



**RAPPORT D'ENQUÊTE DE PIPELINE  
P13H0013**



**FUITE DE PÉTROLE BRUT D'UN PIPELINE  
ENBRIDGE PIPELINES INC.  
CANALISATION 21, BORNE KILOMÉTRIQUE 391  
PRÈS DE WRIGLEY (TERRITOIRES DU NORD-OUEST)  
LE 8 FÉVRIER 2013**

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet accident afin 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 de pipeline P13H0013

Fuite de pétrole brut d'un pipeline

Enbridge Pipelines Inc.

Canalisation 21, borne kilométrique 391

Près de Wrigley (Territoires du Nord-Ouest)

Le 8 février 2013

### *Résumé*

Le 8 février 2013, une équipe effectuait une fouille d'enquête planifiée à la borne kilométrique 391 de la canalisation 21 d'Enbridge Pipelines Inc. dans le cadre de son programme de gestion de l'intégrité. Au cours de l'excavation, les travailleurs ont senti des effluves d'hydrocarbure et vu une irisation de pétrole brut à la surface de la conduite. Un examen plus poussé a permis de déceler, sur la surface de la conduite, une fissure de 3,4 mm de longueur qui en traversait la paroi, près du joint circulaire. Même s'il n'y avait pas de pétrole stagnant, on a retiré du site environ 54 mètres cubes de sol contaminé par le pétrole lors du nettoyage.

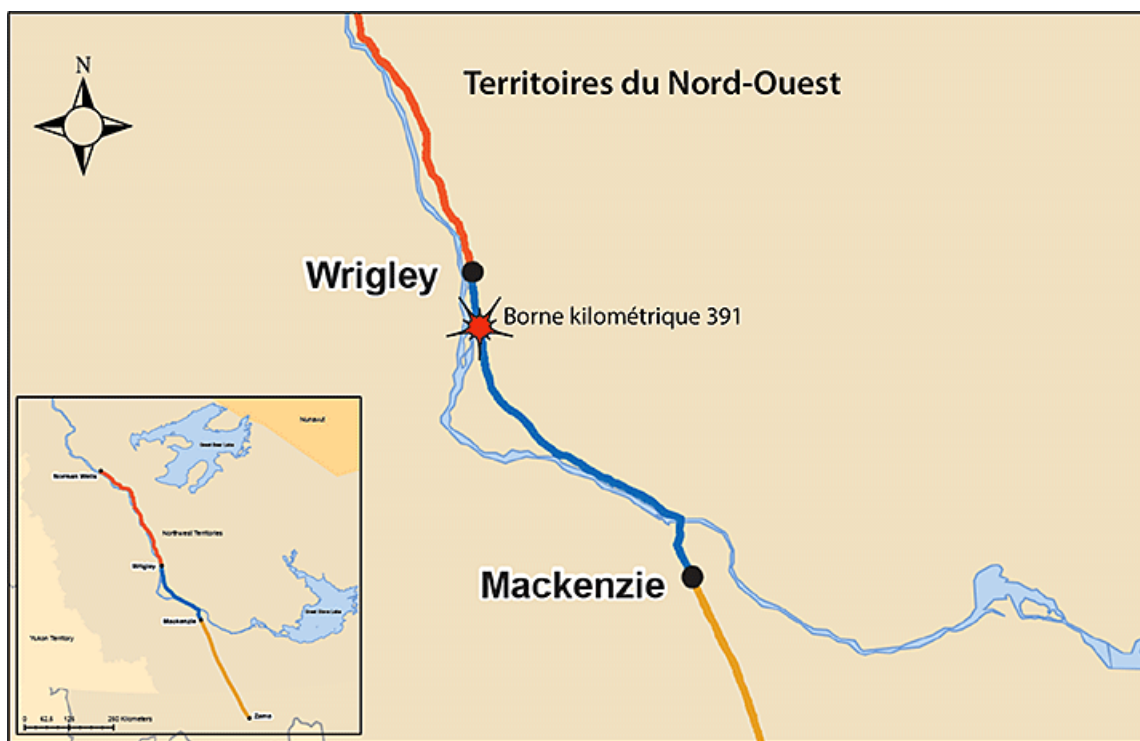
*This report is also available in English.*

## Renseignements de base

Le 8 février 2013, une équipe effectuait une fouille d'enquête planifiée à la borne kilométrique 391 de la canalisation 21 d'Enbridge Pipelines Inc. dans le cadre de son programme de gestion de l'intégrité. Au cours de l'excavation, les travailleurs ont senti des effluves d'hydrocarbure et vu une irisation de pétrole brut à la surface de la conduite. Un examen plus poussé a permis de déceler, sur la surface de la conduite, une fissure de 3,4 mm de longueur qui en traversait la paroi, près du joint circulaire. Même s'il n'y avait pas de pétrole stagnant, on a retiré du site environ 54 mètres cubes (m<sup>3</sup>) de sol contaminé par le pétrole lors du nettoyage.

