidelines for Optimum

¹¹ Train qui ne compte pas de locomotives télécommandées.

¹² L'étirement de la rame se produit dans une courbe lorsque les boudins des roues chevauchent le rail intérieur et que les wagons déraillent plutôt que de suivre le tracé de la courbe. En raison des forces longitudinales considérables et des forces latérales associées dues aux efforts de traction, le train a tendance à s'étirer, un peu comme une ficelle sur laquelle on exerce une traction.

Train Handling, Train Makeup, and Track Considerations », novembre 1979 (voir l'annexe B). Dans le cadre de l'étude, on a analysé les données provenant de plusieurs trains d'essai roulant dans les territoires montagneux situés entre Squamish et Mons.

À la suite de cet examen, les sections 10.1 et 10.4 des IGE ont été révoquées. Par la suite, les trains conventionnels appelés à gravir les rampes situées entre Cheakamus et Mons, Pemberton et Birken, et Fountain et Kelly Lake ont fait l'objet des restrictions suivantes : puissance utile maximale de 13 200 HP, tonnage maximal de 4600 tonnes et maximum de 80 wagons vides.

Ces restrictions ont fait l'objet d'une nouvelle révision en août 2003, disant :

- de ne pas placer plus de 2700 tonnes derrière un wagon vide de plus de 80 pieds;
- de placer tout wagon chargé le plus près possible de la tête du train;
- de limiter à 12 le nombre d'essieux moteurs des trains composés uniquement de wagons vides;
- de limiter à 18 au maximum le nombre d'essieux moteurs des trains composés de wagons chargés et de wagons vides, pourvu que le tonnage des wagons vides n'excède pas la capacité de traction de 12 essieux moteurs et que le tonnage remorqué n'excède pas 4600 tonnes.

La restriction relative à la puissance a été remplacée par une limitation du nombre d'essieux moteurs, parce que c'est un effort de traction excessif, et non pas une puissance excessive, qui fait en sorte que des trains comptant des wagons longs et vides causent un étirement de la rame et un déraillement dans les courbes prononcées et les rampes abruptes. Lors d'une autre révision, en mars 2005, il a été décidé de supprimer l'exigence voulant que le tonnage des wagons vides n'excède pas la capacité de traction de 12 essieux moteurs, et de limiter à 4200 tonnes le tonnage des trains composés de wagons chargés et de wagons vides.

Avant la révision des IGE qui a été faite en 2003, l'indicateur de la BCR prévoyait trois trains par jour en direction nord. Avec les instructions précédentes concernant les trains conventionnels (80 wagons vides par train conventionnel), la BCR n'avait pas la capacité de transporter tout le tonnage voulu avec les trois trains conventionnels, à moins d'utiliser des locomotives télécommandées ou de recourir à la PTR. Une fois que les instructions relatives aux trains conventionnels ont été révisées, la PTR n'était plus nécessaire pour acheminer le tonnage.

Entre l'adoption de la recommandation et le printemps de 2005, tous les trains circulant en direction nord entre North Vancouver et Prince George ont été conduits comme des trains conventionnels. Une autre recommandation que la BCR a adoptée relativement au service marchandises limitait à 18 le nombre maximal d'essieux moteurs d'un groupe de traction formé de locomotives GE Dash 8/Dash 9 (trois locomotives). Il était possible d'ajouter des locomotives au train, pourvu qu'elles soient attelées au groupe de traction de tête et qu'elles soient isolées ou à l'arrêt.

1.7 *Exploitation de l'ancienne BC Rail par suite de l'achat par le CN*

Si les locomotives télécommandées posaient des problèmes en cours de route, l'équipe du train en avisait le centre des opérations du réseau du CN, lequel pouvait consulter un des quatre contremaîtres itinérants qui étaient en place à cette époque. Les contremaîtres itinérants étaient des superviseurs expérimentés qui comptaient de nombreuses années de service et qui étaient chargés d'assurer la formation des mécaniciens et de les conseiller au sujet des questions techniques portant sur la conduite des trains et sur les problèmes relatifs aux locomotives. S'il était impossible de corriger le problème en cours de route, le centre des opérations du réseau devait indiquer le tonnage qu'il fallait dételer et l'endroit où le faire, pour faire en sorte que la conduite du train soit conforme aux instructions applicables aux trains conventionnels.

À part les emplacements spécifiés dans le bulletin d'exploitation concernant les trains conventionnels appelés à gravir des rampes, le seul facteur limitatif avait trait à la cote « A » du groupe de traction¹³, c'est-à-dire le tonnage maximal qu'un groupe de traction pourrait remorquer en gravissant une rampe de contrôle. Même dans les secteurs les plus difficiles entre Cheakamus et Mons, il n'y a jamais eu plus de deux locomotives télécommandées et il y a rarement eu plus de trois locomotives dans le groupe de traction de tête. La cote « A » étant le facteur déterminant dans ces conditions, on n'avait pas besoin d'instructions autres que des instructions sur la position que les locomotives télécommandées devaient occuper dans le train. Compte tenu des trois trains par jour prévus dans l'indicateur de la BCR, il était rarement nécessaire de faire circuler des trains de 150 wagons, sauf pour rattraper un retard à la suite de la fermeture de la voie principale.

Au besoin, pour gérer la taille des trains, le centre des opérations du réseau tenait compte des paramètres d'exploitation imposés par le canyon de la rivière Cheakamus, mais il tenait surtout compte de la longueur des voies d'évitement pour faciliter les croisements de trains. En règle générale, la longueur des trains roulant en direction nord se situait entre 6300 et 6700 pieds, tout dépendant de l'endroit où les trains de sens contraire devaient se croiser. Les trains circulant vers le nord devaient pouvoir entrer dans les voies d'évitement pour laisser passer les trains plus lourds et plus longs qui circulaient vers le sud. Un train de 6700 pieds à PTR n'aurait pas de difficulté à gravir la rampe séparant Cheakamus de Mons. La circulation d'un train conventionnel faisait l'objet de restrictions indiquées dans un bulletin de marche, de sorte qu'un train de cette longueur n'aurait pas été conforme aux dispositions des instructions.

1.7.1 *Exploitation des trains du Canadien National – Instructions générales d'exploitation et bulletins mensuels*

Le 15 juillet 2004, le CN a acheté le réseau de la BCR. Pour accroître l'efficacité et réduire les coûts d'exploitation, le CN a planifié de faire rouler un train par jour et d'utiliser son couloir est à partir de Prince George pour acheminer le reste du trafic. De plus, le tonnage roulant en direction sud à partir de Quesnel et de Williams Lake était acheminé vers le nord en passant par Prince George. Ultérieurement, il est devenu évident qu'il ne serait pas possible de faire passer tout le tonnage supplémentaire par Prince George et qu'il faudrait dérouter par North Vancouver une plus grande partie du trafic roulant vers le nord, afin de réduire la congestion à

¹³ Le CN n'utilise pas les critères de tonnage « A » établis par l'ancienne BC Rail, mais expédie le tonnage selon la puissance (HP) par tonne.

Prince George. Ce tonnage supplémentaire était supérieur à ce qu'un train conventionnel pouvait acheminer. Il serait difficile de faire rouler au moins deux trains plus courts plutôt qu'un seul train plus long, étant donné qu'on manquait d'équipes de conduite par suite des réductions de personnel. Par suite de l'achat de la compagnie par le CN, il y a eu des mouvements de personnel considérables, notamment des réductions du personnel d'exploitation et des départs à la retraite. Pendant l'été de 2005, des superviseurs ont dû conduire des trains en raison de cette pénurie de personnel.

Des trains plus longs, dont l'exploitation est plus économique que celle de trains multiples, pourraient assurer le transport du tonnage si l'on avait recours à la PTR. Dans le cadre de son plan d'exploitation par suite de l'achat de la BCR, le CN a envisagé de recourir à des trains longs à PTR et, en juin 2005, il a recommencé à faire circuler des trains longs sur le parcours North Vancouver-Prince George. À cette fin, il a appliqué les IGE et les bulletins mensuels qui étaient en vigueur à la BCR.

Le 24 mars 2005, on a émis le bulletin d'exploitation 29, dans lequel on décidait des restrictions suivantes relativement aux trains conventionnels qui gravissaient les rampes situées entre Cheakamus (point milliaire 50,5) et Mons (point milliaire 77,4) : limite de 2700 tonnes pour le tonnage placé derrière n'importe quel wagon vide de plus de 80 pieds. De plus, la compagnie permettait un nombre maximal de 18 essieux moteurs pour les trains conventionnels qui acheminaient des wagons chargés et des wagons vides, pourvu que le tonnage des wagons n'excède pas 4200 tonnes et que le tonnage remorqué, y compris les wagons chargés et les locomotives non motrices, ne dépasse pas les 4600 tonnes. Les restrictions limitant à un maximum de 12 le nombre d'essieux moteurs pour les trains composés uniquement de wagons vides ont été levées.

Dans la réédition mensuelle du mois d'août 2005 des bulletins d'exploitation intitulée « Equipment Handling - CN Operating Manual Section 3.0 », on a limité à un maximum de 13 500 HP la puissance utile des locomotives de tête, locomotives télécommandées et locomotives d'appoint des trains conventionnels (aucune locomotive télécommandée). La réédition d'août des bulletins réitérait les restrictions quant au tonnage remorqué qui figuraient dans le bulletin d'exploitation 29 du mois de mars.

Les IGE du CN et de la BCR ont toujours interdit de placer des wagons de moins de 50 pieds derrière des wagons mesurant plus de 80 pieds de longueur, à l'exception des fourgons de queue. Six des wagons qui suivaient les trois wagons-citernes courts chargés étaient des wagons plats vides à longrine centrale qui mesuraient de 79 pieds et 7 pouces à 80 pieds et 6 pouces de longueur. Les trois wagons-citernes chargés de 44 pieds de longueur avaient été placés derrière un wagon couvert vide de 55 pieds qui était derrière les locomotives, conformément aux exigences qui interdisaient qu'un ou des wagons chargés soient adjacents au groupe de traction, sous réserve des exigences relatives au classement des wagons de marchandises dangereuses (qui interdisent de placer ces wagons derrière le groupe de traction).

Les manuels d'exploitation du CN et de la BCR ne traitent pas des limites applicables à la longueur ou au tonnage des trains à PTR, sauf pour préciser que les locomotives télécommandées du groupe de traction doivent être placées à la mi-longueur ou aux deux tiers de la longueur du train par rapport au groupe de traction de tête.

Les quatre titulaires des postes de contremaître itinérant ont quitté la BCR peu de temps après que le CN a acheté la compagnie (le dernier employé de l'ancienne BCR à avoir occupé ce poste a pris sa retraite en décembre 2005). Depuis lors, le nombre de postes est passé de quatre à un seul. L'annexe C donne une description complète des principales activités ferroviaires qui avaient lieu dans la subdivision Squamish lors du déraillement.

1.8 *Systèmes de gestion de la sécurité*

L'adoption du *Règlement sur le système de gestion de la sécurité ferroviaire* résulte de modifications de la *Loi sur la sécurité ferroviaire* qui sont en vigueur depuis le 1^{er} juin 1999. Ces modifications prévoyaient l'établissement d'un système de gestion de la sécurité (SGS) et voulaient que Transports Canada exerce de nouveaux pouvoirs de surveillance du rendement et de la conformité en matière de sécurité, en procédant à des vérifications et des analyses des indicateurs du rendement relatifs à la sécurité.

