

Rapport présenté au ministre des Ressources naturelles

Office national
de l'énergie



National Energy
Board

Canada

Les meilleures technologies disponibles pour les pipelines de ressort fédéral

Le 30 septembre 2016

Rapport de l'Office
national de l'énergie

Table des matières

RÉSUMÉ	7
1.0 INTRODUCTION	10
1.1 Mandat	10
1.2 Objet et portée	10
1.2.1 Objet.....	10
1.2.2 Portée : Considérations environnementales et techniques	10
1.2.3 Définition de « pipeline »	11
1.3 Méthode	12
1.4 Aperçu de la réglementation fédérale des pipelines canadiens.....	12
1.5 Initiative sur les meilleures technologies disponibles et émergentes	13
1.6 Cycle de vie des pipelines.....	14
2.0 CONCEPTION	15
2.1 Conception des pipelines : considérations techniques.....	15
2.1.1 Évaluation de la faisabilité.....	15
2.1.2 Ingénierie de base	15
2.1.3 Modélisation des conditions de conception finale	16
2.1.3.1 Évaluation des risques.....	16
2.1.3.2 Analyse de la structure et de la résistance	17
2.1.3.3 Types de conception	17
2.1.4 Choix des matériaux	18
2.1.4.1 Acier haute résistance	18
2.1.4.2 Matériau composite.....	19
2.1.4.3 Thermoplastique renforcé	19
2.1.5 Prévention de la corrosion	20
2.2 Conception des pipelines : considérations environnementales.....	21
2.2.1 Évaluation environnementale.....	21
2.2.1.1 Évaluation environnementale des grands projets pipeliniers canadiens	22
2.2.1.2 Exemples de pratiques exemplaires en matière d'évaluation environnementale	22
2.2.1.3 Considérations techniques	26
2.2.1.4 Espèces en péril.....	27
2.2.1.5 Protection et rétablissement de l'habitat du caribou	29
2.2.2 Choix du tracé et de l'emplacement des installations	30
2.2.2.1 Processus de sélection du tracé	31

2.2.2.2	Principes guidant le choix du tracé et de l'emplacement des installations	31
2.2.2.3	Avantages des aménagements linéaires existants	31
2.2.2.4	Optimisation du choix du tracé et de l'emplacement des installations	32
2.2.3	Réduction de l'empreinte du projet.....	33
2.2.3.1	Incidence du diamètre du pipeline	33
2.2.3.2	Stratégie de conception	33
2.2.3.3	Stratégie d'accès	34
2.2.4	Choix d'équipement.....	34
2.2.4.1	Réduction des émissions atmosphériques (y compris les GES)	35
2.2.4.2	Réservoirs de stockage.....	35
3.0	FABRICATION DES CONDUITES	36
3.1	Types de conduites (y compris le soudage par joints).....	36
3.2	Revêtements.....	37
3.3	Entreposage.....	37
4.0	PLANIFICATION ET CONSTRUCTION	38
4.1	Planification et construction : considérations techniques	38
4.1.1	Conduites en surface	38
4.1.2	Conduites souterraines	39
4.1.3	Débroussaillage, essouchement et décapage.....	39
4.1.4	Excavation de tranchées.....	40
4.1.5	Entreposage et transport des conduites	40
4.1.6	Bardage	41
4.1.7	Cintrage.....	41
4.1.8	Soudage et inspection des soudures	42
4.1.8.1	Soudage manuel et semi-automatique	42
4.1.8.2	Soudage automatique ou mécanisé	43
4.1.9	Revêtement des soudures circulaires	44
4.1.10	Évaluation non destructive : radiographie (rayon X), ultrasons et essais et examens du revêtement.....	44
4.1.11	Mise en place et remblayage.....	45
4.1.12	Forage directionnel horizontal et microtunnelage	46
4.1.12.1	Forage directionnel horizontal	46
4.1.12.2	Forage à la tarière.....	47
4.1.12.3	Microtunnelage	47

4.1.13 Derniers raccordements (et méthodes de soudage spécifiques).....	47
4.2 Planification et construction : considérations environnementales.....	48
4.2.1 Matériaux écologiques.....	48
4.2.2 Pollution sonore et lumineuse.....	49
4.2.3 Calendrier de construction.....	50
4.2.3.3 Mesures d'atténuation relatives à la construction en période d'activités restreintes.....	51
4.2.3.4 Documents sur les périodes particulières.....	51
4.2.4 Gestion du sol.....	52
4.2.4.1 Manipulation du sol.....	52
4.2.4.2 Contrôle de l'érosion et des sédiments.....	53
4.2.4.3 Mesures courantes de contrôle de l'érosion et des sédiments.....	53
4.2.5 Construction à faible incidence.....	54
4.2.5.1 Pratiques à faible incidence.....	55
4.2.6 Gestion des roches acides.....	55
4.2.7 Franchissements de cours d'eau.....	56
4.2.7.1 Franchissement souterrain sans tranchée.....	56
4.2.7.2 Franchissement en surface.....	56
4.2.7.3 Franchissement avec tranchée isolée.....	57
4.2.7.4 Franchissement avec tranchée dans le cours d'eau.....	57
4.2.8 Gestion des espèces envahissantes.....	59
4.2.8.1 Réduction du risque de propagation des espèces envahissantes.....	59
4.2.9 Protection de l'usage des terres et des ressources à des fins traditionnelles par les Autochtones.....	60
4.2.10 Réduction des émissions de gaz à effet de serre et de méthane issues de la construction.....	62
4.2.11 Remise en état de l'emprise.....	63
4.2.11.1 Pratiques de remise en état.....	63
4.2.11.2 Techniques de remise en état.....	63
4.2.11.3 Remise en état des sites des installations.....	64
5.0 MISE EN SERVICE.....	65
5.1 Épreuve hydrostatique.....	65
5.1.1 Procédure.....	65
5.1.2 Mesures de protection de l'environnement pour le prélèvement et l'évacuation de l'eau.....	65

5.2 Nettoyage et séchage	67
5.3 Inspection interne de base.....	68
6.0 EXPLOITATION.....	69
6.1 Exploitation : considérations techniques	69
6.1.1 Surveillance de l'état du pipeline.....	69
6.1.1.1 Inspection interne.....	69
6.1.1.2 Épreuve hydrostatique en service	72
6.1.1.3 Évaluation directe	73
6.1.1.4 Détection des fuites.....	74
6.1.2 Évaluation de l'intégrité.....	76
6.1.2.1 Évaluation des risques.....	76
6.1.2.2 Évaluation des défauts.....	77
6.1.2.3 Réparation des défauts.....	78
6.1.3 Enquête sur les défaillances	79
6.2 Exploitation : considérations environnementales	79
6.2.1 Surveillance post-construction des caractéristiques environnementales	79
6.2.2 Pollution sonore et lumineuse.....	80
6.2.3 Contrôle de l'érosion et des sédiments	81
6.2.4 Affaissement du sol recouvrant le pipeline.....	82
6.2.4.1 Prévention de l'affaissement.....	82
6.2.4.2 Travaux dans les pentes	83
6.2.5 Patrouille de canalisation	83
6.2.6 Contrôle de l'accès des véhicules à l'emprise	84
6.2.7 Espèces envahissantes.....	85
6.2.8 Conservation des espèces rares durant les activités d'entretien.....	85
6.2.9 Gestion des émissions atmosphériques	86
6.2.9.1 Gestion des émissions atmosphériques durant l'étape de la conception.....	86
6.2.9.2 Purge sous pression.....	87
6.2.9.3 Réduction des émissions atmosphériques durant l'étape de l'exploitation	87
6.2.10 Évaluation, réhabilitation et surveillance des sites contaminés	88
6.2.10.1 Évaluation de la présence de contaminants	88
6.2.10.2 Contamination du sol	89
6.2.10.3 Traitement des eaux souterraines contaminées par des hydrocarbures pétroliers	89

6.3	Exploitation : gestion des urgences.....	90
6.3.1	Intervention en cas d'urgence ou de déversement	91
6.3.1.1	Techniques, produits et équipement de nettoyage	91
6.3.1.2	Remise en état et réhabilitation	93
6.3.1.3	Élimination des matières ayant servi à une intervention en cas de déversement	93
7.0	DÉSACTIVATION, DÉSAFFECTATION ET CESSATION D'EXPLOITATION	95
7.1	Désactivation.....	95
7.2	Cessation d'exploitation.....	95
7.2.1	Méthode	95
7.2.1.1	Choix d'une méthode de cessation d'exploitation	95
7.2.1.2	Autres facteurs importants	96
7.2.1.3	Autres considérations environnementales.....	96
7.2.1.4	Effets environnementaux potentiels à long terme	97
7.3	Incidence environnementale du recyclage et de l'élimination des pipelines.....	99
7.4	Remise en état des sites des stations et des pipelines	99
7.4.1	Interventions de remise en état sur l'emprise.....	99
7.4.2	Remise en état des installations	100
8.0	SONDAGE AUPRÈS DES PARTICIPANTS	101
9.0	CONCLUSION	103
	ANNEXE A	104
	ANNEXE B	106
	ANNEXE C	108
	LISTE D'ABRÉVIATIONS.....	114
	GLOSSAIRE.....	117
	RÉFÉRENCES	134

RÉSUMÉ

Contexte

Le 5 février 2015, le ministre des Ressources naturelles a demandé à l'Office national de l'énergie de lui présenter un rapport sur les meilleures technologies disponibles (MTD) pour les pipelines de ressort fédéral, qui serait notamment axé sur les matériaux et les méthodes de construction des pipelines, la gestion des urgences et les technologies émergentes. Au printemps 2016, quelques mois après l'élection d'un nouveau gouvernement, le nouveau ministre a modifié la portée du rapport pour y inclure les considérations environnementales.