La canalisation 21 est constituée d'environ 869 km de conduites ayant un diamètre extérieur de 323,9 mm et une épaisseur de paroi variable. Ce pipeline sert au transport du pétrole brut non corrosif entre Norman Wells (Territoires du Nord-Ouest) et Zama (Alberta). Il compte des stations intermédiaires de pompage à Wrigley et à Mackenzie (Territoires du Nord-Ouest) et un site d'injection en Alberta. Le pipeline est exploité à distance par le centre de contrôle d'Enbridge, à Edmonton (Alberta).

Figure 1. Emplacement de la fuite



La canalisation 21 est constituée de 3 tronçons situés respectivement entre Norman Wells et Wrigley (336,35 km), Wrigley et Mackenzie (249,75 km), et Mackenzie et Zama (283,39 km). Le pipeline a été construit au cours des hivers 1983-1984 et 1984-1985. Il a été mis en service en avril 1985.

Chacun des 3 segments a été soumis à un essai à l'air comprimé après la construction. Dans chaque cas, après l'essai sous pression, on a utilisé du méthanol pour réduire le taux d'humidité dans la conduite. De plus, tout le tronçon entre Norman Wells et Zama a été soumis à un essai à

l'huile en avril 1985, juste avant la mise en service. Aucune fuite n'a été décelée durant l'essai à l'air comprimé ou l'essai à l'huile avant la mise en service.

### *Le pipeline*

La conduite du pipeline présentant une fuite était de catégorie 359 avec une épaisseur de paroi nominale de 6,9 mm. Elle a été fabriquée par IPSCO Inc. et comporte un joint longitudinal soudé par résistance électrique. La conduite est protégée d'un revêtement externe en polyéthylène extrudé, également appelé « chemise jaune ».

La fuite s'est produite dans le tronçon de la canalisation 21 entre Wrigley et Mackenzie qui a été construit au cours du premier trimestre de 1984. Ce tronçon de pipeline a été soumis à un essai à l'air comprimé en mars 1984 en vue de pouvoir supporter une pression maximale de service de 9896 kilopascals (kPa), équivalant à 65 % de la limite d'élasticité minimale spécifiée (LEMS).

### *Exploitation du pipeline*

D'après les calculs de surveillance des cycles de pression trimestriels, Enbridge a établi que la fatigue était de faible amplitude dans la canalisation 21 durant la vie utile, jusqu'au moment de la détection de la fuite. À une pression maximale de service de 9896 kPa, la capacité d'exploitation de la canalisation est de 630 à 710 mètres cubes à l'heure (m<sup>3</sup>/h). Au moment où la fuite a été détectée, le pipeline fonctionnait à une capacité de 100 à 110 m<sup>3</sup>/h, à une pression de 2413 kPa (24,5 % de la pression maximale de service).

### *Examen en laboratoire de la conduite fissurée*

Une section de 5 mètres de longueur contenant la conduite fissurée (située entre les positions de 1 h 30 et 2 h<sup>1</sup>), le joint circulaire à proximité et les sections de conduite associées en amont et en aval a été envoyée au laboratoire Det Norske Veritas (USA) Inc. (DNV), à Dublin (Ohio) en vue d'une analyse métallurgique.

Les enquêteurs du Bureau de la sécurité des transports (BST) ont participé à l'examen des protocoles d'essai de laboratoire et étaient présents au laboratoire de DNV lors des essais. Il a été établi que l'examen de DNV avait été mené conformément aux normes de l'industrie et que la nature des travaux effectués et les méthodologies adoptées étaient conformes aux bonnes pratiques d'analyse des ruptures.

Les examens de laboratoire comprenaient une inspection visuelle, des essais non destructifs, une fractographie, une microscopie électronique à balayage, une spectroscopie d'énergie dispersive, des mesures de dureté, des essais mécaniques et une analyse chimique.

Les analyses en laboratoire ont révélé ce qui suit :

- Le diamètre, l'ovalisation et l'épaisseur de paroi de la conduite étaient conformes aux normes en vigueur au moment de la fabrication de la conduite.

---

<sup>1</sup> Pour préciser l'emplacement de la fissure sur la circonférence de la conduite, on observe la conduite dans le sens d'écoulement du produit.