Aux termes de la partie 2 (e) du règlement, en vigueur le 31 mars 2001, toutes les compagnies ferroviaires de réglementation fédérale doivent mettre en œuvre et tenir à jour un SGS qui comporte un processus ayant pour objet :

- i) d'une part, de déterminer les problèmes et préoccupations en matière de sécurité, y compris ceux qui sont associés aux facteurs humains, aux tiers et aux modifications d'importance apportées aux opérations ferroviaires,
- ii) d'autre part, d'évaluer et de classer les risques au moyen d'une évaluation du risque.

La partie 2 (f) du règlement oblige les compagnies ferroviaires à inclure des stratégies de contrôle du risque à leur SGS. Quand une compagnie procède à une évaluation du risque avant de faire des changements d'importance à ses opérations ferroviaires, elle n'est pas tenue de faire part de l'évaluation du risque à Transports Canada (sauf pour ce qui est d'une intervention demandée par suite d'une vérification).

Transports Canada a travaillé avec le CN dans le cadre du processus qui a mené à l'achat de la BCR par le CN, le 15 juillet 2004. Le CN a préparé un plan d'intégration de la sécurité qui a été examiné en profondeur avec Transports Canada. Un grand nombre de changements aux plans connexes ont été apportés à la suite de ces discussions. Dans le cadre de ce processus, on a examiné 19 questions, notamment la culture et les pratiques de sécurité, les SGS, la déclaration réglementaire, les méthodes d'exploitation, les normes de travail et de repos et les normes médicales. Ils se sont concentrés sur deux points :

- le remplacement des patrouilles de surveillance des chutes de pierres par des capteurs de télédétection à certains endroits;
- la réduction du nombre de trains roulant vers le nord, pour le faire passer de trois ou quatre trains par jour à un seul par jour.

La décision qu'a prise le CN d'exploiter des trains à PTR n'a été précédée d'aucune évaluation officielle des risques, bien que Transports Canada ait convenu que le fait de faire rouler un train par jour permettrait d'accroître la sécurité du réseau puisqu'il y aurait beaucoup moins de risques de conflit avec le service voyageurs entre Lillooet et Darcy.

Comme la BCR avait exploité des trains à PTR par le passé en se conformant à des instructions d'exploitation approuvées par l'ancien organisme provincial de réglementation, la *British Columbia Safety Authority*, le CN a décidé qu'aucune évaluation officielle des risques ne s'imposait lorsqu'il a recommencé à faire circuler des trains à PTR dans le territoire.

1.9 *Puissance de traction répartie et réglage des locomotives télécommandées*

Le système à PTR permet aux locomotives ayant une puissance d'être situées ailleurs que dans le groupe de traction de tête du train, d'être distribuées partout dans le train, et d'être commandées par la locomotive de tête tout comme si elles étaient attelées pour une exploitation avec de multiples locomotives. Le système permet de commander les locomotives télécommandées (à l'arrière) par l'entremise de signaux de commande transmis par liaison radio, la conduite générale agissant comme un lien de secours. Le terme « locomotive télécommandée » désigne la locomotive de commande d'un groupe de traction télécommandé.

La PTR fournit de l'air au circuit de freinage en deux points du train, et comporte les avantages suivants :

- mise sous pression plus rapide de la conduite générale et serrage et desserrage plus rapides des freins à air;
- arrêts, y compris les arrêts d'urgence, exécutés plus en douceur du fait de la réduction de l'effet d'attelage;
- application améliorée et plus sélective de la force de traction, d'où une conduite plus en douceur;
- accélérations plus rapides, réduction des contraintes exercées sur les barres d'attelage à la tête du train, et possibilité de faire circuler des trains plus longs qu'on n'aura pas besoin de séparer parce que la puissance est trop grande.

Le réglage des locomotives télécommandées à PTR est une procédure étape par étape qui est exposée en détail dans le module 28 du document de la BCR intitulé *Locotrol II*, révision de septembre 2000, dans la section 8 des IGE de la BCR, révision de mars 2001 et, depuis l'achat de la BCR par le CN, dans le manuel de conduite du CN à l'intention des mécaniciens (*Locomotive Engineer Operating Manual*), imprimé 8960, section H. On doit suivre ces instructions à la lettre pour assurer le réglage approprié des locomotives des groupes de traction télécommandés. Pour faire le réglage des locomotives télécommandées, on utilise l'OIM de la locomotive de commande du groupe de traction télécommandé.

On a examiné les données des consignateurs d'événements de locomotives du train à PTR pour se renseigner sur l'état des locomotives télécommandées. Le mécanicien du train A470 et l'électricien du triage Thornton ont réglé le système de PTR pour le train A471 et ont procédé à des essais à North Vancouver entre 14 h 20 et 14 h 25, le 4 août. La locomotive BCOL 4607 a été réglée comme étant la locomotive de tête « de commande », et la locomotive BCOL 4621 a été réglée comme étant la locomotive de commande du groupe de traction télécommandé, aussi appelée locomotive « asservie ». L'électricien du triage Thornton a rempli l'imprimé MP213 du service de la mécanique du CN, s'assurant que le réglage du système de PTR était conforme aux procédures en vigueur. Aucune anomalie n'a été signalée.

Les renseignements fournis par le système d'identification automatique de matériel roulant (AEI)¹⁴ du CN pour le train A471 indiquaient que les locomotives de tête étaient placées avec le capot vers l'avant (en direction nord), à l'exception de la cinquième locomotive, CN 2568, qui avait le capot vers l'arrière, soit en direction sud. Les deux locomotives télécommandées, BCOL 4652 et BCOL 4621, avaient le capot vers l'arrière, en direction sud, c'est-à-dire qu'elles étaient placées dans la même direction qu'au moment de leur arrivée à North Vancouver avec le train A470.

Lorsque la BCR faisait rouler des locomotives télécommandées dans le couloir North Vancouver-Prince George, elle affectait aux deux endroits des employés du service de la mécanique qui devaient prendre les locomotives à l'arrivée, locomotives déjà assignées à un train subséquent fonctionnant à PTR, modifier leurs réglages en vue du bon mouvement et faire les essais nécessaires, avant que les mécaniciens prennent les commandes du groupe de traction. Les mécaniciens n'étaient pas censés s'occuper du réglage de la puissance et des essais des groupes de traction télécommandés.

Après l'achat par le CN, on a demandé aux mécaniciens de faire à North Vancouver le réglage des locomotives de leurs groupes de traction télécommandés, avec l'aide d'un électricien du triage Thornton du CN, étant donné qu'on avait aboli les postes du service de la mécanique à North Vancouver. À l'époque, le CN a décidé qu'une formation officielle ou de rappel sur les réglages et l'exploitation des trains à PTR n'était pas justifiée puisque le personnel de la BCR avait déjà suivi cette formation et avait l'expérience de la conduite des trains à PTR, et que les instructions d'exploitation de la BCR étaient restées telles quelles après l'achat.

On estimait que le personnel du service de la mécanique de la BCR avait les qualifications et l'expérience voulues quant au réglage et au dépannage des trains à PTR et des électriciens nouvellement formés pour le réglage de la PTR à North Vancouver avaient reçu des instructions de deux électriciens d'expérience de Prince George. Aucune formation officielle n'a été offerte aux mécaniciens, mais on leur a présenté des séances d'information portant sur l'application de

¹⁴ Le système d'identification automatique de matériel roulant est un système en voie qui fait appel aux radiofréquences et qui utilise des étiquettes à codage électronique pour identifier automatiquement les wagons, les locomotives, les véhicules intermodaux et les moniteurs de queue. Les étiquettes sont placées des deux côtés du matériel roulant et comportent diverses informations chiffrées comme le numéro et la longueur du wagon/de la locomotive, le nombre d'essieux et le type de roulements. On peut connaître l'orientation des locomotives à partir du code d'indication du côté.

la PTR pour le train A470. En outre, le contremaître a aidé à diverses reprises le personnel de la mécanique et les équipes d'exploitation à l'atelier à régler la PTR et à faire des essais sur les locomotives à PTR.

1.9.1 *Défectuosités et alarmes des locomotives*

Six des sept locomotives du train A471 étaient des locomotives de marque GE. Il est question des défauts des locomotives de marque GE dans la section E.2 du manuel de conduite du CN à l'intention des mécaniciens (*Locomotive Engineer Operating Manual*), imprimé 8960¹⁵. L'écran d'affichage des renseignements diagnostiques permet aux mécaniciens d'accéder à l'ordinateur de bord de la locomotive. Le niveau 1 du système informatique GE-9 constitue le niveau normal de fonctionnement de l'écran d'affichage des renseignements diagnostiques; il informe les mécaniciens de l'état de la locomotive et leur permet de voir la plupart des messages de défaut qui affectent la locomotive pendant son fonctionnement et de réenclencher le système.

L'écran d'affichage des renseignements diagnostiques compte au niveau 1 trois modes de fonctionnement qui indiquent l'état de la locomotive : les modes READY (prêt), ALARM (alarme) et FAULT (défaut). Le mode READY indique que tous les systèmes de la locomotive fonctionnent de façon appropriée et que la locomotive est prête à fonctionner à pleine puissance. Le mode ALARM indique qu'au moins une défaut est survenue qui puisse restreindre le fonctionnement de la locomotive. Ce mode actionne la sonnerie d'alarme, affiche le message de défaut SUMMARY ayant le degré de priorité le plus élevé (conditions qui ont le plus d'incidence sur la capacité de fonctionnement normal de la locomotive) et permet à l'opérateur de sélectionner l'option « Silence » sur la ligne de menu, afin de désactiver la sonnerie d'alarme.

L'ordinateur de bord enregistre toutes les conditions anormales (défauts) qu'il détecte pendant le fonctionnement et peut imposer des restrictions sur l'exploitation de la locomotive, de façon à protéger le matériel. Les défauts de la locomotive entraînent l'activation d'une alarme de ligne de train de niveau 2 (Train Line 2) (TL2). Les alarmes générales de type TL2 se manifestent par un avertissement sonore et un avertissement visuel (un voyant rouge s'allume dans le tableau d'affichage) chaque fois qu'un défaut se produit. Ces alarmes sont courantes et peuvent être dues à différentes raisons. Toutes les alarmes générales de type TL2 qui touchent les groupes de traction télécommandés sont relayées à la locomotive de tête et s'affichent sur le pupitre de l'OIM de PTR dans la cabine de la locomotive de commande placée en tête de train. Un témoin lumineux s'allume et une alarme se fait entendre. Le fait d'appuyer sur l'interrupteur de réenclenchement (reset) de l'OIM permet de désactiver l'alarme sonore tout en conservant le témoin lumineux correspondant à l'alarme.

En mode FAULT, l'ordinateur réenclenche automatiquement le système lorsqu'il s'agit de certains défauts, mais, lorsqu'il s'agit de défauts de certains autres types, il oblige le mécanicien à prendre des mesures correctives et à appuyer sur un bouton de réenclenchement (reset) pour ramener la locomotive au mode READY. Le fait de réenclencher le système après un message de défaut a pour effet de lever les restrictions associées au message et

¹⁵ L'imprimé 8960 du CN a été introduit au début de 2005. Les équipes ont reçu une certaine formation relative au contenu et à l'application de ce document.

d'éteindre les messages SUMMARY connexes. Plusieurs défauts peuvent causer l'imposition des mêmes restrictions et causer l'affichage du même message SUMMARY. Une défaut peut entraîner l'imposition de plus d'une restriction et, par conséquent, l'affichage de plus d'un message SUMMARY. Dans des conditions normales d'exploitation, le message SUMMARY affiche la restriction de plus grande priorité qui aura le plus d'effets sur la capacité de la locomotive de rouler normalement.