Objet

Le présent rapport est un condensé de l'information sur les meilleures technologies disponibles et émergentes du secteur pipelinier, y compris les pratiques exemplaires et les outils, recueillie auprès d'experts du secteur, du milieu universitaire, d'autres gouvernements et de l'Office national de l'énergie. Fourni à titre de référence, il vise à éclairer le ministre des Ressources naturelles sur l'état actuel de la technologie pipelinère, en particulier celle concernant la sécurité et l'environnement.

Portrait

Le rapport dresse le portrait des meilleures technologies disponibles et émergentes issues de la recherche et développement, dont les avancées contribuent grandement à la sécurité des pipelines. Toutefois, ces avancées ne peuvent à elles seules assurer ni l'intégrité des pipelines et des installations, ni la sécurité des personnes, ni la protection de l'environnement. Comme pour n'importe quelle technologie, l'important, c'est l'usage qu'on en fait. Les résultats dépendent clairement d'une *combinaison* de facteurs technologiques, humains et organisationnels qui doivent être pris en compte dans tous les aspects du fonctionnement des pipelines.

Le présent rapport est le fruit de recherches et de consultations, mais comme la technologie évolue rapidement, il ne constitue qu'un portrait instantané des technologies émergentes et en usage dans les pipelines de ressort fédéral en date de sa rédaction. Il convient donc d'en interpréter le contenu, non exhaustif, dans ce contexte.

Mandat de l'Office

L'Office :

- entend s'adapter aux technologies émergentes et aux avancées scientifiques et viser l'excellence en matière de réglementation dans tout ce qu'il fait;
- réglemente les pipelines, la mise en valeur des ressources énergétiques et le commerce de l'énergie dans le cadre du mandat conféré par le Parlement;
- rend compte au Parlement par l'entremise du ministre des Ressources naturelles.

Conformément au mandat de l'Office, ce rapport traite des questions techniques et environnementales afférentes aux pipelines régis par la *Loi sur l'Office national de l'énergie* et le *Règlement de l'Office national de l'énergie sur la prévention des dommages aux pipelines (régime d'autorisation)* [le *Règlement (régime d'autorisation)*].

Structure du rapport

Ce rapport examine les meilleures technologies disponibles et émergentes pour chaque étape du cycle de vie des pipelines. Chaque chapitre correspond à une étape : 1) conception, 2) fabrication des conduites, 3) planification et construction, 4) mise en service, 5) exploitation et 6) désactivation, désaffectation et **cessation d'exploitation***. Cette structure donne un portrait global des technologies et des questions techniques et environnementales qui en découlent.

L'étape de la conception comprend divers processus visant à s'assurer que le choix de la structure physique et du tracé du pipeline, ainsi que de l'emplacement des installations connexes, ne compromet pas la sécurité des personnes ni de l'environnement. Cette étape comprend notamment l'étude des pratiques d'ingénierie de base, l'évaluation des risques, l'analyse de la structure et de la résistance du pipeline ainsi que le choix des matériaux. Pour éviter que la construction et l'exploitation ne nuisent à l'environnement, on réalise des évaluations environnementales afin de trouver les moyens d'atténuer au mieux les effets environnementaux du pipeline tout au long de son cycle de vie, en particulier sur les espèces en péril et les caractéristiques environnementales vulnérables. Les considérations environnementales comprennent également le choix du tracé, de l'emplacement des installations et du matériel, dans le souci de réduire au minimum l'empreinte du projet.

Durant l'étape de la fabrication, on choisit le type de conduite, le revêtement et les techniques de stockage qui contribueront à l'intégrité du pipeline et, par le fait même, à la sécurité des personnes et à la protection de l'environnement.

L'étape de la planification et de la construction sert à étudier diverses questions techniques, notamment l'aménagement de la canalisation (p. ex., le stockage et le transport des conduites, l'excavation de tranchées pour loger les conduites souterraines, le cintrage des conduites, leur abaissement dans les tranchées, leur assemblage par soudage, l'inspection de leur intégrité à la suite de l'installation et les autres techniques de forage possibles pour contourner les caractéristiques vulnérables telles que les plans d'eau). Cette étape est particulièrement importante pour l'atténuation des effets environnementaux, dont on établit alors les différents aspects (p. ex., l'utilisation de matériaux écologiques, l'atténuation de la pollution sonore et lumineuse, le calendrier de construction et les mesures d'atténuation pour les périodes d'activités restreintes, la gestion des sols, des franchissements de cours d'eau et des espèces envahissantes, la protection des terres et des ressources utilisées à des fins traditionnelles par les groupes autochtones, la réduction des émissions de gaz à effet de serre et les méthodes de remise en état du site).

L'étape suivante est la mise en service, durant laquelle on effectue les derniers essais détaillés et l'inspection de la canalisation pour vérifier qu'elle est en bon état de fonctionnement (p. ex., une épreuve hydrostatique suivie du nettoyage et de l'assèchement de la canalisation et d'une inspection interne de base).

* Les termes en **gras** sont définis dans le glossaire du présent rapport.

Les questions techniques et environnementales examinées durant l'étape de l'exploitation rejoignent un peu celles de l'étape de la construction, mais l'atténuation des répercussions à long terme de l'exploitation d'un pipeline ou d'une installation pourrait nécessiter une combinaison de technologies différente de celle utilisée pour les répercussions temporaires de la construction. Les questions techniques sont surtout axées sur l'inspection de l'intégrité du pipeline. Les questions environnementales comprennent quant à elles la surveillance environnementale, la réduction de la pollution sonore et lumineuse durant les activités courantes, le contrôle de l'érosion et de la sédimentation, l'atténuation de l'affaissement du sol, la patrouille de la canalisation, la conservation des espèces rares, la gestion des émissions atmosphériques et les mesures d'atténuation et d'intervention en cas de contamination du sol et de l'eau. On peut également accorder une importance particulière à la gestion des urgences, notamment au nettoyage, à la réhabilitation et à la remise en état du site ainsi qu'à l'élimination des matières dangereuses.

La dernière étape du cycle de vie regroupe la désactivation, désaffectation et cessation d'exploitation; on examine donc les questions techniques et environnementales ayant trait à la sécurité de ces opérations. La société exploitante doit notamment décider si elle enlèvera complètement ou partiellement le pipeline, ou si elle le laissera sur place, suivant les résultats de son évaluation des répercussions potentielles de chaque option sur les terres et l'environnement.

Sources d'information

L'Office a mené un processus de consultation externe en deux phases auprès d'acteurs et d'associations du secteur, d'organismes gouvernementaux et d'universitaires*, qui lui ont fourni de l'information sur les meilleures technologies disponibles et émergentes, leur rythme d'adoption et le rôle que devraient jouer, selon eux, les organismes de réglementation et l'industrie dans la diffusion des renseignements sur les meilleures technologies disponibles.

Les réponses aux questions sur les considérations techniques étaient axées sur la prévention des fuites.

Les principales **considérations environnementales** soulevées par les personnes interrogées étaient :

- la prévention des fuites et les procédures d'intervention;
- les techniques de conception et de planification propices à l'atténuation des effets environnementaux;
- les répercussions sur les plans d'eau et les terres agricoles;
- la gestion des déchets et la **cessation d'exploitation** des pipelines;
- la gestion des émissions atmosphériques.

Les personnes interrogées ont décrit les technologies les plus efficaces relativement à chacun de ces aspects. Chaque section du présent rapport se fonde sur leurs réponses et sur les travaux de recherche de l'Office.

* 35 répondants pour la phase un; 43 répondants pour la phase deux.