- La composition chimique et les propriétés mécaniques de la conduite répondaient aux normes en vigueur au moment de la fabrication de la conduite.
- Le joint circulaire semblait relativement uniforme en apparence et en hauteur et ne présentait aucune marque évidente de commencement et de fin à proximité de l'emplacement de la fuite.
- La fuite s'est produite dans une fissure traversant la paroi, qui prenait naissance dans le métal de base de la surface interne de la conduite, tout près du joint circulaire. La fissure mesurait 3,4 mm de longueur au diamètre extérieur de la conduite (voir photo 1) et 18,8 mm de longueur au diamètre intérieur de la conduite (voir photo 2).
- La morphologie de la fissure était intergranulaire sur 98 % de l'épaisseur de la paroi (voir photo 3) et correspondait à une fissuration par corrosion sous contrainte.
- Les contraintes résiduelles de soudage étaient fort probablement à l'origine des contraintes de traction régissant le comportement de la fissuration.
- La fissure s'était propagée par fatigue dans le 2 % restant de l'épaisseur de la paroi.

Photo 1. Fissure vue sur la surface extérieure de la conduite

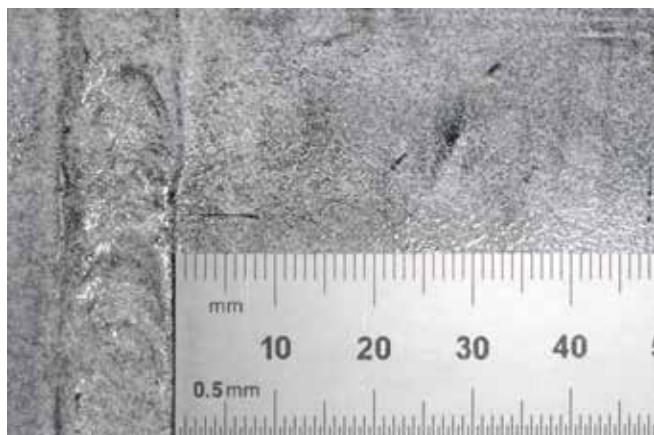


Photo 2. Fissure vue sur la surface intérieure de la conduite

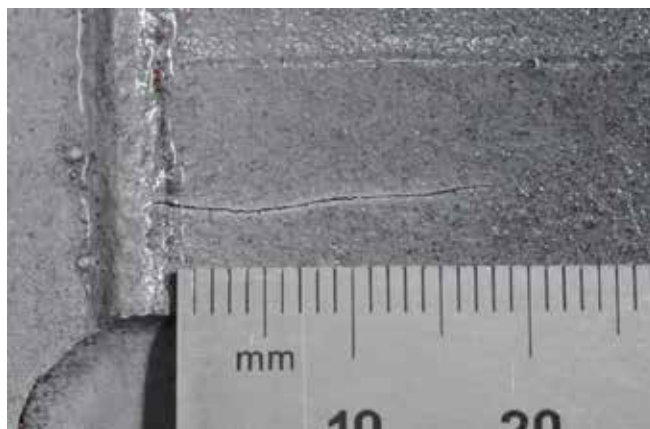
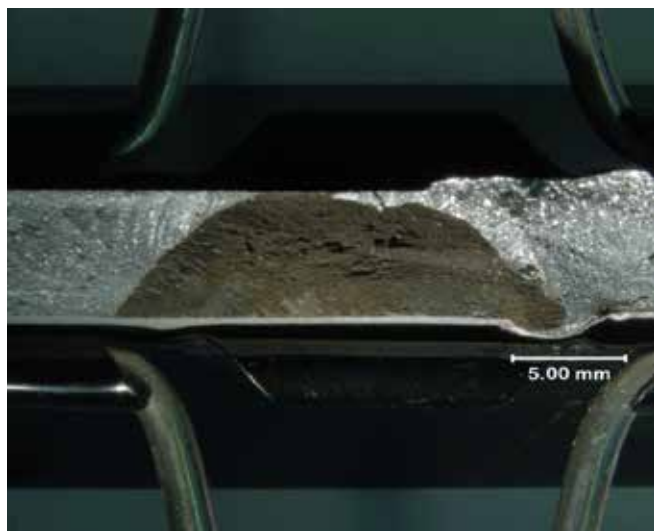


Photo 3. Face de la fissure



## *Fissuration par corrosion sous contrainte*

La fissuration par corrosion sous contrainte (FCC) est une fissuration induite dans un matériau sensible sous l'influence conjuguée d'une contrainte de traction, résiduelle ou appliquée, et d'un milieu corrosif. Un trajet de fissuration intergranulaire et une fissuration ramifiée dans la microstructure du métal de base sont quelques-unes des caractéristiques de la FCC.

Des contraintes résiduelles peuvent être introduites dans le matériau durant le soudage, la déformation à froid, le formage, le traitement thermique et le meulage. Une FCC peut se produire sur la surface externe ou interne de la conduite. Une FCC interne peut se produire lorsqu'il y a un milieu interne corrosif.