Quand on appuie sur « Reset », le message FAULT le plus récent s'affiche. Les mécaniciens peuvent choisir de visionner les messages FAULT plus anciens ou de réenclencher le système à la suite du message affiché. Quand on réenclenche après un message FAULT actif, le système affiche le message SUMMARY ayant le degré de priorité le plus élevé parmi les messages FAULT actifs restants. Une fois qu'on a réenclenché après tous les messages FAULT, l'affichage change et indique : « Ready - Work Report Stored » (Prêt - Rapport de travail en mémoire). Le personnel d'entretien se sert des messages de défaut qui sont enregistrés dans le journal des défauts de la locomotive pour dépanner les locomotives et en faire l'entretien.

Les locomotives à six essieux sont munies de six moteurs de traction, trois par bogie, un par essieu agissant indépendamment l'un de l'autre. Après l'accident, le personnel d'entretien du CN a inspecté les deux locomotives télécommandées. Cette inspection a révélé des problèmes de surtension et de contournement d'arc dans les moteurs de traction, ce qui indique que les deux locomotives ont fait l'objet de défauts électriques considérables. Les surtensions surviennent pour assurer une protection thermique des moteurs de traction, et les contournements d'arc surviennent lorsqu'un court-circuit affecte l'armature durant le freinage par inversion (« plugging state »), lorsqu'on commande à des locomotives télécommandées d'inverser le sens de marche par rapport à celui des locomotives de tête¹⁶. Afin de protéger les locomotives contre d'autres dommages, chaque locomotive est dotée de circuits de contrôle et de protection conçus pour éviter que la locomotive continue d'avoir de la puissance lorsque des problèmes graves sont détectés. Le système se réenclenche automatiquement une fois après un message de défaut (FAULT); si le problème réapparaît au cours des 200 minutes qui suivent, il faut procéder à un réenclenchement manuel. Chacune des défauts fait l'objet d'une alarme, et il n'y a plus eu d'alarmes après que tous les moteurs de traction se sont isolés au cours des 11 à 14 minutes qui ont suivi le départ de North Vancouver.

La section C3 de l'imprimé 8960 du CN expose des méthodes élémentaires de dépannage en cas de surchauffe de paliers-supports, de mise à la masse, de patinage, de blocage de roues et de glissements de pignons d'engrenage, mais il n'existe pas d'instructions sur les mesures à prendre quant aux surtensions et aux contournements d'arc affectant des moteurs de traction et aux alarmes qui y sont associées. Le message SUMMARY qui accompagne ces pannes et

¹⁶ L'orientation de la locomotive de commande télécommandée par rapport à la locomotive de commande de tête détermine la façon à laquelle les circuits de contrôle de direction sont réglés sur la locomotive de commande télécommandée pendant le réglage de la PTR. À la section H1.3.1 (7) du manuel de conduite du CN à l'intention des mécaniciens (*Locomotive Engineer Operating Manual*), imprimé 8960, on lit ce qui suit : « Important!!! Régler le sens d'avancement de la locomotive de commande télécommandée de façon qu'elle roule soit dans la MÊME DIRECTION que la locomotive de tête, soit dans la DIRECTION OPPOSÉE à celle de la locomotive de tête » (Traduction). Il faut prendre ces mesures pour s'assurer que les locomotives télécommandées tirent dans la même direction que les locomotives de tête.

alarmes ne donne pas toujours des renseignements précis sur la cause de la défectuosité, c'est-à-dire contournement d'arc ou surtension comme quand des locomotives tirent dans des directions opposées.

Bien que le matériel didactique et les manuels d'exploitation de la compagnie ne renferment pas d'instructions particulières quant aux mesures qu'on doit prendre pour remédier à des surtensions et à des contournements d'arc affectant des moteurs de traction et pour réagir aux alarmes qui y sont associées, le contournement d'arc dans un moteur de traction occasionne une défectuosité électrique (mise à la masse) qui entraîne le déclenchement du circuit de protection contre les mises à la masse. Quand cela se produit, la section C3 de l'imprimé 8960 du CN indique qu'une alarme de type TL2 se fait entendre et que le moteur cesse d'assurer une charge. Le réenclenchement du relais de protection de mise à la masse peut être fait manuellement ou peut se faire automatiquement, mais après trois réenclenchements automatiques, un réenclenchement manuel est nécessaire. Si le problème persiste, et si toutes les combinaisons de mise hors circuit de moteurs de traction ne permettent pas de régler le problème, on doit alors isoler la locomotive et communiquer avec un représentant du service de la mécanique.

Un représentant du service de la mécanique est disponible en tout temps pour aider les mécaniciens à trouver les causes des pannes et leur donner des renseignements diagnostiques. À la section A1.10 de l'imprimé 8960 du CN, on indique que le mécanicien doit signaler tous les défauts, les pannes ou les défectuosités des locomotives, en procédant de la façon suivante :

- communiquer par radio ou par téléphone avec le représentant du service de la mécanique;
- consigner l'information dans le rapport du mécanicien, imprimé 538D;
- informer le superviseur remplaçant du centre de contrôle de la fiabilité des locomotives au moment d'arriver au terminus du centre de contrôle de la fiabilité des locomotives.

1.10 Historique des déraillements survenus dans la subdivision Squamish dans le réseau de la BC Rail et du Canadien National

Du temps de la BCR, quatre déraillements en voie principale sont survenus dans la subdivision Squamish entre janvier 2000 et le 31 mars 2004. Le BST n'a enquêté sur aucun de ces déraillements, étant donné que la compagnie relevait de la réglementation provinciale à cette époque. Les enquêtes ont été dirigées par la BCR et examinées par l'organisme de réglementation, soit la *British Columbia Safety Authority*. L'annexe D donne un résumé de ces déraillements ainsi que les conclusions de la *British Columbia Safety Authority*.

En plus du déraillement dont le présent rapport fait état, le CN a connu trois déraillements similaires dans la subdivision Squamish vers la fin de 2005. Bien que le BST n'ait pas enquêté officiellement sur ces accidents, il a dépêché sur place des enquêteurs qui ont fait des évaluations préliminaires. On trouvera aussi à l'annexe D des résultats préliminaires des enquêtes internes de la compagnie à propos de ces déraillements.

1.11 *Travaux d'intervention d'urgence et de remise en état exécutés par le Canadien National*

Le centre de contrôle de la circulation ferroviaire, le centre des opérations du réseau, les agents principaux de la région et la police du CN ont été avisés au cours des minutes qui ont suivi l'accident, et les organismes externes ont été rapidement alertés, conformément au processus de notification du plan d'intervention d'urgence pour les marchandises dangereuses du CN. Le CN a mis en application son plan d'intervention d'urgence pour les marchandises dangereuses, lequel précise le cadre et les procédures qui régissent les interventions efficaces et sûres consécutives à un déversement de marchandises dangereuses dans le cadre des opérations canadiennes du CN. Le plan constitue le plan d'aide en cas d'urgence qui est déposé auprès de Transports Canada.

Le plan d'intervention d'urgence pour les marchandises dangereuses est en lien avec le plan d'intervention en cas d'éco-urgences du CN, lequel assure la conformité avec les lois fédérales et provinciales. Le plan d'intervention d'urgence pour les marchandises dangereuses décrit en détail le processus de notification des incidents, le système de gestion des interventions et l'organisation du système de commandement des interventions du CN, qui doit faciliter la mobilisation rapide et l'utilisation efficiente et efficace des ressources. Le CN a coordonné les opérations de relevage à partir d'un poste de commandement sur place établi à la voie d'évitement de Garibaldi située au point milliaire 59,7 de la subdivision Squamish, soit à trois milles au nord du lieu du déraillement.

Le CN a dirigé l'intervention à partir du poste de commandement sur place jusqu'au début de l'après-midi, soit jusqu'à ce que la gravité du déversement et de la menace pour la vie et pour l'environnement soit connue. On a alors établi un centre des opérations d'urgence, relevant d'un commandement unifié, qui s'est occupé de la gestion de l'incident. Le centre des opérations d'urgence a été installé dans le bureau du programme d'intervention d'urgence de Squamish, à Squamish. Le centre des opérations d'urgence a opéré sous le commandement du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. Le CN et tous les intervenants fédéraux, provinciaux et municipaux ont été invités à participer. La structure de commandement unifié a facilité la coordination des activités des différents organismes d'intervention, lesquels se sont unis pour créer une équipe intégrée d'intervention dont les membres avaient des objectifs communs et appliquaient des stratégies communes (voir la liste complète des organismes d'intervention à l'annexe E).

Le CN collabore étroitement avec les organismes fédéraux, provinciaux et locaux à l'élaboration, au financement et à la mise en œuvre de plans exhaustifs de remise en état des lieux et de plans à long terme de restauration de la rivière (voir le Plan de récupération de l'écosystème de la rivière Cheakamus, rapport final de 2006, à l'annexe F).

1.11.1 *Programme provincial d'urgence*

La province de Colombie-Britannique a adopté un système coordonné de gestion des situations d'urgence, appelé système de gestion des interventions d'urgence de la Colombie-Britannique, qui vise à assurer la santé et la sécurité des intervenants, à sauver des vies, à protéger les biens et à préserver les infrastructures et l'économie de la province.

Le Programme provincial d'urgence (PPU) est une direction du ministère de la Sécurité publique et du Solliciteur général de la Colombie Britannique. Son mandat consiste à éduquer le public au sujet de la prévention et des mesures personnelles de préparation en cas d'urgence, et à soutenir la planification et l'intervention d'urgence des gouvernements locaux. De plus, le programme dispose de ressources destinées à faciliter la planification de la reprise des activités par les gouvernements locaux.

Lorsqu'une situation d'urgence de grande envergure survient, la structure de gestion des urgences est activée dès qu'une collectivité ou une infrastructure importante de la Colombie-Britannique est menacée par une urgence à laquelle les autorités locales pourraient ne pas être en mesure de faire face.

La structure provinciale de gestion des situations d'urgence suppose la participation et la collaboration de ministères provinciaux, de sociétés d'État, de groupes bénévoles, du gouvernement fédéral et des administrations locales, des grandes entreprises de services publics, des Premières nations et de groupes importants de l'industrie. On compte sur un personnel de base de quelque 60 personnes qui sont affectées aux centres des opérations d'urgence de Surrey, Kamloops, Nelson, Prince George et Terrace. À cet effectif s'ajoutent plus de 120 personnes qualifiées qui proviennent de l'ensemble de l'appareil gouvernemental et qui peuvent prêter main-forte au personnel des centres des opérations d'urgence là où des besoins existent.

Le CN a avisé les responsables du PPU très rapidement après le déraillement, activant ainsi le système de gestion des interventions d'urgence de la Colombie-Britannique. En Colombie-Britannique, la « première intervention » est la responsabilité des administrations municipales locales et des districts régionaux. De par la loi, il incombe aux administrations municipales et aux districts régionaux de mettre en place un plan intégré local d'intervention en cas d'urgence et de maintenir une organisation de gestion des situations d'urgence qui pourra servir de centre des opérations d'urgence. Cette structure a contribué à l'efficacité de l'intervention. Le district de Squamish a joué un rôle important lors de l'intervention consécutive au déraillement, car il a fourni les installations, les ressources et les services de soutien nécessaires par l'entremise du centre des opérations d'urgence (commandement unifié).

Dans le cadre du programme d'urgence de Squamish, le district de Squamish a édicté un règlement municipal sur les mesures d'urgence en vertu duquel il assure la direction du groupe de contrôle des opérations d'urgence lorsque survient une situation d'urgence. Le plan communautaire des services d'urgence est le document de référence à partir duquel les gestionnaires et les intervenants décident de la nature de leurs interventions.

2.0 *Analyse*

2.1 *Introduction*

On considère que l'état de la voie et du matériel roulant n'a pas été un facteur contributif de cet accident. La courbure et l'inclinaison de la voie et la position des wagons déraillés donnent à penser que cet accident a résulté d'efforts de traction considérables. L'analyse portera donc sur les forces exercées dans le train (dynamique du matériel roulant), sur les pratiques de conduite du train, sur la formation du train et sur la puissance de traction répartie.