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mandat

Le 5 février 2015, le ministre des Ressources naturelles, faisant suite à une initiative annoncée en mai 2014, a demandé au président de l'Office d'entreprendre une étude sur les meilleures technologies disponibles pour les pipelines de ressort fédéral et de lui présenter un rapport à ce sujet (voir l'annexe A). Le rapport devait initialement porter sur les technologies relatives aux méthodes de construction, aux matériaux et aux techniques d'intervention d'urgence. Le 19 avril 2016, le ministre a étendu la portée du mandat pour y inclure les considérations environnementales (voir l'annexe B).

1.2 Objet et portée

1.2.1 Objet

Le présent rapport vise à informer le ministre des meilleures technologies disponibles et émergentes, y compris les pratiques exemplaires et les outils qui y sont associés, pouvant être utilisées pour la planification, la construction, l'exploitation et la cessation d'exploitation des pipelines de ressort fédéral. Le rapport présente ces technologies selon les différentes étapes du cycle de vie typique d'un pipeline et met l'accent sur la sécurité des Canadiens et la protection de l'environnement. Cependant, en raison de la grande diversité d'applications possibles de la technologie et de l'apparition rapide de technologies nouvelles et émergentes, le rapport ne peut faire un compte rendu complet de ces applications et technologies; il examine plutôt les technologies les plus répandues selon la surveillance réglementaire exercée par l'Office.

Le rapport n'est pas une analyse technique des technologies ni un document de réglementation à valeur normative, mais plutôt un document d'information et de communication décrivant les principales caractéristiques des meilleures technologies disponibles, aujourd'hui ou dans un avenir rapproché, et dont pourraient être dotés les pipelines de ressort fédéral.

Le rythme d'adoption des nouvelles technologies est lent, même lorsqu'elles sont éprouvées. Bon nombre de nouvelles technologies permettent de réduire les coûts ou créent de nouveaux débouchés, mais nombreuses sont également celles qui ne deviennent assez rentables pour être largement adoptées qu'après des années; c'est notamment le cas des technologies qui servent l'intérêt public, sans toutefois présenter d'avantages économiques pour leur utilisateur. La meilleure technologie disponible n'est donc habituellement adoptée que lorsqu'elle est rentable, qu'elle est requise par la réglementation ou qu'elle a un attrait particulier dans certains contextes (p. ex., pour qu'un projet soit perçu favorablement par la population locale).

1.2.2 Portée : Considérations environnementales et techniques

Selon le mandat confié à l'Office, le rapport doit faire état des considérations environnementales et techniques relatives aux pipelines régis par la *Loi sur l'Office national de l'énergie* et le *Règlement (régime d'autorisation)*. Il traite plus particulièrement :

- des conduites souterraines et en surface;

- de l'équipement et des éléments fixés aux conduites (principalement des **vannes de sectionnement et d'isolement**);
- des installations pipelinières telles que les stations de pompage pour les liquides et les stations de compression pour les gaz (aspect environnemental);
- de l'**emprise** des pipelines;
- des zones au-delà de l'emprise faisant l'objet de considérations environnementales, y compris les franchissements de cours d'eau.

Les pratiques courantes décrites dans le présent rapport correspondent généralement aux meilleures technologies disponibles, même si cela n'est pas expressément indiqué. De même, lorsqu'aucune technologie émergente n'est mentionnée, c'est que la pratique décrite fait partie des meilleures technologies disponibles, et qu'il y a donc matière à recherche pour réaliser d'autres avancées.

1.2.3 Définition de « pipeline »

La *Loi de l'Office national de l'énergie* définit le terme « pipeline » comme suit :

Canalisation servant ou destinée à servir au transport du pétrole, du gaz ou de tout autre produit, et reliant une province et une ou plusieurs autres provinces, ou s'étendant au-delà des limites d'une province ou de la zone extracôtière, au sens de l'article 123, y compris les branchements, extensions, citernes, réservoirs, installations de stockage ou de chargement, pompes, rampes de chargement, compresseurs, systèmes de communication entre stations par téléphone, télégraphe ou radio, ainsi que les ouvrages, ou autres immeubles ou meubles, ou biens réels ou personnels connexes, à l'exclusion des égouts ou canalisations de distribution d'eau servant ou destinés à servir uniquement aux besoins municipaux.

La section *Orientation* du *Règlement (régime d'autorisation)* donne la précision (ou l'interprétation) suivante :

Conduite – différence entre « conduite » et « pipeline »
 La définition de « pipeline » à l'article 2 de la *Loi sur l'Office national de l'énergie* s'applique à tout ce qui a trait au pipeline, ainsi qu'à tous les biens immeubles, y compris l'emprise. Lorsqu'on emploie le terme « pipeline », cela comprend la conduite et l'emprise. Le terme « conduite » se rapporte à la conduite même qui sert au transport d'**hydrocarbures** et d'autres produits.

La norme Z662-15* de l'Association canadienne de normalisation (CSA) donne quant à elle une définition plus restrictive :

Installations dans lesquelles on achemine des fluides de l'industrie pétrolière ou gazière comprenant les tuyaux, les composants et les autres dispositifs connexes fixés à ceux-ci de même que les vannes d'isolement utilisées dans les postes et autres installations.

1.3 Méthode

Ce rapport a été préparé en deux phases.

- Durant la **phase un**, on a effectué des recherches et consulté des acteurs et des associations du secteur, des universitaires et des organismes gouvernementaux pour définir les meilleures technologies disponibles et émergentes du génie pipelinier (construction, matériaux et gestion des urgences).
- Durant la **phase deux**, on a ajouté au rapport initial d'autres facteurs techniques et accordé une importance de premier plan aux considérations environnementales. On a effectué des recherches et des consultations internes et externes auprès des mêmes groupes que pour la phase un afin de définir les meilleures technologies disponibles.

Ce rapport est le fruit de recherches, du jugement professionnel de l'Office et des renseignements recueillis durant les deux phases de préparation. La section 8 *Sondages auprès des participants* indique les réponses de différentes parties prenantes à propos de l'adoption des technologies et du partage des responsabilités entre les organismes de réglementation et les sociétés relativement aux meilleures technologies disponibles.

1.4 Aperçu de la réglementation fédérale des pipelines canadiens

Les pipelines interprovinciaux ou internationaux sont soumis à la réglementation de l'Office, qui entend s'adapter aux technologies émergentes et aux avancées scientifiques et viser l'excellence en matière de réglementation dans tout ce qu'il fait. L'Office réglemente les pipelines, la mise en valeur des ressources énergétiques et le commerce de l'énergie en vertu du mandat conféré par le Parlement, à qui il rend compte par l'entremise du ministre des Ressources naturelles.

L'Office exerce ses fonctions de réglementation, entre autres, en :

- réglementant la construction et l'exploitation des pipelines internationaux et interprovinciaux;
- inspectant les pipelines à chaque étape de leur cycle de vie;
- enquêtant sur les incidents mettant en cause des pipelines;
- effectuant des vérifications auprès de chaque société pipelinrière.

Rôle des systèmes de gestion

Le *Règlement de l'Office national de l'énergie sur les pipelines terrestres* (RPT) oblige les sociétés à établir, à mettre en œuvre et à maintenir des systèmes de gestion et des programmes de

* Norme sur les réseaux de canalisations de pétrole et de gaz, qui est intégrée au RTP.

protection efficaces permettant de prévoir, de prévenir, de gérer et d'atténuer les conditions pouvant avoir une incidence négative sur la sécurité et la sûreté des pipelines, des employés de la société et du public, ainsi que des biens et de l'environnement. Les systèmes de gestion favorisent une démarche systématique pour gérer et réduire le risque de façon efficace et comprennent l'ensemble des structures organisationnelles, des ressources, des responsabilités, des politiques, des processus et des procédés dont dispose une organisation pour s'acquitter de toutes ses tâches relatives à la sécurité, à la sûreté et à la protection de l'environnement. Une solide culture de la sécurité repose sur un système de gestion conçu et mis en œuvre avec soin, lequel constitue une composante essentielle pour assurer la sécurité des personnes et la protection de l'environnement. Bien que les meilleures technologies disponibles et émergentes puissent jouer un rôle essentiel dans l'atténuation des risques, il importe de les gérer efficacement pour mieux protéger les personnes et l'environnement.

Élaboration d'initiatives et intégration des avancées

L'Office élabore des initiatives qui appuient son mandat et favorisent les échanges d'idées et de pratiques exemplaires pouvant améliorer les normes de conception, de construction et d'exploitation.