## *Défaillances antérieures sur la canalisation 21 attribuées à une fissuration interne par corrosion sous contrainte*

La canalisation 21 a connu 2 défaillances découlant de particularités traversant la paroi attribuées à une FCC interne. La première défaillance a été décelée à la borne kilométrique 491 le 4 mai 1992, et la seconde, à la borne 380,4 le 9 mai 2011. Les deux défaillances se sont produites sur le tronçon de la canalisation situé entre Wrigley et Mackenzie. De plus, ces défaillances avaient pris naissance sur la surface interne de la conduite, près du joint circulaire, dans le quadrant supérieur de la conduite. En juin 2011, l'Office national de l'énergie (ONE) a lancé une enquête sur la défaillance survenue en mai 2011, à la borne 380,4. Cette enquête est toujours en cours.

Un résumé des défaillances de conduites antérieures, y compris les mesures de suivi d'Enbridge et de l'Office national de l'énergie (ONE), est présenté ci-dessous.

### *Défaillance de conduite à la borne kilométrique 491 (mai 1992)*

La conduite à la borne 491 a été réparée en mai 1992, au moyen d'un manchon de réparation PLIDCO. En janvier 1993, une section de la canalisation comprenant le manchon a été coupée et envoyée à Canspec Group Inc. à Edmonton (Alberta) pour des essais métallurgiques. CANSPEC a conclu que la fissure s'était produite en raison d'une FCC et que la fissuration s'était probablement produite lors des essais de la canalisation après la construction. Enbridge a également demandé à Cortest Columbus Technologies Inc. (CC Technologies), à Columbus (Ohio) d'effectuer des essais métallurgiques sur la défaillance. CC Technologies a conclu que la défaillance s'était produite en raison d'une FCC interne.

### *Défaillance de conduite à la borne kilométrique 380,4 (mai 2011)*

La conduite à la borne 380,4 a été réparée initialement en mai 2011, au moyen d'un manchon de réparation PLIDCO. En février 2012, la section de la canalisation a été coupée et envoyée à DNV, à Dublin (Ohio) pour des essais métallurgiques. DNV a conclu que la fissure avait pris naissance et progressé sur presque toute l'épaisseur de la paroi en raison d'une FCC, et qu'elle avait fini par la traverser sous l'effet de la fatigue. DNV a noté qu'étant donné que le pétrole brut et les produits pétroliers ne sont pas réputés pour causer des FCC, la fissuration peut s'être produite avant la mise en service de la canalisation en 1985.

À la suite de la défaillance survenue en mai 2011, Enbridge a pris plusieurs mesures d'atténuation, notamment :

- des restrictions de pression;
- des patrouilles aériennes hebdomadaires pendant 4 semaines après la remise en service du 20 mai 2011;
- trois inspections internes (II) en vue de déceler la présence possible de fissures axiales, effectuées par 2 fournisseurs d'outils d'inspection interne différents, ont débuté en octobre 2011;
- un programme d'enquête approfondie;
- de fréquentes inspections internes de détection des fissures.

L'ONE a délivré l'ordonnance SO-E102-002-2011 en juin 2011, laquelle avait pour effet d'imposer une restriction de la pression maximale de service dans la canalisation 21 à

- 7735 kPa pour le tronçon entre Norman Wells et Wrigley;
- 5723 kPa pour le tronçon entre Wrigley et Mackenzie;
- 5068 kPa pour le tronçon entre Mackenzie et Zama.

L'ONE a imposé à Enbridge de fournir une évaluation technique de la canalisation 21 avant de soumettre une demande de levée des restrictions de pression, ou au plus tard le 31 décembre 2012, selon la première éventualité. L'objectif de l'évaluation technique consistait à déterminer si la canalisation 21 était apte au service prévu à des pressions réduites. Le 18 décembre 2012, Enbridge a soumis une évaluation technique à l'examen de l'ONE, démontrant que la canalisation 21 était apte au service prévu aux pressions réduites.

En août 2012, Enbridge a volontairement réduit davantage la pression à 4744 kPa pour le tronçon de la canalisation 21 reliant Mackenzie et Zama. Le 8 mars 2013, l'ONE a délivré l'ordonnance AO-001-SO-E102-002-2011, laquelle a pour effet d'obliger Enbridge à réaliser une évaluation technique de la canalisation 21 pour indiquer que le pipeline est apte au transport prévu avant de demander l'autorisation de lever les restrictions de pression, ou au plus tard le 31 décembre 2013, selon la première éventualité. Le 23 décembre 2013, Enbridge a présenté à l'ONE une évaluation technique de la canalisation 21, démontrant que le pipeline était apte au service prévu à des pressions réduites.