2.2 *L'accident*

Tandis que le train roulait dans la courbe prononcée vers la gauche tout en gravissant une rampe, des forces latérales considérables se sont exercées contre le rail de la file basse tandis que les forces de traction étiraient les attelages du train. Bien que le graissage des boudins de roue et du champignon du rail ait atténué les forces latérales dues au passage dans la courbe, un ratio L/V considérable a résulté du fait que les wagons plats vides à longrine centrale relativement légers, n'aient pas exercé une force verticale capable de compenser les forces horizontales. Comme le rail résistait au renversement du fait qu'il était retenu par des attaches élastiques, qu'il était posé sur des traverses en acier et qu'il reposait sur un ballast en bon état, les roues ont chevauché le rail, de sorte que le train a déraillé après s'être étiré en une ligne droite et avoir fait rentrer les wagons légers vers l'intérieur de la courbe vers la gauche.

En raison de la combinaison de la rampe raide, de la courbe prononcée, du tonnage remorqué et de la présence de wagons longs et de wagons courts attelés ensemble dans le train A471, des forces longitudinales considérables dues à un effort de traction excessif des locomotives concentré à la tête du train ont entraîné des forces latérales considérables ainsi qu'un ratio L/V ratio élevé sur les wagons déraillés.

2.3 *Puissance de traction répartie*

Le fait de faire rouler des trains longs est avantageux du point de vue économique pour les compagnies ferroviaires, étant donné qu'on peut ainsi acheminer un tonnage accru en affectant moins d'équipes de conduite et en utilisant moins de locomotives. Les trains peuvent être plus longs s'ils utilisent la PTR et ils peuvent être plus sûrs que les trains conventionnels longs, pourvu qu'ils fassent l'objet de réglages appropriés et qu'ils soient conduits en conformité avec les règles et pratiques établies. Les instructions d'exploitation de la BCR et du CN n'imposent aucune restriction quant aux trains à PTR, si ce n'est qu'elles interdisent de placer des wagons porte-billes vides et des wagons de plus de 80 pieds de longueur dont le poids brut est de 50 tonnes ou moins, parmi les cinq wagons qui suivent ou précèdent des locomotives télécommandées ou d'appoint.

Les données téléchargées indiquent que la locomotive de commande du groupe de traction de tête, BCOL 4607, et la locomotive asservie de commande, BCOL 4621, étaient en charge¹⁷ et réglées à la même position du combinateur d'inversion (les deux en marche avant ou les deux en marche arrière), alors que les locomotives étaient tournées dans des directions opposées. Si l'intention était de conserver l'orientation de ces locomotives lorsque celles-ci faisaient partie du train A471, les données téléchargées auraient dû indiquer que la locomotive de commande télécommandée était en charge en marche arrière tandis que la locomotive de commande de tête tirait en marche avant. Aussi, la locomotive de commande télécommandée aurait dû être en marche avant chaque fois que la locomotive de commande de tête tirait en marche arrière.

À la section H1.3.1 (7) du manuel de conduite du CN à l'intention des mécaniciens (*Locomotive Engineer Operating Manual*), imprimé 8960, on lit ce qui suit : « Important!!! Régler le sens d'avancement de la locomotives de commande télécommandée de façon qu'elle roule soit dans la MÊME DIRECTION que la locomotive de tête, soit dans la DIRECTION OPPOSÉE à celle de la locomotive de tête » (Traduction). Les données du consignateur d'événements de locomotive indiquent qu'on avait procédé à un essai de mouvement au moment de faire les réglages mais que, soit en raison d'une mauvaise exécution de l'essai, soit en raison d'une mauvaise interprétation des résultats de l'essai, on a réglé les locomotives de tête et les locomotives télécommandées de façon à les faire tirer dans des directions opposées. Il s'ensuit que les moteurs de traction des locomotives télécommandées se sont isolés et ont cessé de fonctionner (mesure d'autoprotection). Pour que les locomotives télécommandées puissent de nouveau assurer une charge, il fallait qu'on procède à un réenclenchement manuel, ce qui suppose qu'on immobilise le train et que le mécanicien exécute un réenclenchement manuel sur place, dans la cabine de la locomotive de commande du groupe de traction asservi. Étant donné que le parcours North Vancouver-Squamish a comme caractéristique de légères rampes et des courbes modestes, il se peut qu'on ne remarque pas que le rendement du train est affecté quand la PTR ne fonctionne pas dans cette partie du parcours. Donc, l'équipe qui a conduit le train peut ne pas avoir réalisé qu'elle devait exécuter la tâche de réenclenchement manuel des défauts qui existaient dans la locomotive télécommandée. Par conséquent, la puissance des locomotives télécommandées n'a pas été disponible pendant le reste du parcours qui se poursuivait au nord de Squamish.

Le réglage initial de la caractéristique directionnelle des locomotives télécommandées n'ayant pas été fait de façon appropriée, ces locomotives sont passées en mode de protection et leur puissance de traction n'était pas disponible. Dès lors, le train A471 devenait un train conventionnel et il était assujéti aux restrictions dont ces trains doivent faire l'objet.

2.4 Défauts et alarmes des locomotives

Il existe 584 défauts différentes qui peuvent activer une alarme TL2 sur les locomotives GE Dash 8 de la BCR. Or, comme l'alarme TL2 est la même, quelle que soit la défécuosité, elle ne permet pas de faire une distinction entre les défauts graves et les moins graves. Vu le grand nombre et la fréquence des défauts qui sont susceptibles de déclencher une alarme TL2, et vu que ces alarmes peuvent mettre en évidence des problèmes passagers ou, souvent

¹⁷ Le terme être en charge renvoie à l'intensité du courant que l'alternateur principal, actionné par le moteur diesel, envoie aux moteurs de traction de la locomotive.

même, des renseignements non critiques, les mécaniciens reçoivent constamment des alarmes TL2 diverses et non reconnaissables. Par contre, ils peuvent également faire plusieurs trajets (tours de service) sans qu'une condition ne déclenche l'alarme.

Pour que les mécaniciens puissent distinguer les événements importants dans l'environnement bruyant où ils se trouvent, il est essentiel que les signaux de défectuosité et les alarmes leur soient présentés à un rythme et d'une façon qui leur permettront d'assimiler facilement les renseignements. Faute de détails précis sur les défectuosités et sur les effets qu'elles peuvent avoir sur la conduite des locomotives, les mécaniciens peuvent difficilement déterminer la défectuosité spécifique et décider des mesures qu'il convient de prendre pour réagir à une alarme.

L'enquête a permis de déterminer que les alarmes TL2, relatives à des problèmes de surtension et de contournement d'arc affectant les moteurs de traction, qui se sont manifestées peu de temps après le départ de North Vancouver, ont été réduites au silence automatiquement par l'ordinateur de la locomotive. Dans les circonstances, dès que les locomotives télécommandées ont essayé de tirer dans la direction opposée à deux reprises, les locomotives sont passées en mode de protection et l'alarme sonore a été automatiquement réduite au silence. Rien n'indique que l'équipe qui a conduit le train de North Vancouver à Squamish ait rempli l'imprimé 538D ou qu'on ait communiqué avec le représentant du service de la mécanique.

Comme les défectuosités et les alarmes ne semblent pas avoir affecté le rendement du train (on n'avait besoin de la puissance additionnelle des locomotives télécommandées qu'au nord de Squamish), il se peut que l'équipe n'ait jamais pris conscience de la gravité du problème qui se posait. Dans le cas à l'étude, les locomotives télécommandées sont devenues inopérantes lorsqu'elles sont passées dans un état d'autoprotection puisqu'elles avaient été mal réglées. Cette mise hors circuit a empêché que les alarmes soient répétées, mais elle a fait en sorte que le fait que les locomotives télécommandées étaient inopérantes ne soit pas transmis directement à l'une ou l'autre des équipes. En fait, lorsque les locomotives télécommandées ont cessé de tirer, elles répondaient effectivement aux commandes de gaz¹⁸. Si une locomotive GE Dash 9 avait été à la tête des deux groupes de traction, le mécanicien aurait pu confirmer le l'état de fonctionnement des locomotives télécommandées après le déclenchement des alarmes TL2.

Le fait que les locomotives télécommandées aient été inopérantes avait des répercussions graves pour la conduite du train et l'exploitation continue du train en toute sécurité au nord de Squamish. Le train A47151 a quitté North Vancouver avec quatre locomotives en ordre de marche, dont trois locomotives qui étaient en ligne et qui fournissaient une puissance de 11 800 HP répartie sur 18 essieux moteurs. Pour compenser l'absence de la puissance des locomotives télécommandées et maintenir la vitesse pendant la montée, on a mis en ligne la locomotive de tête, soit un surcroît de puissance de 4400 HP et l'ajout de six essieux moteurs à la tête du train. Si le train avait manqué de puissance pendant qu'il gravissait la rampe de 2 %, il aurait fallu beaucoup de temps et d'efforts pour le faire repartir. Par exemple, il aurait peut-être été nécessaire d'ajouter une locomotive et une équipe pour que le train se rende au sommet de la rampe.

¹⁸ Les locomotives plus récentes, équipées de systèmes Locotrol nouveau cri transmettent de l'information à la locomotive de tête à PTR au sujet de la charge (ampérage ou effort de traction). Même si la BCR avait acheté 10 locomotives Dash 9 munies de ces nouveaux systèmes, la locomotive de commande télécommandée n'offrait pas cette particularité.

Face à l'éventualité de manquer de puissance à cet endroit, le mécanicien a pris des mesures qui lui ont semblé assez raisonnables comparativement aux conséquences d'un éventuel manque de puissance. Le chef de train, qui n'en était qu'à son deuxième parcours dans la subdivision Squamish en 19 mois et à son deuxième parcours de ligne en 11 ans, n'a pas contesté le mécanicien lorsque celui-ci a décidé de mettre en ligne une autre locomotive en tête de train. À la suite de cette action, le train A471 a excédé les restrictions relatives à la puissance de traction et au nombre d'essieux moteurs qui sont imposées pour les trains conventionnels.

2.5 Restrictions quant au tonnage et à la formation des trains

Le CN et la BCR imposaient des restrictions quant au tonnage qui doit être placé derrière des wagons vides mesurant plus de 80 pieds de longueur. Derrière le wagon couvert et les trois wagons-citernes courts chargés de 44 pieds de longueur, il y avait six wagons plats vides à longrine centrale qui mesuraient entre 79 pieds et 7 pouces et 80 pieds et 6 pouces de longueur. Dans les faits, on considère qu'il s'agissait de wagons de 80 pieds ou plus. Les restrictions quant au tonnage remorqué et aux attelages s'appliquent aux wagons de plus de 80 pieds de longueur, ce qui exclut un grand nombre de wagons plats à longrine centrale. Comme cette instruction vise à limiter les forces de traction qui s'exercent sur les barres d'attelage des wagons plats longs et vides à longrine centrale qui roulent dans des courbes prononcées, les restrictions étaient inadéquates puisqu'elles ne tenaient pas compte de tous les wagons vides dont la longueur était voisine de 80 pieds, d'où une augmentation des risques de déraillement dû à un tonnage excessif remorqué derrière des wagons de ce type.

Cet événement a été le premier d'une série de quatre déraillements similaires mettant en cause des trains longs et déchargés à PTR qui se sont produits dans la subdivision Squamish entre le 5 août et le 5 décembre 2005. Bien que les facteurs contributifs aient été différents, les quatre déraillements avaient en commun le fait qu'il y ait eu étirement de la rame sur le rail de la file basse, vers l'intérieur de courbes prononcées. L'étirement de la rame a été causé par des forces latérales considérables qui ont créé un ratio L/V élevé, le soulèvement des roues et le déraillement (voir l'annexe D).