Dans le même esprit que l'article 1.8 de la norme CSA Z662, selon lequel la norme « ne vise pas à faire obstacle à la mise en œuvre de nouveaux appareillages ni à la mise au point de nouvelles pratiques, ni à prescrire la façon de traiter de telles innovations », l'Office encourage les sociétés à utiliser les meilleures technologies disponibles et émergentes, à condition de pouvoir démontrer qu'elles répondent aux exigences de rendement sans compromettre la sécurité des personnes et l'environnement. Grâce à cette démarche, l'Office est en mesure de rendre des décisions et de faire des recommandations qui sont au diapason des intérêts et des préoccupations de la population canadienne, en constante évolution.

1.5 Initiative sur les meilleures technologies disponibles et émergentes

Ce rapport vise à définir les meilleures technologies disponibles et émergentes pour les pipelines de ressort fédéral, mais comme la technologie évolue rapidement, il ne constitue qu'un portrait instantané de ces technologies en date de sa rédaction. Il convient donc d'en interpréter le contenu, non exhaustif, dans ce contexte.

L'un des premiers grands défis rencontrés par l'Office a été de définir les termes « meilleure technologie disponible » et « technologie émergente », compte tenu du large éventail de considérations techniques et environnementales qui sont ressorties de ses recherches et de ses consultations. Il existe différentes définitions qui reflètent les considérations environnementales^{1, 2, 3, 4, 5, 6}, mais très peu tiennent compte de l'aspect technique. Au terme de ses recherches et de ses consultations auprès de spécialistes des domaines technique et environnemental, l'Office a formulé les définitions suivantes, sur lesquelles se fonde ce rapport.

« **Meilleure technologie disponible** » désigne la combinaison de mesures et de stratégies la plus appropriée ou nécessaire pour assurer la sécurité des personnes et l'**atténuation** des effets environnementaux négatifs.

« **Meilleure** » signifie que la technologie offre un degré élevé de protection des personnes et de l'environnement.

« **Disponible** » signifie une technologie abordable, couramment adoptée ou obligatoire.

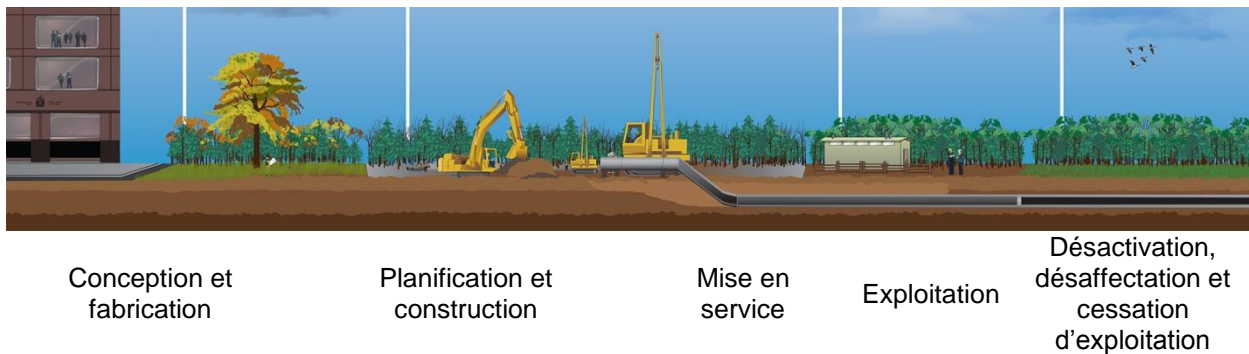
« **Technologie** », au sens large, désigne un ensemble de techniques, de compétences, de méthodes et de procédés.

« **Technologie émergente** » désigne une technologie en développement ou à l'essai qui devrait raisonnablement faire partie des meilleures technologies disponibles d'ici quelques années. Le rapport fait uniquement état des technologies qui devraient s'avérer plus avantageuses que les technologies actuelles d'un point de vue technique, environnemental et économique sous certaines conditions, précisées et confirmées par les essais et l'expérience. Le rapport présente ces technologies de façon générale pour éviter de faire la promotion d'un produit ou d'une société en particulier.

1.6 Cycle de vie des pipelines

Le cycle de vie des pipelines se découpe en plusieurs étapes. Le rapport est structuré de sorte à fournir de l'information sur les meilleures technologies disponibles à chacune des étapes suivantes :

- 2.0 Conception
- 3.0 Fabrication des conduites
- 4.0 Planification et construction
- 5.0 Mise en service
- 6.0 Exploitation
- 7.0 Désactivation, désaffectation et **cessation d'exploitation**



Cycle de vie des pipelines

Gestion des urgences

La gestion des urgences est un aspect important commun à plusieurs étapes du cycle de vie :

- Les étapes de la conception et de la planification comprennent des mesures d'**atténuation** des fuites ou des ruptures (c'est-à-dire des mesures assurant l'intégrité de la canalisation ainsi qu'un plan et des procédures d'intervention d'urgence adéquats).
- Les incidents nécessitant une **intervention d'urgence** se produisent principalement durant l'étape de l'exploitation, mais peuvent également survenir durant les étapes de la construction et de la désactivation, la désaffectation et la cessation d'exploitation.

Le rapport traite de la gestion des urgences, et plus précisément des interventions, au cours de l'étape de l'exploitation.

2.0 CONCEPTION

Durant l'étape de la conception, on étudie généralement la capacité, la stabilité, l'intégrité, le tracé, l'emplacement des installations, l'équipement et l'exploitabilité du pipeline, ainsi que les stratégies de prévention ou d'atténuation des répercussions négatives possibles pour assurer la sécurité des personnes et protéger l'environnement. Pour ce faire, on peut consulter d'autres instances, des peuples autochtones et des propriétaires fonciers afin de mieux connaître les effets interactifs entre l'environnement et le pipeline. Les sections qui suivent présentent des exemples de meilleures technologies disponibles d'un point de vue technique et environnemental.

2.1 Conception des pipelines : considérations techniques

La conception se divise généralement en trois éléments :

- la conception préliminaire pour évaluer la faisabilité;
- l'ingénierie de base;
- la conception finale.

Les méthodes de conception employées dépendent de l'ampleur et de la nature du projet. En général, les meilleures technologies disponibles interviennent uniquement dans la conception finale.

2.1.1 Évaluation de la faisabilité

L'évaluation de la faisabilité porte principalement sur les facteurs financiers et ne s'attarde généralement pas aux technologies.

2.1.2 Ingénierie de base

Une fois que la société exploitante souhaitant réaliser le projet en a établi la faisabilité, elle effectue l'ingénierie de base pour démontrer qu'il répondra à un besoin précis de la population canadienne, sans compromettre l'utilité publique. L'ingénierie de base doit être suffisamment détaillée pour que l'organisme de réglementation* puisse décider s'il recommande ou non l'approbation du projet au Parlement (dans le cas de l'Office).

* L'organisme de réglementation évalue la conception et la sécurité du projet, les questions environnementales, socioéconomiques et foncières, les répercussions sur les populations et les groupes autochtones directement touchés, la responsabilité financière du demandeur, la faisabilité économique et l'intérêt public canadien.

L'ingénierie de base peut comprendre des nouvelles technologies et préciser l'utilisation de technologies novatrices telles que la **méthode de validation de l'intégrité de rechange (MVIR)** ou la **conception basée sur la déformation**. Cependant, comme la société ne règle les détails qu'à la conception finale, il est rare que l'ingénierie de base fasse intervenir les meilleures technologies disponibles.

L'approbation d'un projet par l'organisme de réglementation est souvent assortie d'une liste de conditions que la société sera tenue de remplir durant la conception finale.

2.1.3 Modélisation des conditions de conception finale

La conception finale nécessite généralement une modélisation et des calculs poussés. La complexité de la conception varie selon les procédés employés et la situation. Pour modéliser la conception finale, la société exploitante :

1. évalue les risques associés aux défaillances possibles;
2. analyse la structure et la résistance du pipeline;
3. détermine le type de conception approprié selon l'analyse.

La présente section traite des meilleures technologies disponibles et émergentes pour l'évaluation des risques, l'analyse de la structure et de la résistance et la détermination du type de conception approprié.

2.1.3.1 Évaluation des risques

Les décisions de conception se fondent sur l'évaluation des risques. La société exploitante doit donc soupeser les risques inhérents à chaque étape du cycle de vie du pipeline pour déterminer les conséquences possibles et la probabilité qu'elles se matérialisent.

Durant l'étape de la conception, la société exploitante :

- évalue les répercussions de la construction sur les populations et l'environnement;
- propose des mesures pour réduire au minimum la probabilité des répercussions négatives.

Les méthodes d'évaluation non quantitative des risques conviennent mieux aux cas simples^{*}, par exemple :

- une *étude sur l'utilisation des terres* peut servir à déterminer la probabilité d'empiètement de propriétés résidentielles sur un pipeline lorsque les répercussions possibles sont importantes;
- une *estimation des coûts* peut servir à déterminer s'il faut augmenter la fiabilité de certains tronçons durant la construction ou ultérieurement durant l'exploitation.