### *Inspection interne de détection des fissures*

Entre le mois d'octobre 2011 et le mois de février 2012, Enbridge a fait inspecter la canalisation 21 à l'aide d'un outil d'inspection interne de détection des fissures par ultrasons. Ce type d'outil d'inspection interne comprend des capteurs, des organes électroniques, ainsi que des fonctions d'enregistrement et de sortie. Il est conçu pour déceler, dans la paroi de la conduite, les fissures axiales et les particularités assimilables à une fissure, comme une FCC externe ou interne, dont la longueur et la profondeur sont égales ou supérieures aux seuils précisés par le fournisseur de l'outil. L'outil permet de détecter et de dimensionner avec précision des fissures ou des particularités s'apparentant à une fissure dont la longueur et la profondeur sont égales ou supérieures aux seuils de l'outil. L'algorithme de mesure de profondeur est fondé sur une corrélation entre le niveau de son transmis par une particularité à chacun des capteurs de l'outil et la taille de la particularité. Dès qu'une particularité dépasse

une certaine profondeur précisée par le fournisseur, l'algorithme de mesure ne peut plus évaluer distinctement la profondeur en fonction des ultrasons. L'outil aurait atteint sa limite de saturation. Les particularités qui dépassent la limite de saturation de l'outil sont désignées comme étant « saturées ». Dans le cas des 2 outils utilisés sur la canalisation 21, les profondeurs correspondant aux limites de saturation étaient de 3 mm pour un outil et de 4 mm pour l'autre. Autrement dit, la limite de saturation de l'outil ne permettait pas d'indiquer une particularité « traversant la paroi », seulement des particularités « saturées ».

Selon son analyse des particularités de fuite des défaillances antérieures sur la canalisation 21, et d'autres points de données fournis par des examens non destructifs et des inspections internes, Enbridge a déterminé que certaines particularités profondes s'apparentant à une fissure sur la canalisation 21 pouvaient ne pas atteindre le seuil minimal de longueur de l'outil d'inspection interne. Enbridge a donc travaillé en étroite collaboration avec des fournisseurs d'outils d'inspection interne pour optimiser les capacités des outils d'un point de vue de la détection et a élaboré un système de classement de gravité permettant de distinguer les fissures profondes et peu profondes des courtes particularités. Enbridge a également déterminé que, du point de vue analytique, les outils d'inspection interne ne permettaient pas de mesurer la profondeur à proximité des joints circulaires.

Au début de 2012, compte tenu des résultats des inspections internes de détection des fissures par ultrasons, Enbridge a délimité 19 emplacements sur la canalisation 21 où elle a effectué et terminé les fouilles d'enquête. En raison de l'emplacement plus nordique de ce pipeline, les conditions d'emprise ne permettent l'excavation qu'en période de gelée du sol, soit entre le début de janvier et la fin de mars. Les 19 emplacements ont été choisis en fonction des indications internes ou externes assimilables à des fissures à proximité d'un joint circulaire.