2.5.1 Conduite de trains longs à puissance de traction répartie

La conduite de trains longs à PTR dans le territoire de l'ancienne BCR est particulièrement difficile, étant donné qu'on trouve dans ce secteur certaines des courbes et des rampes les plus raides de la région. Le *Règlement sur le système de gestion de la sécurité ferroviaire* exige que les compagnies ferroviaires procèdent à une évaluation du risque avant de faire des changements d'importance à leurs opérations ferroviaires. Reconnaissant que la moindre erreur dans la conduite des trains pouvait avoir de graves conséquences du fait de la topographie du secteur, la BCR a mis au point des méthodes d'exploitation exhaustives et des programmes exhaustifs de formation et de qualification des mécaniciens¹⁹. Comme la BCR avait exploité précédemment

¹⁹ Tous les mécaniciens et certains chefs de train qui connaissaient peu le parcours North Vancouver-Prince George ont suivi un programme d'orientation, de familiarisation et de formation pratique d'une durée de six mois dont la gestion a été confiée à des contremaîtres itinérants des locomotives. On a aussi présenté des cours de perfectionnement sur la conduite des trains, qui se basaient sur le guide des mécaniciens et sur le manuel de référence relatif au circuit de freinage à air des wagons de marchandises.

des trains à PTR en se conformant aux instructions approuvées par le précédent organisme provincial de réglementation, la *British Columbia Safety Authority*, le CN n'a procédé à aucune évaluation officielle des risques quand il a recommencé à faire circuler des trains à PTR dans le territoire, estimant qu'il ne s'agissait pas d'un changement d'importance à ses opérations ferroviaires.

Quand le CN a fait l'achat de la BCR, il a restructuré son organisation afin d'accroître la productivité et le CN a prévu de faire appel à des trains longs à PTR. On a réduit le nombre de trains en direction nord et l'exploitation de trains longs simples à PTR a repris au printemps 2005. Les réductions de personnel de l'exploitation et les départs à la retraite ont entraîné un manque d'équipes de train et la perte de compétences opérationnelles et de personnel d'expérience. Les postes de contremaîtres itinérants ont été éliminés et remplacés par un coordonnateur de trains, en l'occurrence un employé du CN qui n'avait pas d'expérience relative aux opérations dans le territoire de la BCR. La formation du coordonnateur de trains du CN devait être confiée au dernier contremaître itinérant de la BCR, mais en raison de la pénurie d'équipes de conduite des trains, de nombreux superviseurs, dont le contremaître, ont été affectés à la conduite de trains, si bien qu'ils ont dû laisser de côté leurs fonctions de mentorat et de supervision.

Même si le mécanicien du train A471 avait les qualifications voulues pour conduire des trains à PTR entre Squamish et Prince George et même s'il avait conduit des trains de ce genre pendant un grand nombre d'années, jusqu'à ce que la BCR interrompe l'exploitation de trains à PTR en juin 2003, ni lui ni les autres mécaniciens n'ont reçu une formation officielle lorsque le CN a décidé de remettre en service des trains longs à PTR. En outre, avec la réapparition des trains longs à PTR, le personnel du service de la mécanique qui était basé à North Vancouver et Prince George n'avait plus la tâche de régler des groupes de traction télécommandés indépendamment des mécaniciens. Cette tâche incombait dorénavant conjointement aux mécaniciens, assistés d'un électricien du service de la mécanique. On n'a donné aux mécaniciens aucune formation officielle sur la façon appropriée de faire le réglage des locomotives télécommandées.

Même si le CN a préparé un plan d'intégration de la sécurité et a fourni de la formation officielle relativement au réglage de la PTR et à l'exploitation, en l'absence d'une évaluation officielle des risques, le CN a rétabli l'exploitation de longs trains à PTR sans avoir dûment déterminé s'il convenait de faire appel aux compétences et à l'expérience d'employés qui connaissaient bien la conduite de longs trains à PTR. Il en a résulté un manque de formation et de supervision qui a contribué à ce déraillement.

Bien que les dommages causés à l'environnement et à la faune de la rivière Cheakamus aient été considérables, l'intervention à laquelle plusieurs organismes ont participé a été bien coordonnée et efficace.

3.0 Conclusions

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Pendant qu'il gravissait une rampe de 1,97 %, le train a déraillé après avoir causé un étirement de la rame vers l'intérieur de la courbe de 12 degrés et 20 minutes vers la gauche, sur le pont qui enjambait la rivière Cheakamus.
2. Un effort de traction excessif des locomotives et un tonnage remorqué excessif, combinés au fait que des wagons longs et des wagons courts étaient attelés ensemble, ont occasionné des forces latérales considérables qui ont donné lieu à un ratio latéral/vertical (L/V) élevé et au soulèvement des roues, ce qui a causé l'étirement de la rame dans la courbe.
3. Le fait que les réglages des locomotives du train à puissance de traction répartie (PTR) n'aient pas été faits de façon appropriée à North Vancouver a donné lieu à un grand nombre de défauts électriques lorsque le groupe de traction de locomotives télécommandées a été mis en ligne et à l'activation des circuits de protection qui les empêchaient de produire de la puissance.
4. Bien que des alarmes de ligne de train de niveau 2 (TL2) aient été générées en raison des défauts dans le groupe de traction télécommandé, la première équipe (North Vancouver à Squamish) n'a pas décelé le problème ou pris de mesures par suite de ces alarmes.
5. Étant donné que des locomotives de modèle plus ancien (GEF-40 Dash 8) étaient à la tête du train et du groupe de traction télécommandé, le fait que les locomotives télécommandées étaient inopérantes n'a pas été transmis directement à l'une ou l'autre des équipes. Si l'on avait mis deux des quatre locomotives GEF-44 Dash 9 disponibles à ces positions dans le train, les équipes auraient pu voir cette indication.
6. Dès que les locomotives à PTR n'étaient plus disponibles, le train A471 est devenu un train conventionnel et devait donc être conduit en conformité avec les restrictions applicables aux trains conventionnels, ce qui n'a pas été fait.
7. Puisque la locomotive de tête a été mise en ligne, la puissance et le nombre d'essieux moteurs additionnels ont excédé les restrictions relatives à la puissance de traction et au nombre d'essieux moteurs qui sont imposées pour les trains conventionnels.
8. Le Canadien National (CN) a préparé un plan d'intégration de la sécurité et a fourni de la formation officielle relativement au réglage de la PTR et à l'exploitation. Toutefois, en l'absence d'une évaluation officielle des risques, le CN a rétabli l'exploitation de longs trains à PTR sans avoir dûment déterminé s'il convenait de faire appel aux compétences et à l'expérience d'employés qui connaissaient bien la conduite de longs trains à PTR. Il en a résulté un manque de formation et de supervision qui a contribué à ce déraillement.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Les restrictions contenues dans les Instructions générales d'exploitation qui étaient en vigueur au moment de l'accident étaient inadéquates, en ce sens qu'elles ne tenaient pas compte de tous les wagons vides dont la longueur était voisine de 80 pieds, d'où une augmentation des risques de déraillement causé par un tonnage excessif remorqué derrière des wagons de ce type.
2. Faute de détails précis sur les déficiences qui correspondent aux alarmes TL2 et sur les effets qu'elles peuvent avoir sur la conduite des locomotives, les mécaniciens peuvent difficilement décider des mesures qu'il convient de prendre pour réagir à une alarme.

3.3 *Autres faits établis*

1. Cet événement a été le premier d'une série de quatre déraillements similaires mettant en cause des trains longs et déchargés à PTR qui se sont produits dans la subdivision Squamish entre le 5 août et le 5 décembre 2005. Bien que les circonstances aient été différentes, les quatre déraillements avaient en commun le fait qu'il y ait eu étirement de la rame sur le rail de la file basse, vers l'intérieur de courbes prononcées. L'étirement de la rame a été causé par des forces latérales considérables qui ont créé un ratio L/V élevé, le soulèvement des roues et le déraillement.
2. L'intervention à laquelle plusieurs organismes ont participé a été bien coordonnée et efficace.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures prises*

4.1.1 *Mesures réglementaires*

Après le déraillement du 5 août 2005, le BST a adressé l'avis de sécurité ferroviaire 09/05 à Transports Canada le 7 octobre 2005. L'avis de sécurité ferroviaire indiquait que, comme les instructions d'exploitation sont des renseignements critiques du point de vue de la sécurité et du fait de l'acquisition récente du territoire de la BC Rail (BCR) par le Canadien National (CN), Transports Canada pourrait juger bon d'examiner les instructions du CN qui concernent l'utilisation du matériel roulant, la longueur des trains et le tonnage pour s'assurer que la circulation des trains est sûre dans les courbes et les pentes raides du territoire de l'ancienne BCR. Le 8 décembre 2005, Transports Canada a répondu à l'avis de sécurité ferroviaire et a discuté des circonstances de trois autres déraillements survenus dans la subdivision Squamish. Dans sa réponse du 8 décembre, Transports Canada a discuté des avis et ordres ci-après :

[Traduction]

À la suite du déraillement d'un train du CN survenu le 24 octobre au point milliaire 54 de la subdivision Squamish (R05V0206), Transports Canada a transmis au CN un avis et ordre le 27 octobre, dans lequel on limitait à 12 le nombre d'essieux moteurs des trains conventionnels circulant en direction nord qui se composaient uniquement de wagons vides et qui gravissaient les rampes raides du secteur de Squamish. À la suite du déraillement d'un train du CN survenu le 3 novembre au point milliaire 15 de la subdivision Squamish, Transports Canada a émis le 3 novembre un autre avis et ordre à l'intention du CN, dans lequel on imposait une limite de 12 essieux moteurs et de 80 wagons pour les trains conventionnels qui roulent en direction nord entre Squamish et Clinton (Colombie-Britannique). Le bulletin d'exploitation 92 du CN, daté du 1^{er} novembre, est une révision des instructions d'exploitation relatives aux trains conventionnels gravissant les rampes situées entre Cheakamus et Mons, Pemberton et Birken, et Fountain et Kelly Lake, et comprend cette dernière restriction. De plus :

- on limitait à 2700 tonnes le tonnage placé derrière tout wagon vide de 76 pieds ou plus de longueur;
- on limitait à un maximum de 18 le nombre d'essieux moteurs des trains formés de wagons chargés et de wagons vides, pourvu que le tonnage des wagons vides ne soit pas supérieur à 4200 tonnes et que le tonnage remorqué, y compris les locomotives mortes, n'excède pas 4600 tonnes;

- on définissait un train de marchandises conventionnel comme étant un train dépourvu de moyens de répartition de la puissance de traction/ de groupe de traction télécommandé, ou un train qui dispose de moyens de répartition de la puissance de traction/ d'un groupe de traction télécommandé mais dont ces dispositifs ne sont pas activés ou sont devenus inopérants en cours de route.

L'avis et ordre de Transports Canada exigeait aussi que le CN fournisse à Transports Canada une analyse détaillée des trains à puissance de traction répartie (PTR) qu'il exploite dans la région de Squamish et une évaluation exhaustive des risques découlant de changements que le CN a apportés aux instructions d'exploitation de la BCR. Cette analyse et cette évaluation devaient traiter de la longueur des trains, du matériel roulant, de l'état de la voie et de la vitesse d'exploitation. Le CN a fait faire l'évaluation par un consultant (Rail Sciences) et l'a présentée à Transports Canada le 22 novembre 2005.