^{*} Par exemple, une matrice de 5 x 5 devrait généralement suffire (comme l'indique l'annexe B de la norme CSA Z662-15).

Les méthodes d'évaluation quantitative des risques (EQR) conviennent mieux aux incertitudes de conception complexes qui pourraient, par exemple, entraîner un déversement majeur dans une zone écologiquement vulnérable ou la contamination de l'approvisionnement en eau potable d'une population. L'EQR est plus efficace si l'on dispose de données probantes sur la fréquence des défaillances et de solutions logicielles éprouvées*.

Technologies émergentes

Principalement en raison de sa rigueur systématique, l'EQR est de plus en plus utilisée à l'échelle mondiale, même pour les cas relativement simples.

2.1.3.2 Analyse de la structure et de la résistance

Une fois que l'on a déterminé le niveau de risque, les concepteurs doivent analyser les types de contraintes qui pourraient s'exercer sur le pipeline. La méthode d'analyse varie selon le nombre de contraintes et leur nature.

Dans les cas très simples, le demandeur peut répondre aux exigences de la réglementation des pipelines en faisant des analyses manuelles†.

En revanche, la plupart des configurations réalistes nécessitent des analyses assistées par ordinateur, en particulier les pipelines souterrains, où l'interaction entre les conduites et le sol a une grande incidence sur la réaction de la canalisation aux charges extérieures. Pour les pipelines souterrains soumis à la fois à une pression interne et à des charges extérieures (p. ex., des charges **géotechniques** ou thermiques qui risqueraient de déformer les conduites de façon permanente), il est presque toujours nécessaire d'utiliser des **méthodes d'analyse par éléments finis non linéaires** selon les éléments propres à la canalisation à l'étude.

2.1.3.3 Types de conception

Après avoir analysé les réactions possibles en ce qui a trait aux déplacements, aux déformations et aux contraintes, les concepteurs choisissent le type de conception le plus approprié parmi les suivants.

Conception axée sur les contraintes

On utilise ce type de conception lorsque les contraintes :

- demeurent essentiellement constantes au fil du temps (p. ex., le poids des canalisations et du sol qui les recouvrent);
- sont de nature opérationnelle (p. ex., la pression interne).

Dans ce type de conception, les contraintes admissibles sont fixées à une limite inférieure au seuil de déformation plastique de la canalisation. La conception axée sur les contraintes convient à la plupart des pipelines canadiens ordinaires.

* L'annexe O de la norme CSA Z662-15 (*Conception et évaluation fondées sur la fiabilité des canalisations terrestres servant au transport du gaz naturel non acide*) donne des lignes directrices sur l'utilisation des méthodes d'EQR.

† Par exemple, les cas décrits dans la norme CSA Z662-15.

Conception basée sur la déformation

La réglementation des pipelines se fonde généralement sur une approche axée sur les contraintes*, qui convient bien aux configurations courantes et simples. Cependant, les pipelines souterrains, fréquemment soumis à des charges induisant des contraintes supérieures à la limite permise pour ce type de conception, nécessitent une conception **basée sur la déformation** pour assurer leur intégrité.

On utilise la **conception basée sur la déformation** lorsque la canalisation sera soumise à des conditions environnementales (mouvements de pente, **affaissement du sol**, charges sismiques, etc.) qui pourraient :

- faire augmenter graduellement les contraintes ou la déformation;
- déformer la canalisation de manière permanente et contrôlée.

De plus, ce type de conception :

- indique la déformation admissible de la canalisation en maintenant les contraintes admissibles (les états limites) à un niveau sécuritaire†;
- demande plus de rigueur dans le contrôle de la qualité des soudures, les essais, les méthodes de manutention et la surveillance pendant l'exploitation;
- nécessite habituellement des logiciels commerciaux spécifiquement adaptés au pipeline‡.

2.1.4 Choix des matériaux

Le choix des matériaux qui entrent dans la composition des conduites repose sur plusieurs critères : facilité de fabrication, taille des conduites, charges prévues, coûts et facteurs environnementaux.

2.1.4.1 Acier haute résistance

Très économique, l'acier haute résistance permet de fabriquer des conduites aux parois amincies qui sont tout aussi résistantes et plus faciles à souder pendant les étapes de la fabrication et de la construction. Ce matériau a connu d'importantes évolutions depuis une trentaine d'années§, 7.

* Y compris la norme CSA Z662-15.

† Les conduites doivent pouvoir supporter les déformations plastiques lorsqu'elles atteignent leur limite d'élasticité. Dans ce cas, le logiciel de conception doit pouvoir tenir compte des réactions non linéaires produites par les flexions importantes, de l'interaction non linéaire entre les conduites et le sol et du comportement des conduites qui atteignent leur limite d'élasticité.

‡ L'annexe C de la norme CSA Z662-15 (*Calcul aux états limites*) donne des lignes directrices sur la **conception basée sur la déformation**.

§ Le simple processus de laminage à chaud suivi du traitement thermique des conduites a évolué pour laisser place au laminage thermomécanique, processus unique alliant laminage à chaud, refroidissement commandé et traitement thermique. Combiné à l'utilisation de microalliages, ce processus augmente la résistance de l'acier tout en réduisant sa teneur en carbone, ce qui en améliore la soudabilité. Le laminage thermomécanique a connu une autre évolution dans les années 1980 grâce au refroidissement accéléré, qui réduit encore davantage la teneur en carbone de l'acier, mais en améliore la ténacité, soit la résistance à la rupture et la faible aptitude à la propagation des fissures. De nos jours, l'ajout de molybdène, de cuivre et de nickel rend l'acier encore plus résistant sans en compromettre la soudabilité ni la ténacité.

L'acier haute résistance est généralement considéré comme la MTD pour la fabrication des conduites, à condition que les procédés fassent l'objet d'un contrôle rigoureux.

- Les procédés de fabrication ne doivent pas compromettre la résistance et la soudabilité des conduites.
- Les ouvriers doivent tenir compte de la minceur des parois lorsqu'ils transportent et manipulent les conduites.
- Les ingénieurs doivent tenir compte de la minceur des parois dans le calcul des charges opérationnelles (charges thermiques, poids de la terre, etc.). Les conduites réagissent un peu comme une canette de boisson gazeuse : elles résistent à la pression interne du fluide qu'elles contiennent, mais se déforment facilement sous la pression externe en raison de la minceur de leurs parois par rapport à leur diamètre.

2.1.4.2 Matériau composite

Les *matériaux considérés comme la meilleure technologie disponible* sont :

- l'acier pour les conduites de grand diamètre;
- le polyéthylène haute densité (assemblé par fusion) pour les petites conduites à basse pression, comme les conduites de collecte des champs de captage.

Technologie émergente

On combine les deux procédés ci-dessus pour obtenir des conduites composites avec un centre en acier et parois internes et externes en polyéthylène. Ces conduites robustes et résistantes à la corrosion sont :

- reliées par des raccords à assemblage mécanique plutôt que par soudage, ce qui accélère leur installation;
- actuellement limitées à un diamètre nominal maximal de 8 pouces*.

Les conduites d'acier moins résistantes peuvent être tout aussi robustes que celles en acier haute résistance si elles sont recouvertes d'un matériau composite.

2.1.4.3 Thermoplastique renforcé

Technologie hybride, le **thermoplastique renforcé** élargit l'utilisation du polyéthylène, naturellement résistant à la corrosion. Il est composé de parois de polyéthylène haute densité (PEHD) renforcées par des couches obliques et parallèles de fibres haute résistance (verre, carbone, etc.)⁸.

Les composites renforcés de fibres sont utilisés pour la réparation permanente des conduites depuis plus de 50 ans; l'utilisation de thermoplastique renforcé s'appuie sur l'expérience ainsi acquise⁹.

Technologie émergente

Le remplacement de l'acier par des matériaux composites (comme le polyéthylène et l'acier composite renforcés) est une méthode de plus en plus répandue et perfectionnée qui permet de

* Diamètre extérieur de 219 mm.

contrer certains problèmes tels que la corrosion. Cependant, ces matériaux ne peuvent actuellement servir qu'aux conduites d'un diamètre nominal maximal de 6 pouces^{*,8}.