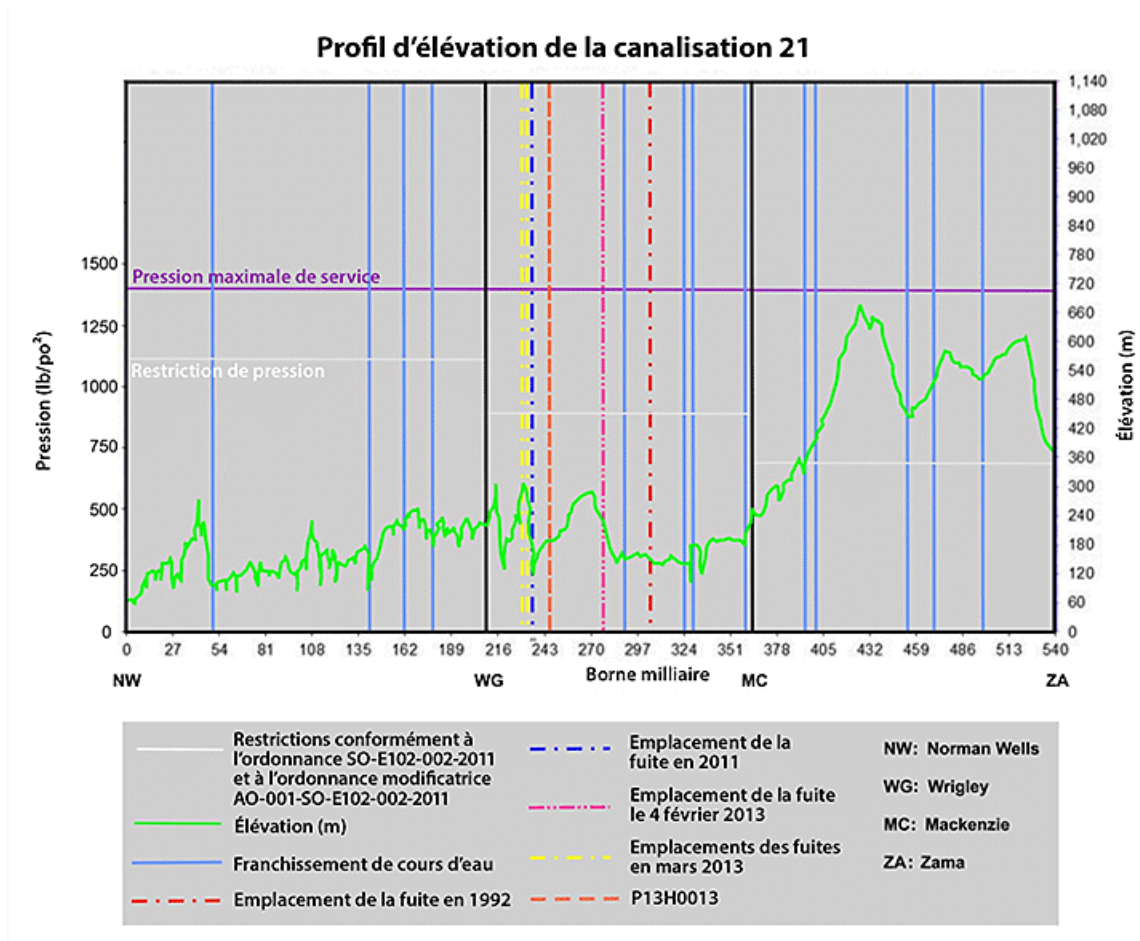
À l'hiver 2012–2013, 60 emplacements supplémentaires, dont un à la borne kilométrique 391, ont été choisis pour excavation (fouilles d'enquête). Ces emplacements ont été déterminés en fonction des résultats des inspections internes de détection des fissures par ultrasons réalisées en 2011-2012, et des résultats obtenus lors des 19 fouilles d'enquête effectuées au début de 2012. Lors de la sélection des emplacements pour son programme de fouille, Enbridge a élaboré une approche fondée sur la probabilité, indépendante des capacités de mesure de l'outil d'inspection interne. Cette approche a permis d'améliorer la probabilité de détecter dans le pipeline les défauts présentant un intérêt.

Le programme d'excavation de l'hiver 2012–2013 a révélé des sols contaminés dans 3 autres emplacements ciblés (bornes kilométriques 382, 387 et 457), en plus du sol contaminé découvert à la borne 391. Ces 3 autres emplacements comportaient des fissures traversant la paroi, mais aucune de ces fissures n'a révélé de fuite au moment de l'excavation. Les fissures étaient axiales, relativement courtes et situées très près d'un joint circulaire. Une section de la conduite fissurée à la borne kilométrique 457 a été coupée pour des essais plus approfondis. Les 2 autres emplacements, aux bornes kilométriques 382 et 387, ont été réparés au moyen d'un manchon et devaient être utilisés à des fins d'étalonnage et de vérification (p. ex. lors d'inspections internes ultérieures).

La figure 2 est une représentation graphique de la canalisation 21 (entre Norman Wells et Zama), comprenant l'élévation, la pression maximale de service, les restrictions de pression imposées par l'ONE et les emplacements des récentes sections de conduites (2011 à 2013) avec des sols contaminés.



Figure 2. Profil d'élévation indiquant l'emplacement des fissures



### *Programmes d'essais expérimentaux sur la fissuration par corrosion sous contrainte menés par Enbridge*

À la suite de la défaillance survenue sur la canalisation 21 en mai 2011, Enbridge a entrepris un programme d'essais expérimentaux et analytiques afin d'examiner les effets du méthanol et les conditions environnementales à l'origine des FCC intergranulaires dans la conduite de la canalisation 21. Les résultats de cette analyse ont été résumés dans un document<sup>2</sup> qui a été présenté dans le cadre de la conférence CORROSION 2014 de la National Association of Corrosion Engineers (NACE).