Le CN a donné une nouvelle formation à quatre superviseurs qui ont préparé un module révisé de formation sur la PTR, qui sera intégré au programme avancé de formation d'appoint des mécaniciens (*Advanced Locomotive Engineer Refresher Training* ou ALERT). Tous les mécaniciens affectés à ce territoire ont suivi la formation en question. De plus, les quatre employés du service de la mécanique de Vancouver ont suivi une nouvelle formation sur le réglage des groupes de traction des trains à PTR.

Le bulletin d'exploitation 100 du CN a été émis le 21 novembre 2005 à la suite du déraillement survenu le 4 novembre 2005 au point milliaire 15,5. Ce bulletin énonçait les mêmes instructions relatives à la conduite des trains conventionnels que celles du bulletin 92, sauf qu'on en avait supprimé la disposition qui fixait à 18 le nombre d'essieux moteurs des trains comptant des wagons chargés et des wagons vides.

Transports Canada a émis un autre avis et ordre en date du 7 décembre 2005, à la suite du déraillement du 5 décembre, qui s'est produit au point milliaire 57,9 de la subdivision Squamish. Cet ordre limitait tous les trains de marchandises du CN, y compris les trains à PTR, à un maximum de 80 wagons, à une longueur maximale de 6400 pieds et à un poids de 3200 tonnes, lorsqu'ils roulent en direction nord entre Squamish et Clinton (Colombie-Britannique). L'ordre limitait aussi tous les trains de marchandises à un maximum de 12 essieux moteurs.

Le bulletin d'exploitation 103 du CN, portant sur les trains équipés de dispositifs de PTR qui roulent vers le nord dans les subdivisions Squamish et Lillooet, a été émis le 10 décembre 2005 après le quatrième déraillement à survenir dans la subdivision Squamish, lequel s'est produit le 5 décembre au point milliaire 57,9 :

- les trains sont limités à un maximum de 99 wagons et à un poids total de 6000 tonnes, et les wagons chargés doivent être placés le plus près possible de la tête du train;
- les longs wagons vides de plus de 76 pieds doivent être placés dans la seconde moitié du train;

- on ne peut placer plus de 3750 tonnes derrière un wagon vide mesurant 76 pieds ou plus;
- tous les trains doivent compter au maximum trois locomotives actives (deux à la tête du train et une locomotive télécommandée), la locomotive télécommandée devant être placée au moins aux deux tiers de la longueur du train à partir du premier wagon, et les cinq premiers wagons qui précèdent et suivent la locomotive télécommandée active ne devant pas mesurer plus de 76 pieds;
- avant que le train parte de North Vancouver, le mécanicien doit avoir la confirmation que la PTR est disponible et qu'elle fonctionne effectivement dans le train, et il doit avoir une indication de la position où la locomotive télécommandée a été placée dans le train;
- on doit procéder à un essai de mouvement avant le départ pour s'assurer que la locomotive télécommandée répond aux commandes de façon appropriée;
- le groupe de traction télécommandé ne doit pas être placé en mode « isolé » (« isolate » mode) dans les secteurs où l'on sait que la communication risque de s'interrompre (« COM loss ») entre les locomotives de tête et les locomotives télécommandées, par exemple dans les tunnels de Horseshoe Bay et de Seaton;
- les employés doivent exercer une surveillance pour s'assurer que la communication est rétablie et vérifier que le groupe de traction télécommandé répond effectivement aux commandes en provenance de la locomotive de tête.

Le 10 décembre 2005, le CN a émis le bulletin d'exploitation 104, dans lequel on trouve des instructions relatives aux trains dont les moteurs sont à la position de puissance maximale et qui sont sur le point de manquer de puissance.

Le 14 décembre 2005, Transports Canada a annulé l'avis et ordre du 7 décembre et a émis un nouvel avis et ordre qui énonçait les conditions devant régir tous les trains de marchandises qui circulent en direction nord entre North Vancouver et Lillooet dans la subdivision Squamish. L'ordre, qui était en vigueur pour une période d'essai de 60 jours, énonçait les conditions ci-après, lesquelles devaient s'appliquer à tous les trains de marchandises qui circulent en direction nord entre North Vancouver et Lillooet dans la subdivision Squamish, et s'ajoutait aux instructions existantes :

1. De nouvelles instructions d'exploitation seront publiées ou les instructions existantes seront révisées suivant les besoins.
2. Des agents du CN devront accompagner tous les trains qui circulent dans le territoire.
3. Assurer un mentorat continu et une formation en cours d'emploi à l'intention des équipes de conduite.

4. On assurera une certaine forme d'occupation exclusive de la voie pour les trains, de façon à réduire le nombre d'arrêts.
5. Les trains utiliseront la PTR et compteront au maximum 99 wagons.
6. Le groupe de traction à PTR sera de type 2X1 (2 locomotives de tête et 1 locomotive télécommandée).
7. Le CN fournira chaque jour à Transports Canada une copie de la liste des points d'origine de tous les trains 471 qui circulent.
8. Le CN doit fournir à Transports Canada les données des consignateurs d'événements de chaque train 471, dans les meilleurs délais.
9. Le CN doit aviser Transports Canada 24 heures à l'avance des parcours prévus du train 471, pour qu'un inspecteur de la sécurité ferroviaire puisse vérifier la conformité des opérations de la compagnie.

Le 6 mars 2006, Transports Canada a annulé l'avis et ordre qui avait été envoyé au CN le 14 décembre 2005. Cette mesure a été prise au terme de la période de 60 jours pendant laquelle le CN a procédé à des essais dans le tronçon visé, et pendant laquelle on n'a signalé aucun incident. Un nouvel avis et ordre a été émis à l'intention du CN, dans lequel on faisait passer de 99 à 114 le nombre maximal de wagons des trains à PTR que la compagnie fait circuler dans la région de Squamish. Le nombre de wagons des trains conventionnels roulant en direction nord dans la région de Squamish est resté inchangé, soit 80 wagons. Le CN a émis le bulletin d'exploitation 17, qui intègre ces changements relatifs à la conduite des trains.

Au mois d'avril 2007, l'avis et ordre émis le 6 mars 2006 était encore en vigueur. Transports Canada se dit satisfait que les conditions contenues dans l'avis et ordre semblent bien répondre à l'exploitation actuelle dans ce territoire. Dans le cadre de leurs activités de conformité, les inspecteurs de la sécurité ferroviaire du Groupe Surface de Transports Canada, région du Pacifique, continuent de surveiller l'exploitation de la compagnie ferroviaire afin de veiller à ce que les niveaux de conformité soient maintenus. Une des conditions de l'avis et ordre exige que Transports Canada et la compagnie ferroviaire s'entendent sur toutes les instructions d'exploitation, qu'elles soient neuves ou révisées.

4.2 *Préoccupations liées à la sécurité*

La présente enquête a fait ressortir des problèmes de sécurité importants relativement à l'exploitation des trains et à l'utilisation de la technologie. La première préoccupation a trait à la priorité donnée au positionnement des locomotives ayant la technologie la plus sûre à la tête des trains. La deuxième préoccupation consiste en la nécessité d'effectuer une évaluation de la performance humaine relative aux alarmes pour veiller à ce que les équipes comprennent la priorité qu'elles devraient donner au grand nombre d'alarmes dans la cabine.

4.2.1 *Utilisation prioritaire de la technologie la plus sûre*

Dans l'accident à l'étude, les locomotives télécommandées sont devenues inopérantes lorsqu'elles sont passées dans un état d'autoprotection puisqu'elles avaient été mal réglées. Les alarmes n'ont donc pas été répétées, et le fait que les locomotives télécommandées étaient inopérantes n'a pas été transmis directement à ni l'une ni l'autre des équipes.

Le groupe de traction de tête se composait de locomotives General Electric (GE) Dash 8 et GE Dash 9. Cependant, une locomotive Dash 8, plus ancienne, avait été placée à la tête du train. Le module d'interface de l'opérateur des locomotives Dash 8 n'affiche pas la puissance réelle ou la charge des locomotives télécommandées tandis que les locomotives Dash 9, plus récentes, affichent cette information.

Si des locomotives Dash 9 avaient été placées à la tête du train et à la tête du groupe de traction télécommandé, il y aurait eu une indication du problème sur l'affichage de l'effort de traction lorsque la PTR n'a pas fonctionné. L'équipe aurait donc eu l'occasion de prendre les mesures qui s'imposaient.

Le Bureau est préoccupé par le fait que les compagnies ferroviaires n'exigent pas que les trains soient formés de façon à ce que le mécanicien ait accès à la technologie la plus sûre.

4.2.2 *Systèmes d'alarmes des locomotives*

Il existe 584 défauts différents qui peuvent activer une alarme de ligne de train de niveau 2 (TL2) sur les locomotives GE Dash 8 de la BCR. Par contre, comme l'alarme TL2 est la même, quelle que soit la défectuosité, les équipes ne peuvent être averties de l'urgence d'une condition grave. Vu le grand nombre et la fréquence des défauts qui sont susceptibles de déclencher une alarme TL2, et vu que ces alarmes peuvent mettre en évidence des problèmes passagers ou, souvent même, des renseignements non critiques, les mécaniciens peuvent parfois recevoir des alarmes TL2 diverses et non reconnaissables.

Pour que les mécaniciens puissent distinguer les événements importants dans l'environnement bruyant où ils se trouvent, il est essentiel que les signaux de défectuosité et les alarmes leur soient présentés à un rythme et d'une façon qui leur permettront d'assimiler facilement les renseignements. Faute de détails précis sur les défauts et sur les effets qu'elles peuvent avoir sur la conduite des locomotives, les mécaniciens peuvent difficilement déterminer la défectuosité spécifique et décider des mesures qu'il convient de prendre pour réagir à une alarme.

Le Bureau s'inquiète du fait qu'il se peut que les mécaniciens ne puissent faire la différence entre le grand nombre d'alarmes dans la cabine. Par conséquent, il se peut qu'ils ne donnent pas la bonne priorité aux alarmes et qu'ils ne prennent pas de mesures correctives.

Le Bureau croit que les compagnies ferroviaires bénéficieraient de travailler avec des spécialistes des facteurs humains et des fabricants de locomotives afin de concevoir des alarmes qui permettront d'identifier clairement la nature de la défectuosité.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 30 mai 2007.

Annexe A – Évaluation de la mortalité de poissons

Remarque : Les détails ont été tirés d'un rapport sur une évaluation du déversement de soude caustique survenu le 5 août 2005 sur la rivière Cheakamus, et intitulé « Assessment of the CN Rail Caustic Soda Spill, August 5th, 2005 on Cheakamus River ». Ce rapport a été rédigé par Instream Fisheries Research Inc. pour le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et le ministère des Pêches et des Océans (MPO).

À peu près tous les poissons nageant librement qui se trouvaient dans la rivière Cheakamus au moment du déversement ont été tués. Ceux qui ont survécu étaient soit des embryons qui se développaient dans le gravier des affluents de la rivière ou dans des plans d'eau isolés, soit des saumons venus de l'océan qui n'étaient pas encore revenus dans la rivière pendant leurs migrations trophiques ou génétiques annuelles. Entre le 5 et le 8 août 2005, on a recueilli un total de 4710 poissons morts à différents endroits des rivières Cheakamus et Squamish, en aval de leur point de confluence. Des techniciens en pêche expérimentés et des biologistes de l'alevinière Tenderfoot (MPO) ont aidé les bénévoles à identifier les espèces, à recueillir des échantillons biologiques, à catégoriser les poissons par groupes d'âge (adultes ou juvéniles), à mesurer la longueur à la fourche et à peser les poissons. Les données ont été consignées et archivées aux installations des laboratoires du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, à Abbotsford.