2.1.5 Prévention de la corrosion

Revêtement de l'acier

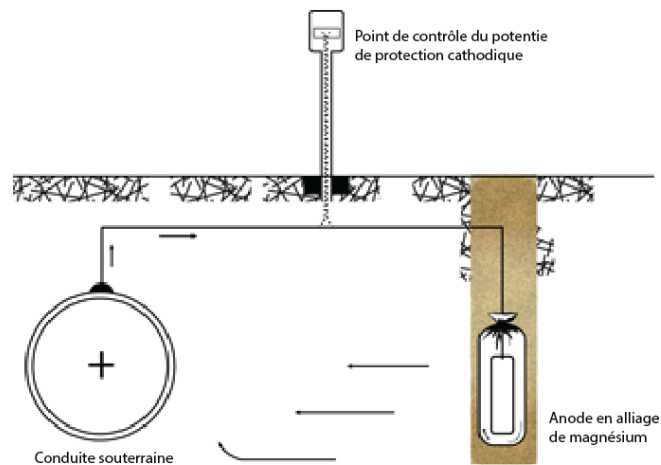
L'extérieur des conduites souterraines est sujet à la corrosion puisqu'il est en contact avec l'humidité et les minéraux du sol. La principale méthode de prévention de la corrosion consiste donc à appliquer un revêtement offrant une résistance chimique et électrique pour empêcher que l'acier n'entre en contact avec les électrolytes du sol et que les conduites agissent comme l'anode d'une cellule électrochimique, ce qui les rendrait sujettes à la corrosion.

Protection cathodique

Il existe une seconde protection anticorrosion au cas où le revêtement soit endommagé : la **protection cathodique (PC)**, qui consiste à charger négativement les conduites et à installer des anodes à charge positive à proximité pour que la corrosion attaque les anodes plutôt que les conduites. Les anodes doivent être remplacées régulièrement.

On distingue deux types de PC de base :

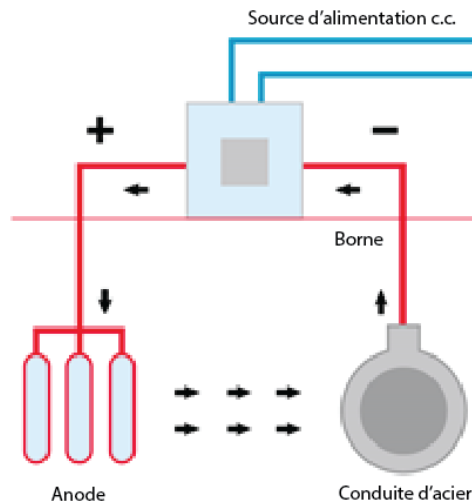
- **Galvanique** : Le potentiel électrochimique de la matière d'anode est supérieur à celui de la conduite d'acier, qui sert donc naturellement de cathode et risque moins de se corroder. Les matières d'anode les plus répandues sont les alliages de magnésium ou de zinc.



Exemple de protection cathodique galvanique

- **Courant imposé** : On applique une charge négative sur la conduite et une charge positive sur les anodes. Cette méthode sert surtout aux pipelines transcanadiens.

* Diamètre extérieur de 168 mm.



Exemple de protection cathodique par courant imposé

Meilleure technologie disponible pour la PC

La meilleure technologie disponible est la PC par courant imposé, combinée au besoin avec l'utilisation d'anodes galvaniques dans les endroits nécessitant une protection supplémentaire. Les sociétés exploitantes doivent cependant limiter la tension appliquée, car une tension supérieure à environ 1,20 V risque de faire décoller le revêtement.

2.2 Conception des pipelines : considérations environnementales

2.2.1 Évaluation environnementale

L'évaluation environnementale est un outil d'aide à la planification et à la prise de décisions. Le concept de « meilleure technologie disponible » peut s'appliquer aux processus, aux pratiques et aux outils d'évaluation. Ainsi, bon nombre des étapes de planification technique, de mesure, de modélisation et de conception contribuant à la qualité de l'évaluation sont abordées dans d'autres sections de ce document; la présente section ne donne qu'un portrait global de certains éléments nécessaires pour optimiser l'évaluation environnementale des grands projets pipeliniers canadiens. Les objectifs et les avantages énumérés ci-dessous devraient conserver leur pertinence malgré les changements ponctuels des règles administratives et législatives.

L'évaluation environnementale vise :

- à réduire au minimum ou à prévenir les effets environnementaux négatifs;
- à faire en sorte que la prise de décision tienne compte des facteurs environnementaux.

L'évaluation environnementale :

- définit les effets environnementaux négatifs possibles;
- propose des mesures pour les atténuer;

- indique les effets environnementaux négatifs qui pourraient survenir après l'application des mesures d'**atténuation**;
- comprend un programme de suivi pour en vérifier l'exactitude et l'efficacité des mesures d'atténuation.

2.2.1.1 Évaluation environnementale des grands projets pipeliniers canadiens

Une évaluation environnementale est obligatoire pour tous les projets relevant de l'Office qui sont visés par le *Règlement désignant les activités concrètes* (pour les nouveaux pipelines d'une longueur de 40 km ou plus) de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale de 2012* (LCEE 2012). Les projets de moins de 40 km ne sont pas visés par la LCEE 2012; l'Office effectue donc une évaluation en vertu de la *Loi sur l'Office national de l'énergie* avant de rendre des décisions.

Les termes « évaluation environnementale » et « évaluation environnementale et socioéconomique » *peuvent* désigner n'importe quel processus répondant aux objectifs énoncés au début de cette section, mais dans le contexte des grands projets pipeliniers canadiens, ils désignent souvent les processus exigés par des lois fédérales telles que la LCEE 2012 ou d'autres lois provinciales ou territoriales.

2.2.1.2 Exemples de pratiques exemplaires en matière d'évaluation environnementale*

Le processus d'évaluation consiste à appliquer une série de principes et de procédures établis par les institutions et les spécialistes depuis les années 1970. Même si les lois, règlements et lignes directrices en la matière ont officialisé le processus, son optimisation donne toujours matière à discussion[†].

Temps opportun

L'évaluation doit être menée le plus tôt possible pendant l'étape de la planification pour :

- permettre au promoteur d'en tenir compte durant cette étape;
- éclairer la prise de décisions des sociétés et des organismes de réglementation.

Il y a plusieurs avantages à effectuer une évaluation environnementale le plus tôt possible :

- Prévention ou réduction au minimum des effets environnementaux négatifs.
- Possibilité de participation du public et des groupes autochtones.
- Amélioration de la protection de la santé humaine.
- Réduction des coûts du projet et des retards.
- Réduction des risques de dommages à l'environnement, d'accidents ou de défaillances.
- Amélioration de la responsabilisation du gouvernement et harmonisation entre les organismes gouvernementaux.
- Réduction des risques d'effets environnementaux transfrontaliers.

* Voir le *Guide de dépôt* sur le site Web de l'Office pour en savoir plus sur les thèmes survolés brièvement dans cette section.

† Voir les exemples dans Johnston, Anna (2016). *Federal Environmental Assessment Reform Summit*, West Coast Environmental Law.

- Prise de décisions éclairées contribuant à la mise en valeur responsable des ressources naturelles.

Un processus clair contribue à éliminer les retards inutiles durant l'évaluation* .

Le public a besoin d'un certain temps pour s'informer sur le projet et son incidence sur leurs droits et leurs intérêts, pour participer utilement au processus et à sa conception, et pour transmettre son opinion et ses connaissances aux décideurs. Comme tout processus réglementaire, l'évaluation environnementale prend en compte divers impératifs concurrents (réalisation du projet dans les délais, coûts et qualité). Pour les sociétés exploitantes et le public, il est important que les décisions soient rapides, justes, claires, légales et respectables.

Les délais peuvent être prévus par la loi ou par les normes de service. Afin d'assurer la flexibilité et l'équité du processus, des mécanismes sont généralement mis en place pour que les délais arrêtent de courir lorsque des circonstances indépendantes de la volonté du demandeur ou de l'organisme de réglementation le justifient.

Principe de précaution

L'évaluation environnementale du projet doit être menée selon une approche préventive, fondée sur les principes énoncés ci-après.

- La précaution aide à déceler, à réduire et à atténuer les risques.
- Les mesures d'**atténuation** préventives doivent reposer sur de l'information scientifique et technique accessible au public et mise à l'essai dans le cadre d'un processus public.
- Le principe de précaution est de mise lorsqu'il est difficile de déterminer les effets environnementaux possibles en raison de la variabilité et de l'imprévisibilité du milieu naturel.
- Les outils de planification d'urgence et de gestion adaptative facilitent le traitement des résultats variables ou imprévus de la surveillance environnementale.
- La participation efficace des communautés et la surveillance environnementale peuvent confirmer ou réfuter les hypothèses de l'évaluation environnementale et contribuer à réduire l'incertitude scientifique et les précautions excessives avec le temps.
- Un processus d'évaluation public et transparent renforce le principe de précaution.