Dans le cadre du programme d'essais en laboratoire, 13 échantillons entaillés ont été usinés à partir d'un joint de conduite qui avait été retiré de la canalisation 21 au début de 2012. Chaque échantillon a fait l'objet d'essais de traction à faible vitesse de déformation dans une solution de méthanol, d'eau, d'acide formique et de chlorure. Les compositions de la solution variaient entre les échantillons. Ces solutions étaient destinées à reproduire l'environnement interne du

<sup>2</sup> Mohamed R. Chebaro, Barbara N. Padgett, John A. Beavers, et coll. [communication], NACE-2014-3985, *Methanol-induced Internal Stress Corrosion Cracking in a Northern Petroleum Pipeline*, CORROSION 2014 (San Antonio, Texas : NACE International, 2014), pages 1 à 18.

pipeline sur la canalisation 21 au moment de l'essai à air comprimé de 1985. Voici les résultats obtenus en laboratoire :

- Des 13 échantillons, 6 ont subi une fissuration transgranulaire, 5 ont subi une fissuration intergranulaire et 2 ne présentaient aucune fissuration.
- Une fissuration transgranulaire s'est produite dans les 6 échantillons examinés dans des solutions contenant diverses quantités de chlorures ajoutées.
- Les échantillons qui présentaient une fissuration intergranulaire montraient également une fissuration secondaire.
- L'échantillon examiné dans une solution contenant 4 % d'eau par volume ne présentait aucune fissure.

Les résultats de ces essais en laboratoire indiquent qu'une fissuration intergranulaire peut être induite par le méthanol lorsque les conditions appropriées de milieu et de contrainte sont réunies.

### *Autres essais effectués en laboratoire par Enbridge*

Enbridge a entrepris un projet d'essais en laboratoire afin de mieux comprendre la distribution radiale, axiale et circonférentielle des contraintes résiduelles à proximité des joints circulaires sur la canalisation 21. Les résultats de ces essais indiquent que les contraintes circonférentielles résiduelles de traction culminaient à environ 77 % de la limite élastique minimale spécifiée à la surface interne de la conduite.

Enbridge a également mené un programme d'essais en laboratoire à pleine échelle pour caractériser les pressions de déclenchement de fuite et les taux de fuite associés aux fissures qui traversent les parois de la canalisation 21. Les résultats de ces essais indiquent que les pressions de déclenchement de fuite dépassaient les restrictions de pression réduites imposées par l'ONE sur le tronçon de pipeline entre Wrigley et Mackenzie.

## *Analyse*

La défaillance du pipeline à la borne kilométrique 391 s'est produite dans une fissure traversant la paroi, près d'un joint circulaire. Puisque la fissure a pris naissance sur la surface interne de la conduite, le milieu corrosif nécessaire à l'amorçage et à la propagation d'une fissuration par corrosion sous contrainte (FCC) doit avoir été fourni par le contenu du pipeline. Étant donné que le pétrole brut transporté par la canalisation 21 n'a pas la réputation de produire un tel milieu, il est probable que le milieu était présent avant la mise en service de la canalisation, en 1985. Les essais en laboratoire menés par Enbridge indiquent que, dans des conditions particulières de milieu et de contrainte, une fissuration intergranulaire induite par le méthanol peut se produire dans certaines conduites en métal.

Une défaillance de fatigue peut se produire dans une conduite en raison de l'imposition répétée des contraintes à un niveau inférieur à la limite élastique du matériau de la conduite. Les défaillances de fatigue sont plus susceptibles de se produire à la hauteur d'un défaut préexistant, comme une fissure. Dans le présent événement, puisque la profondeur de la fissure initiale se prolongeait à travers 98 % de l'épaisseur de la paroi de la conduite, la fatigue due à l'exploitation normale du pipeline a causé la propagation de la fissure, malgré les faibles cycles de pression sur la canalisation 21.

### *Inspection interne de détection des fissures*

Les outils d'inspection interne de détection des fissures par ultrasons sont conçus pour déceler, dans la paroi de la conduite, les fissures axiales et les particularités s'apparentant à une fissure (p. ex. une FCC externe ou interne) dont la longueur et la profondeur sont égales ou supérieures aux seuils précisés par le fournisseur de l'outil. Dans le présent événement, les résultats obtenus au moyen de ces outils ont servi à déterminer et à sélectionner les emplacements pour le programme de fouille d'enquête d'Enbridge. Les emplacements ont été choisis en fonction de critères particuliers, où des indications d'intérêt s'apparentant à une fissure étaient décelées à proximité d'un joint circulaire. Certains des endroits excavés présentaient une fissure traversant la paroi; toutefois, en raison notamment de la proximité du joint circulaire et de la longueur limitée de la fissure, l'outil d'inspection interne par ultrasons n'a pas permis d'établir d'indications saturées.

En ce qui concerne le défaut à la borne kilométrique 391, l'analyse des données de l'inspection interne 2011-2012 n'a pas pu établir si le défaut atteignait environ 98 % de l'épaisseur de la paroi au moment de l'inspection et aurait nécessité une réparation immédiate. Les outils d'inspection interne des fissures par ultrasons ne permettent pas de dimensionner avec précision les défauts courts situés très près d'un joint circulaire. Puisque des mesures supplémentaires sont requises pour améliorer la probabilité de détecter les défauts d'intérêt, Enbridge a élaboré une approche fondée sur la probabilité, indépendante des capacités de mesure des outils, pour sélectionner les emplacements en vue du programme de fouille.