Bien que le nombre de poissons qu'on a recueillis soit négligeable par rapport au nombre véritable de poissons tués par le déversement de soude caustique, on estime dans le rapport d'évaluation que le déversement a causé la mort de plus de 500 000 poissons de 10 espèces différentes et de toutes catégories d'âge qui se trouvaient dans la rivière au moment du déversement. Les poissons les plus durement affectés ont été les truites/saumons arc-en-ciel juvéniles (taux de mortalité d'environ 90 % touchant quatre catégories d'âge) ainsi que les saumons coho et saumons quinnat juvéniles de plusieurs catégories d'âge. Dans le cas des saumons adultes, le taux de retour déjà faible des saumons roses a accusé une diminution encore plus marquée, du fait que les saumons en âge de frayer qui se trouvaient dans la rivière au moment du déversement ont vraisemblablement été tués. De 40 à 50 % de toute la montaison de 2005 de saumons quinnat a été perdue car, d'après les estimations, cette proportion de la montaison se trouvait dans la rivière Cheakamus au moment du déversement de soude caustique.

Après l'évaluation de la mortalité de poissons, on a recueilli des données sur les poissons survivants dans le lit de la rivière, dans les eaux arrêtées et dans les passages naturels et les chenaux de restauration. On a comparé ces données avec les renseignements historiques que B.C. Hydro, la Nation Squamish et les organismes de réglementation recueillent périodiquement dans le cadre d'études sur l'écologie et sur les différentes espèces de ressources ichtyques de la région. Les résultats de la comparaison révèlent des impacts variés, dont un taux de survie limité des poissons résidents et des jeunes salmonidés et une diminution de la montaison des saumons adultes de l'année d'éclosion 2005.

Les données sur les taux de mortalité et de survie des poissons indiquent que la majorité des espèces de salmonidés et toutes les espèces de poissons diadromes (autres que les salmonidés) connaîtront des taux faibles de reproduction pendant plusieurs années. Le saumon rose est un

peu moins touché, le taux d'éclosion d'une année sur deux étant affecté, tandis que les saumons kéta n'ont à peu près pas été affectés puisque les poissons de toutes les étapes du cycle de la vie étaient dans l'océan lors de l'incident.

Plan de récupération de l'écosystème de la rivière Cheakamus du Comité technique de récupération de l'écosystème de la rivière Cheakamus (annexe F) – Évaluation des effets sur les espèces effectuée par Instream Fisheries Research Inc. pour le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et le ministère des Pêches et des Océans

Saumon quinnat : Une partie de la montaison de saumons adultes était dans la rivière au moment de l'incident. On a évalué que l'accident a touché 50 % des saumons quinnat adultes de 2005. En outre, environ 90 % des tacons juvéniles de l'année d'éclosion 2004 qui se trouvaient dans la rivière au moment du déversement ont été affectés. Par contre, la majorité des saumons quinnat juvéniles migrent de la rivière Cheakamus au printemps pour aller frayer; on estime donc que 0 % des alevins juvéniles de l'année d'éclosion 2004 ont été touchés.

Saumon rose : On estime que de 3 à 10 % de la population adulte de saumons roses de 2005 a été touchée en 2005. On estime qu'aucun tacon ou alevin juvénile n'a été touché.

Saumon coho : On estime que l'accident n'a affecté aucun saumon coho adulte de l'année d'éclosion 2005. Les effets ressentis étaient moins graves dans les habitats situés hors des chenaux et certains des chenaux latéraux construits, lesquels fournissent environ 50 % de la production annuelle de saumoneaux. On a prévu que la production de saumoneaux de 2006 diminuerait de 50 % en raison du déversement; cette diminution aura des répercussions sur la population de 2006 et 2007. Ces saumons juvéniles représentent pour la plupart des poissons de l'année d'éclosion 2004, et un petit pourcentage provenant de l'année d'éclosion 2003.

Saumon kéta : On estime que la population adulte de saumons kéta de 2005 a été touchée par l'accident, mais qu'aucun saumon juvénile n'a été affecté puisque le déversement est survenu bien avant la période de fraye et la période de migration du saumon kéta.

Truite arc-en-ciel et saumon arc-en-ciel : Le déversement est survenu bien avant la période de fraye et la période de migration du saumon arc-en-ciel. On estime également que le déversement n'a pas touché la population adulte de saumons arc-en-ciel. Environ 90 % des truites arc-en-ciel adultes et juvéniles (comprenant les saumons arc-en-ciel juvéniles) qui se trouvaient dans la rivière au moment du déversement ont été touchées.

Truite fardée, omble chevalier, chabots : On estime que 90 % de la population adulte, tacon et alevin qui se trouvait dans la rivière au moment du déversement a été touchée.

Lamproie : Le déversement a probablement eu de grandes répercussions sur la lamproie si l'on se fie au nombre de mortalités enregistrées; cependant, l'échantillonnage historique et de survie après le déversement dans la rivière Cheakamus n'a pas ciblé la lamproie, et de l'information comparable sur l'abondance n'était pas disponible pour pouvoir évaluer l'incidence. Des échantillons effectués récemment et visant la lamproie indiquent qu'un nombre considérable de lamproies de différentes catégories d'âge ont vraisemblablement survécues aux effets du déversement.

Épinoche : On n'a pas tenté d'évaluer l'incidence du déversement sur cette espèce. Les épinoches ont tendance à vivre dans les eaux arrêtées, ce qui les a grandement protégées des effets principaux du déversement.

Invertébrés benthiques : À la suite du déversement, on a fait de l'échantillonnage dans la rivière Cheakamus et on a découvert qu'il y avait des communautés d'invertébrés benthiques en amont et en aval du lieu du déversement. Des observations initiales et une évaluation de la survie des poissons juvéniles après le déversement afin de surveiller leur structure trophique ont permis de découvrir que les invertébrés benthiques ont survécu en abondance.

À la suite de l'évaluation des effets sur les poissons, le Canadien National (CN), en collaboration avec d'autres groupes étudiant la rivière Cheakamus, a commencé à évaluer les faits réels sur les populations de poissons dans le lit de la rivière, les chenaux latéraux, les passages naturels et les chenaux de restauration. Ces données seront recueillies au cours des 10 prochaines années et seront comparées aux données historiques recueillies précédemment par des groupes comme la B.C. Hydro, les organismes de réglementation et la Nation Squamish.

On évaluera les résultats de l'évaluation de l'incidence sur les poissons et de l'évaluation de la population au cours des prochaines années afin de déterminer les effets réels à long terme sur la récupération de la population de poissons en conséquence du déraillement et du déversement.

Annexe B – Méthodes de conduite des trains

L'Association of American Railroads (AAR), dont la formation remonte à 1934, compte le Canadien National (CN) au nombre de ses membres, ainsi que d'autres grandes compagnies ferroviaires de transport de fret des États-Unis, du Canada et du Mexique. L'AAR élabore des normes pour ses membres et participe à des programmes visant à accroître l'efficacité, la sécurité et le niveau de service de l'industrie des chemins de fer. Le Transportation Technology Center, Inc. (TTCI) est une filiale de l'AAR qui fait en sorte que les chemins de fer soient à la fine pointe de la technologie des transports. Le rapport de l'AAR intitulé *Track Train Dynamics to Improve Freight Train Performance*, AAR-R-185, novembre 1979, énonce des directives quant à l'optimisation de la formation et de la conduite des trains, et de la voie.

Annexe C – Trains 471, 470, 576 et 570

Les locomotives et les équipes du train 471 varient en fonction des opérations de trois autres trains – les trains 470, 576 et 570.

Train 471

Le train 471 en direction nord part chaque jour de North Vancouver et parcourt une distance de 462,4 milles dans les subdivisions Squamish, Lillooet et Prince George, pour terminer à Prince George. Le départ est prévu pour 2 h 15, et la durée totale du parcours est de 28 heures. L'horaire prévoit des travaux à Squamish, Mons, Lillooet, Koster, Exeter, Williams Lake, Gibraltar, Quesnel et Prince George. Le train se compose surtout de wagons couverts vides, de wagons-tombereaux vides servant au transport de copeaux et de wagons plats vides à parois de bout et à longrine centrale, et de quelques wagons de marchandises générales, y compris de marchandises dangereuses. Le plan de service du Canadien National (CN) précise que la longueur maximale du train est de 7600 pieds entre Squamish and Lillooet.

Train 470

Le train 470 en direction sud part chaque jour de Prince George à 2 h 45, et se rend à North Vancouver. La durée totale du parcours est de 31 heures et 45 minutes. L'horaire prévoit des travaux à Quesnel, Dragon, Gibraltar, Williams Lake, Exeter, Koster, Lillooet, Darcy et North Vancouver. Le train transporte surtout des produits forestiers et quelques wagons de marchandises générales et de marchandises dangereuses. Le plan de service du train 470 précise que le train allant de Prince George à North Vancouver a une longueur maximale de 6900 pieds. Le train 470 gare du matériel roulant à Darcy afin de réduire le tonnage pour pouvoir gravir la rampe, et réduit davantage le tonnage à Squamish, au besoin. Le train 470 gare à Mons un groupe de traction télécommandé qui est destiné au train 576. Le groupe de traction restant est utilisé pour faire rouler le train 470 jusqu'à North Vancouver, où le mécanicien et un électricien font les réglages voulus pour la puissance de traction répartie (PTR). La première équipe de ce train est basée à Prince George, et il y a des postes de changement d'équipe à Williams Lake, Lillooet et Squamish. Quand le train arrive à North Vancouver, l'équipe termine son service et revient à Squamish en taxi.

Les locomotives du train 470 sont celles du train 471 qui ont été laissées à Prince George à la fin du parcours.

Train 576

L'équipe de la manœuvre 576 prend son service chaque jour à 8 h, à Squamish. L'équipe prend un taxi en direction nord pour se rendre à Mons, où elle monte à bord du groupe de traction que le train 470 a garé à cet endroit. L'équipe fait ensuite rouler le groupe de traction vers le nord, jusqu'à Darcy. À Darcy, la manœuvre s'attelle aux wagons que le train 470 a garés à cet endroit et ramène ces wagons vers le sud, jusqu'à Squamish. L'équipe exécute d'autres manœuvres de triage au besoin. L'équipe termine son service à Squamish et laisse son train à cet endroit pour l'équipe de la manœuvre 570.

Train 570

L'équipe de la manœuvre 570 prend son service chaque jour à 17 h, à Squamish. L'équipe prend en charge le groupe de traction et le train que l'équipe du train 576 a laissés à Squamish, et elle roule en direction sud à destination de North Vancouver, en exécutant des manœuvres de triage en cours de route au besoin. Quand il arrive à North Vancouver, le train termine son parcours et l'équipe prend en charge le train 471.

L'équipe du train 471 est celle du train 570 en provenance de Squamish (si cette dernière équipe n'est pas disponible, l'équipe du train 471 sera constituée à partir de la liste de relève de Vancouver). Les changements d'équipe se font à Squamish, Lillooet et Williams Lake.

Les locomotives du train 471 viennent des trains 470 et 570. L'équipe du train 470 amène le groupe de traction sur la voie d'atelier à North Vancouver et fait les réglages voulus pour le fonctionnement à PTR. Les locomotives venant du train 570 (il y en a généralement deux) sont ajoutées au groupe de traction que le train 470 a amené avec lui (à part du réglage à PTR) afin de compléter le groupe de traction du train 471.