Portée de l'évaluation environnementale

Avant de présenter leurs recommandations, les organismes de réglementation doivent examiner tous les aspects des projets pipeliniers, notamment des facteurs techniques, humains et culturels tels que l'opinion de la population à l'échelle locale, régionale et nationale, des groupes autochtones et des autres groupes établis le long du tracé et touchés par le projet.

La délimitation de la portée est la base même d'une évaluation environnementale et socioéconomique efficace : elle permet de s'assurer que l'évaluation tiendra compte des véritables enjeux et des facteurs pertinents et qu'elle sera suffisamment détaillée. Elle doit notamment désigner :

- les installations physiques et les activités à inclure dans le périmètre de l'évaluation;

* Une souplesse raisonnable (généralement après avoir entendu l'opinion des autres participants) est essentielle pour assurer l'équité du processus lorsque les retards ont des causes valables.

- les éléments biophysiques et socioéconomiques susceptibles d'être perturbés.

Le rôle du demandeur dans la détermination de la portée consiste à :

- fournir à l'Office suffisamment de renseignements pour lui permettre de bien comprendre le projet;
- s'assurer que l'évaluation environnementale et socioéconomique est centrée sur les véritables enjeux et préoccupations, notamment ceux relevés par les parties touchées, et qu'elle est suffisamment détaillée;
- analyser au besoin les éléments mentionnés à l'article 19 de la LCEE 2012. L'Office s'attend à recevoir une évaluation environnementale et socioéconomique complète, même pour les projets qui ne tombent pas sous le coup de cette loi.

Peu importe l'ampleur du projet, il faut déterminer la portée du projet lui-même et celle de l'évaluation environnementale.

Exigences de dépôt

Les exigences de dépôt réglementaires doivent être transparentes et intelligibles avant l'évaluation environnementale, pour que la société réglementée puisse produire une demande qui comprend tous les renseignements requis. Les attentes et les exigences de dépôt de l'Office concernant l'évaluation figurent dans son *Guide de dépôt*, accessible en ligne, mais il est fort possible que l'Office exige de l'information supplémentaire durant l'évaluation des demandes et après avoir recueilli les commentaires du public.

Les organismes de réglementation n'ont habituellement pas à connaître les détails de la conception finale durant l'évaluation environnementale; en effet, bien des détails techniques ne peuvent être réglés qu'après l'évaluation environnementale, l'approbation réglementaire du projet et le début des travaux de construction. Outil de planification en début de projet, l'évaluation environnementale sert souvent à établir des conditions d'approbation qui orientent les mesures d'atténuation à appliquer, les renseignements supplémentaires à fournir et les détails de la conception finale à régler.

Participation du public

Le processus d'examen doit être juste, public, sécuritaire, respectueux et transparent. Il doit favoriser une authentique participation de la population et des peuples autochtones. Il consiste notamment à recueillir la preuve traditionnelle orale, comme les connaissances des collectivités autochtones, et à tester la preuve technique déposée. Le public doit pouvoir communiquer de diverses façons (oralement ou par écrit, téléphone ou vidéoconférence, selon le cas) afin que tous les participants admissibles puissent présenter leur preuve et exposer leur point de vue malgré la distance et les contraintes financières, professionnelles et personnelles.

Les consultations visent à ce que le public et les parties possiblement touchées :

- comprennent bien le projet;
- aient l'occasion d'exprimer leurs préoccupations;
- discutent des solutions possibles.

Une consultation exhaustive et efficace :

- est lancée par la société le plus tôt possible durant la planification et la conception du projet;
- fournit rapidement des renseignements clairs et pertinents aux personnes et aux groupes possiblement touchés;
- est ouverte et accessible à toutes les personnes et tous les groupes possiblement touchés (apporter une aide financière aux participants est une pratique exemplaire favorisant la participation du public aux évaluations environnementales et à certaines procédures réglementaires);
- offre des occasions appropriées et véritables à toutes les parties possiblement touchées de se renseigner sur un projet et d'exprimer leurs commentaires et leurs préoccupations à son sujet;
- témoigne de l'attention portée par le demandeur aux besoins, à l'opinion et aux préoccupations des personnes et des groupes possiblement touchés;
- se poursuit durant toutes les étapes des projets approuvés.

L'écoute directe des parties possiblement touchées, idéalement dans la langue de leur choix avec interprétation simultanée au besoin, est essentielle au développement durable. Les pratiques exemplaires en matière d'audiences publiques peuvent comprendre :

- l'écoute des observations du public sur la liste de questions provisoire, les renseignements supplémentaires requis et le lieu des audiences;
- l'écoute des commentaires oraux sur le processus d'audience;
- la tenue de séances d'information publiques pour expliquer le processus et les différentes façons d'y prendre part;
- la présence de conseillers prêts à guider les participants pendant tout le processus d'audience;
- l'audition des exposés et des éléments de preuve présentés par les personnes possiblement touchées et l'occasion pour les Aînés et les Premières Nations de partager leur tradition orale et leur savoir traditionnel;
- la tenue d'ateliers en ligne pour aider les participants à se préparer aux audiences;
- l'accès rapide du public aux transcriptions et aux documents (p. ex., sur le site Web de l'organisme de réglementation);
- la diffusion en direct des audiences sur le Web (audio ou vidéo).

Le promoteur du projet doit tenir compte des commentaires de parties prenantes telles que :

- les propriétaires et locataires possédant ou occupant des terres susceptibles de se trouver sur l'emprise ou à proximité et d'être directement touchés par les activités de construction et d'exploitation;
- les propriétaires et locataires résidant dans le couloir du projet;
- les personnes résidant ou travaillant à proximité du projet et susceptibles d'être touchées directement par la construction ou l'exploitation et les activités connexes;
- les personnes ayant des intérêts environnementaux, culturels, sociaux ou économiques dans le projet;
- les personnes ayant des connaissances particulières qui pourraient être utiles pour le projet;

- les personnes ayant le mandat légal de gérer des zones ou des activités potentiellement touchées par le projet.

La qualité et l'efficacité des consultations publiques peuvent être évaluées selon :

- la réponse du public aux appels à participer;
- la façon dont le promoteur a étudié les préoccupations des parties possiblement touchées et y a répondu;
- l'incidence des observations du public sur la conception, la construction et l'exploitation du projet.

La consultation du public est un processus essentiel qui doit se poursuivre tout au long de la durée de vie du projet.

2.2.1.3 Considérations techniques

Effets biophysiques

Le *Guide de dépôt* de l'Office décrit les principaux effets biophysiques et socioéconomiques que les sociétés doivent prendre en compte dans leur évaluation environnementale, selon la portée.

Analyse des effets cumulatifs

La société doit présenter une demande comprenant les renseignements de base, la description et les mesures d'**atténuation** du projet de façon suffisamment détaillée pour en définir les effets résiduels (ceux qui persistent après l'application des mesures d'**atténuation**).

L'évaluation des effets cumulatifs diffère de l'évaluation classique des effets d'un projet, en ce sens qu'elle porte habituellement sur :

- une zone plus étendue qui fait habituellement abstraction des frontières territoriales;
- des périodes plus longues;
- les effets environnementaux et socioéconomiques d'installations physiques et d'activités qui ne sont pas forcément directement liées au projet (des installations situées en amont ou en aval, un projet d'autoroute ou un lotissement résidentiel situé dans la zone d'étude, des activités forestières ou agricoles, etc.).

L'ampleur de l'évaluation des effets cumulatifs et l'effort qui y est consacré doivent être proportionnels :

- à la nature et au contexte du projet;
- à ses effets résiduels potentiels;
- au contexte environnemental et socioéconomique (p. ex., davantage de détails peuvent être nécessaires si une mise en valeur rapide ou intensive de la région a eu lieu ou est prévue, ou encore en présence de vulnérabilités ou de risques environnementaux ou socioéconomiques, comme des usages traditionnels autochtones importants).

Analyse des composantes valorisées de l'écosystème et des effets

Généralement, on effectue l'évaluation environnementale selon la méthode des composantes valorisées pour centrer l'analyse sur certains éléments pratiques du contexte biophysique (composantes valorisées de l'écosystème [CVE]) et socioéconomique (composantes

socioéconomiques valorisées [CSV]), ce qui permet d'évaluer avec plus de précision les interactions entre le projet et l'environnement, en particulier celles qui pourraient être source de préoccupation pour le public ou les groupes autochtones.

Les composantes valorisées peuvent correspondre aux éléments inventoriés dans le *Guide de dépôt* de l'Office* et doivent :

- permettre de déterminer les effets possibles du projet au fil du temps;
- être mesurables;
- comporter des données de base à mettre en comparaison avec les observations futures.

L'analyse doit indiquer :

- les incertitudes à propos des interactions entre le projet et l'environnement;
- si des renseignements supplémentaires sont nécessaires pour prévoir les effets du projet.