## *Faits établis*

### *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. La défaillance du pipeline à la borne kilométrique 391 s'est produite dans une fissure traversant la paroi, près d'un joint circulaire.
2. Le défaut découlait d'une fissuration interne par corrosion sous contrainte sur 98 % de l'épaisseur de la paroi de la conduite.
3. Le défaut s'était probablement amorcé avant la mise en service de la canalisation 21 en 1985.
4. Le méthanol utilisé après l'essai à air comprimé au moment de la construction a probablement produit à l'intérieur de la conduite un milieu favorable à l'amorçage et à la propagation de la fissuration par corrosion sous contrainte.
5. La fissuration a pris naissance près du joint circulaire en raison des fortes contraintes résiduelles de traction sur le diamètre intérieur du pipeline à cet endroit.
6. La défaillance s'est propagée au 2 % restant de l'épaisseur de la paroi de la conduite en raison de la fatigue causée par l'exploitation normale du pipeline.

### *Autres faits établis*

1. Les défaillances du pipeline à la borne kilométrique 391 ainsi qu'aux bornes kilométriques 382, 387 et 457 ont été décelées dans le cadre de la réponse et de l'enquête d'Enbridge sur la fuite à la borne kilométrique 380,4.
2. Dans des conditions particulières de milieu et de contrainte, une fissuration intergranulaire induite par le méthanol peut se produire dans certaines conduites en métal.
3. Les outils d'inspection interne des fissures par ultrasons ne permettent pas de dimensionner avec précision les défauts courts situés très près d'un joint circulaire.

## *Mesures de sécurité*

### *Mesures de sécurité prises*

#### *Mesures de sécurité prises par l'Office national de l'énergie*

Le 22 mars 2013, l'Office national de l'énergie (ONE) a délivré l'ordonnance AO-002-SO-E102-002-2011, laquelle a pour effet d'obliger Enbridge à

- réaliser une évaluation technique supplémentaire du tronçon de la canalisation 21 reliant Wrigley à Mackenzie pour en examiner l'aptitude au service par rapport aux risques de fuites;
- déposer une évaluation des diverses technologies actuellement disponibles pour la détection des fuites en vue de déterminer la méthode la plus appropriée pour la canalisation 21;
- présenter un plan pour expliquer la technique et le moment de la mise en œuvre de la technologie sélectionnée;
- mener une évaluation en vue de détecter les fuites et la contamination des sols à l'aide de profils de sondage à tout autre site d'excavation qui ne sera pas évalué avant la période de débâcle du printemps 2013;
- poursuivre les consultations avec les diverses personnes potentiellement touchées, notamment les groupes autochtones, au sujet des incidents, de la remise en état et de toutes autres mesures nécessaires pour la canalisation 21.

#### *Mesures de sécurité prises par Enbridge*

Enbridge a respecté toutes les conditions de l'ordonnance AO-002-SO-E102-002-2011 et a intégré dans ses évaluations techniques un plan pour expliquer comment et quand elle mettra en œuvre les technologies de détection de fuites sur la canalisation 21. Enbridge a présenté le plan à l'ONE en juin 2013 et en décembre 2013.

#### *Mesures de sécurité prises par le Bureau de la sécurité des transports*

Le 14 février 2014, le Bureau de la sécurité des transports (BST) a envoyé un avis de sécurité à l'ONE, lui faisant part des résultats préliminaires du programme d'essais expérimentaux et analytiques d'Enbridge, visant à vérifier les effets du méthanol sur l'amorçage des fissures intergranulaires par corrosion sous contrainte (FCC) dans l'acier du pipeline.

En réponse, l'ONE a fait savoir qu'étant donné que le méthanol a été employé avec succès comme agent siccatif lors de la mise en service du pipeline, des analyses supplémentaires doivent être réalisées afin de vérifier si d'autres facteurs contribuent à la fissuration.

Enbridge a également indiqué que le méthanol pouvait éventuellement causer une FCC lorsque les contraintes sont suffisamment fortes à l'emplacement et que la teneur en eau est inférieure à la valeur prouvée efficace pour empêcher une FCC.

*Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 5 novembre 2014. Il est paru officiellement le 4 décembre 2014.*

*Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada ([www.bst-tsb.gc.ca](http://www.bst-tsb.gc.ca)) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les problèmes de sécurité des transports qui posent les plus grands risques aux Canadiens et aux Canadiennes. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.*