Annexe D – Déraillements en voie principale survenus dans la subdivision Squamish – BC Rail et Canadien National

Déraillements en voie principale qui se sont produits dans la subdivision Squamish entre janvier 2000 et le 31 mars 2004 lorsque le réseau appartenait à la BC Rail

- Le 16 avril 2000, trois wagons vides ont déraillé pendant que le train roulant en direction nord garait 38 wagons chargés de pâte, lesquels devaient servir à charger 15 wagons à basculeur pneumatique, à l'extrémité nord de la voie d'évitement de Porteau. Les trois wagons vides qui ont déraillé avaient été placés entre les locomotives et les 38 wagons de pâte. On a déterminé que le déraillement avait été causé par un wagon plat vide à longrine centrale, dont une roue a chevauché le rail du fait de forces excessives de compression des attelages pendant le garage des wagons.
- Le 18 novembre 2000, huit wagons vides d'un train circulant vers le nord ont déraillé au point milliaire 86,05. Le train de 3597 tonnes comptait 15 wagons chargés et 65 wagons vides, trois locomotives placées à la tête du train et une locomotive télécommandée placée à la 40^e position du convoi. On a déterminé que le déraillement avait été causé par l'étirement de la rame/le soulèvement d'une roue sur le rail de la file basse d'une courbe de 12 degrés, exacerbé par un serrage d'urgence intempestif des freins en provenance de la queue du train. L'effort retardateur qui s'exerçait dans la moitié sud du train, combiné aux efforts de traction en provenance de la partie avant, plus lourde, qui était engagée dans une pente, a donné lieu à l'étirement de la rame. La cause ou la provenance du serrage d'urgence intempestif est inconnue.
- Le 5 décembre 2000, 17 wagons chargés de soufre d'un train roulant vers le sud ont déraillé au point milliaire 131,5 en raison d'un sous-écartement des roues (dû à un mauvais montage des roues) et d'un surécartement de la voie.
- Le 27 août 2001, cinq wagons plats vides à longrine centrale d'un train qui roulait en direction sud ont déraillé au point milliaire 156 pendant que le train entrait dans le triage Lillooet. Le train de 3617 tonnes comptait six wagons chargés et 84 wagons vides, deux locomotives placées à la tête du train et une locomotive télécommandée placée à la 57^e position du convoi. Le déraillement a été causé par un étirement de la rame/le soulèvement d'une roue au-dessus du rail de la file basse d'une courbe de 12 degrés et 20 minutes, exacerbé par un serrage d'urgence intempestif en provenance de la queue du train. L'effort retardateur des 74 wagons vides et de la locomotive télécommandée dû au freinage d'urgence qui s'exerçait du côté sud du train, combiné aux efforts de traction des deux locomotives de tête, a causé l'étirement de la rame.

Déraillements en voie principale survenus dans la subdivision Squamish à l'automne de 2005 lorsque le réseau appartenait au Canadien National

- Le 24 octobre 2005, 10 wagons plats vides à longrine centrale de 79 à 80 pieds, qui faisaient partie du train conventionnel A47151-24, ont déraillé vers l'intérieur d'une courbe de 12 degrés vers la gauche et dans une rampe de 2,08 %, au point milliaire 53,9. Le train comptait cinq locomotives placées à la tête du train et 122 wagons vides, et ne comptait aucun wagon chargé. Il mesurait 8114 pieds et pesait 3983 tonnes. Il y a eu étirement de la rame des wagons déraillés vers l'intérieur de la courbe. L'enquête interne menée par la compagnie a révélé qu'à l'origine, les locomotives 3, 4 et 5 étaient en ligne et généraient une puissance de 12 400 horsepower (HP) répartie sur 18 essieux moteurs. Le train a manqué de puissance pendant qu'il gravissait la rampe. La troisième locomotive a été isolée en raison d'une mise hors circuit, et la locomotive de tête a été mise en ligne. Disposant d'une puissance de 12 000 HP et de 18 essieux moteurs, on a essayé de faire démarrer²⁰ le train à deux reprises avant que celui-ci déraile. Le tonnage remorqué placé derrière le premier wagon vide de 80 pieds était de 3922 tonnes, ce qui était supérieur à la limite de 2700 tonnes qui était précisée dans les Instructions générales d'exploitation de la compagnie quant au tonnage remorqué de ce type.
- Le 3 novembre 2005, neuf wagons-tombereaux vides servant au transport de copeaux qui faisaient partie du train à puissance de traction répartie (PTR) A47151-03 ont déraillé en deux endroits dans le secteur du point milliaire 15. Le train se composait de quatre locomotives placées en tête du train (deux locomotives en ligne qui généraient une puissance de 8800 HP répartie sur 12 essieux) et de deux locomotives télécommandées placées aux positions 87 et 88, de neuf wagons chargés de pâte et de 122 wagons-tombereaux servant au transport de copeaux et wagons plats à parois de bout à longrine centrale, qui étaient tous vides. Il mesurait 8388 pieds et pesait 4913 tonnes. Il y a eu étirement de la rame sur le rail de la file basse ou à l'intérieur d'une courbe de 11 degrés et 50 minutes vers la droite et d'une courbe de 12 degrés vers la gauche, à la suite d'un serrage d'urgence intempestif des freins du train, tandis que le train roulait à 25,4 mi/h en descendant une pente dont l'inclinaison variait entre 0,12 et 0,56 %. Bien qu'il ait été impossible de connaître la cause du serrage d'urgence intempestif, la compagnie a déterminé que des forces excessives exercées dans le train, consécutives au serrage d'urgence intempestif, ont fort vraisemblablement causé le déraillement. Le tonnage remorqué placé derrière trois wagons plats à longrine centrale longs et vides qui occupaient les positions 16, 17 et 18, a peut-être contribué à ce déraillement.
- Le 5 décembre 2005, tandis que le train à PTR A47151-05 était engagé dans un double virage de 12 degrés vers la gauche et de 10 degrés et 10 minutes vers la droite, en descendant une pente de 1,98 %, au point milliaire 57,9, deux wagons-tombereaux vides servant au transport de copeaux et cinq wagons plats vides à longrine centrale, qui étaient placés à cinq longueurs de wagons derrière les locomotives télécommandées, ont déraillé. Le groupe de traction comptait quatre locomotives placées à la tête du train et deux locomotives télécommandées, occupant les

20

Amorcer le mouvement d'un train immobilisé.

positions 69 et 70. Le train comptait deux wagons-citernes chargés ainsi qu'un groupe de 125 wagons vides qui comptait des wagons-tombereaux servant au transport de copeaux, des wagons couverts et des wagons plats à longrine centrale. Il mesurait 9166 pieds et pesait 5010 tonnes. L'enquête interne de la compagnie ferroviaire a révélé que, quand on a fait ralentir le train en raison de la présence d'un contremaître de la voie un peu plus loin, un serrage d'urgence intempestif s'est déclenché et a causé l'immobilisation du train. On ignore si ce serrage d'urgence intempestif a causé le déraillement, mais on a constaté que la conduite générale²¹ était demeurée intacte. On a rétabli à deux reprises la pression d'air dans la conduite générale, afin de desserrer les freins. On a essayé deux fois de faire démarrer le train, mais chaque fois, les freins ne se sont pas complètement desserrés à l'arrière. Du fait des forces longitudinales considérables dues à l'effort de traction des locomotives, il y a eu étirement de la rame de wagons vides quand ils sont passés dans les courbes du double virage.

²¹ Conduite continue d'un bout à l'autre du train, qui alimente en air le circuit de freins à air et permet de serrer et desserrer les freins à air.

Annexe E – Organismes d'intervention

Les organismes suivants sont intervenus dans le cadre de cet événement :

Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique
Transports Canada – Marchandises dangereuses
Transports Canada - Surface
Bureau de la sécurité des transports
Programme provincial d'urgence
Canadien National
Environnement Canada
Gendarmerie royale du Canada
District de Squamish (programme d'urgence de Squamish)
Vancouver Coastal Health Authority
Ministère des Pêches et des Océans
Premières nations de Squamish
CEDA-Reactor Ltd.
Service de l'agent de conservation
Système de gestion des interventions d'urgence de la Colombie-Britannique
Ministère de la Sécurité publique et du Solliciteur général de la Colombie-Britannique
Nexen Chemicals
Sécurité publique Canada
Quantum
Triton Environmental Consultants Limited
District régional de Squamish-Lillooet

Annexe F – Plan de remise en état

Après le déversement, on a mis sur pied le Comité technique pour la restauration de l'écosystème de la rivière Cheakamus, composé des organismes de réglementation, des gouvernements locaux, de la Nation Squamish et du Canadien National (CN) directement touchés par le déversement de soude caustique dans la rivière Cheakamus et ayant comme juridiction d'examiner les conséquences de ce déversement. Le comité technique avait comme mandat d'effectuer une évaluation exhaustive des répercussions, de relever et de recommander des stratégies de rétablissement des espèces touchées fondées sur les suggestions de professionnels d'expérience, de spécialistes de l'extérieur, de parties intéressées et du public et de remettre, le plus rapidement possible, l'écosystème de la rivière Cheakamus dans l'état où il était avant le déversement. On a mis sur pied le Comité directeur de restauration de l'écosystème de la rivière Cheakamus qui est chargé d'examiner et d'approuver les programmes recommandés par le comité technique. Le CN, le district de Squamish, le ministère des Pêches et des Océans, le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique et la Nation Squamish font partie du comité directeur.

Le rapport final du Plan de récupération de l'écosystème de la rivière Cheakamus, rédigé pour le CN par Triton Environmental Consultants Limited, a été diffusé en novembre 2006. Dans le rapport, on a mis au point un plan de restauration de la rivière Cheakamus qui traite des répercussions d'ordre environnemental et biologique dont il est question dans le rapport d'évaluation rédigé par Instream Fisheries Research Inc. Le plan de remise en état a aussi examiné la façon de corriger les dommages à long terme qui ont été causés à l'écosystème comme la toxicité persistante attribuable, par exemple, aux oiseaux qui se nourrissent de carcasses de poisson, et les dommages subis par l'habitat du poisson.

Le CN s'est engagé à remettre la rivière dans l'état où elle était avant le déversement :

- 17 août 2005 – Le CN fera un don de 250 000 \$ à la *Pacific Salmon Foundation*, afin d'aider à lancer le plan de rétablissement du saumon dans le bassin hydrographique de la rivière Squamish.
- 15 septembre 2005 – Le CN versera 81 000 \$ afin de contribuer au rétablissement du saumon quinnat et du saumon rose dans la rivière Cheakamus.
- 8 février 2006 – Le CN a convenu de verser 1,25 million de dollars sur cinq ans, qui servira à la remise en état de la rivière Cheakamus et à la reconstitution des stocks de poissons.

Annexe G – Sigles et abréviations

AAR	Association of American Railroads
AEI	système d'identification automatique de matériel roulant
ALERT	programme avancé de formation d'appoint des mécaniciens (<i>Advanced Locomotive Engineer Refresher Training</i>)
BCR	BC Rail
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CCF	contrôleur de la circulation ferroviaire
CN	Canadien National
GE	General Electric
GRC	Gendarmerie royale du Canada
h	heure
HP	horsepower
IGE	Instructions générales d'exploitation
kg	kilogramme
km	kilomètre
L	latérale (force)
m	mètre
mi/h	mille à l'heure
min	minute
MPO	ministère des Pêches et des Océans
NaOH	hydroxyde de sodium
OIM	module d'interface de l'opérateur (<i>Operator Interface Module</i>)
pH	mesure de l'acidité et de l'alcalinité dans une solution
PPU	Programme provincial d'urgence
PTR	puissance de traction répartie
s	seconde
SGS	système de gestion de la sécurité
TL2	alarme de ligne de train de niveau 2 (<i>Train Line 2</i>)
TTCI	Transportation Technology Center, Inc.
V	verticale (force)
VCHA	autorité sanitaire de la côte de Vancouver (<i>Vancouver Coastal Health Authority</i>)
%	pour cent
°C	degré Celsius