L'évaluation des effets doit définir les effets résiduels, lesquels sont ensuite pris en compte dans l'évaluation des effets cumulatifs.

Enfin, on évalue l'importance des effets selon les critères appropriés et les cotes qui leur sont associées.

De plus amples renseignements se trouvent dans le *Guide de dépôt* de l'Office et l'*Énoncé de politique opérationnelle : évaluation des effets environnementaux cumulatifs en vertu de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (2012)* de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale.

Amélioration adaptative de la conception du projet

Généralement, les demandeurs améliorent la conception du projet durant le processus d'évaluation environnementale grâce aux points de vue, aux questions et aux conseils des participants. Les nouveaux renseignements obtenus et les analyses produites durant l'évaluation permettent aussi aux demandeurs, au public et à l'organisme de réglementation d'évaluer des mesures d'**atténuation** nouvelles ou novatrices.

Suivi et surveillance

L'évaluation environnementale des grands projets pipeliniers exige habituellement que l'on prédise l'évolution de systèmes naturels complexes au cours des années à venir; certaines incertitudes sont donc inévitables et doivent se refléter dans les conclusions et les recommandations de l'évaluation. Aussi faut-il faire le suivi du projet en surveillant le pipeline et en effectuant des recherches après sa mise en service pour réduire au minimum les répercussions sur la population, les communautés et l'environnement. Les données de suivi peuvent également servir à l'amélioration des évaluations futures.

2.2.1.4 Espèces en péril

Les espèces en péril, soit celles énumérées à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP), comprennent des lichens, des mousses, des plantes vasculaires, des mollusques, des arthropodes,

* *Guide de dépôt* de l'Office, tableau A-1.

des poissons, des amphibiens, des reptiles, des oiseaux et des mammifères. En date de juillet 2016, un total de 521 espèces figuraient dans cette liste régulièrement mise à jour.

De nombreuses technologies peuvent servir à atténuer les répercussions des projets sur les espèces en péril. Cependant, la mesure dans laquelle ces technologies sont requises varie grandement selon les provinces et les territoires; certaines sont exigées par la loi (*Loi sur les pêches*, lois provinciales et territoriales sur la faune, *Loi sur la convention concernant les oiseaux migrateurs*, *Oil and Gas Activities Act* de la Colombie-Britannique, etc.), tandis que d'autres sont suggérées par les lignes directrices et les pratiques exemplaires de gestion des ressources.

Les stratégies suivantes facilitent la sélection, l'élaboration et la mise en œuvre de la meilleure technologie disponible pour atténuer les répercussions sur les espèces en péril :

1. Vérifier si les espèces touchées par le projet figurent dans le Registre public des espèces en péril. Les registres provinciaux et territoriaux applicables (p. ex., les centres de données sur la conservation) peuvent également servir à déterminer quelles espèces sont en péril et à repérer les documents de planification de la gestion disponibles.
2. Passer en revue les programmes de rétablissement et les plans de gestion et d'action visant les espèces possiblement touchées pour que la conception tienne compte :
 - des objectifs de ces documents;
 - des causes et des risques de déclin dans la population des espèces;
 - des définitions ou des caractéristiques biophysiques de l'habitat essentiel.

On peut ensuite utiliser les outils disponibles (**examens documentaires**, études sur le terrain, cartographie au moyen d'un système d'information géographique [SIG], etc.) pour évaluer les effets possibles et les mesures de prévention ou d'**atténuation** correspondantes.

3. Déterminer si le projet risque de toucher une espèce en péril et s'il irait à l'encontre des objectifs de gestion ou de rétablissement.
4. Suivre la hiérarchie des mesures d'**atténuation** (éviter, réduire, rétablir et compenser).
 - On peut éviter les répercussions sur les espèces en péril en étudiant d'autres tracés possibles, en respectant les périodes particulières des différentes espèces (voir la section 4.2.3 *Calendrier de construction*) et en établissant et en respectant les **marges de recul** par rapport aux caractéristiques importantes du terrain (plantes rares, tanières d'ours occupées, **colonies de maternité** et **hibernacles** de chauves-souris, terres humides où vivent des amphibiens menacés, etc.)^{* 10}.
5. Élaborer un plan sur mesure pour le projet (p. ex., un plan de protection de l'environnement [PPE]) décrivant les mesures d'**atténuation** mises en œuvre pour éviter, réduire ou compenser les répercussions sur les espèces en péril ou rétablir leur habitat.

* La majorité de l'information sur les restrictions temporelles et les **marges de recul** figure sur le site Web des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, dans les programmes de rétablissement et les plans de gestion et d'action fédéraux ainsi que dans les rapports de gestion ou de planification provinciaux ou territoriaux. Pour obtenir un exemple, voir la note en fin de texte 10.

- Les mesures d'**atténuation** courantes (p. ex., restrictions saisonnières et **marges de recul**) peuvent suffire à limiter les effets possibles sur les espèces en péril.
 - Certaines espèces, comme le caribou des bois, pourraient nécessiter l'élaboration d'un plan de gestion distinct pour déterminer l'ensemble des mesures d'**atténuation** et de surveillance courantes et particulières à mettre en œuvre.
6. Surveiller l'efficacité des mesures d'**atténuation** particulières par une démarche scientifique afin de prévoir les résultats, puis vérifier l'exactitude des prévisions (méthodes hypothético-déductives), en particulier pour les mesures qui ne sont pas éprouvées ou dont l'efficacité reste à démontrer*.

L'avancement de la recherche sur les espèces en péril contribue à une meilleure connaissance des comportements, des tendances de population, des habitudes migratoires et de la susceptibilité aux perturbations de celles-ci. Ces connaissances peuvent ensuite servir à l'amélioration du tracé, du calendrier de construction et des mesures d'**atténuation**. La surveillance des effets du projet imposée par les conditions réglementaires permet parfois d'élargir le champ des connaissances sur certaines espèces.

2.2.1.5 Protection et rétablissement de l'habitat du caribou

Il y a un urgent besoin d'établir et de mettre en œuvre des mesures efficaces de protection et de rétablissement de l'habitat du caribou pour contrer le déclin généralisé des populations et répondre aux nouvelles exigences et lignes directrices provinciales et fédérales sur les espèces en péril. De nombreuses mesures d'atténuation des effets sur le caribou sont axées sur la restriction de l'accès^{11, 12, 13}, le rétablissement de l'habitat^{14, 15} et la **compensation**¹⁶.



Caribous

Gestion de l'accès

La gestion de l'accès par les humains et les prédateurs (p. ex., les loups) le long des caractéristiques linéaires est l'une des plus importantes mesures d'**atténuation** des effets néfastes sur le caribou. La meilleure technologie disponible comprend notamment l'utilisation de **rémanents** (agrégats de rondins, de souches, de pierres et de terre), de **bermes** et de **monticules**. Il est important d'appliquer les mesures de contrôle de l'accès sur toute la longueur des caractéristiques linéaires pour éviter qu'elles ne soient facilement contournables. De plus, la prévention de la formation de sentiers est essentielle.

* Il est utile d'évaluer l'efficacité des mesures d'**atténuation** en fonction de cibles ou de résultats finaux précis (p. ex., le taux de survie des semis, la composition des communautés ou la différence prévue entre les traitements) et, si ces cibles ne sont pas atteintes, de mettre au point un cadre de gestion adaptative pour décrire les mesures correctives qui s'imposent.

Rétablissement de l'habitat

Les mesures de rétablissement de l'habitat vont bien au-delà des mesures de remise en état de l'emprise couramment utilisées après les travaux de construction (ensemencement ou régénération naturelle) et visent à accélérer le rétablissement de l'emprise à un état comparable à celui des écotypes forestiers adjacents. Les nouvelles technologies prometteuses comprennent des techniques de préparation du site (plantation de semis, y compris en hiver, aménagement de **monticules**, etc.) employées seules ou combinées à la plantation de semis¹⁵.

Compensation

Une fois que toutes les mesures possibles d'évitement et de réduction des effets ainsi que de rétablissement de l'emprise sont épuisées, on peut **compenser** les effets résiduels, notamment par le rétablissement de l'habitat à un autre endroit, la préservation de terres et la conclusion d'accords de conservation¹⁶. Il existe un important corpus d'articles sur les principes et les difficultés de l'établissement et de l'application des mesures compensatoires*.

Technologie émergente

L'efficacité de la gestion des lignes de visée dans le rétablissement de l'habitat et la protection du caribou est en cours d'évaluation.

Les longues lignes de visée peuvent être réduites naturellement par la topographie le long du tracé (collines, etc.) et par le changement de direction de l'emprise (**cintrage**). La meilleure technologie disponible pour la gestion des lignes de visée peut comprendre le forage directionnel horizontal (FDH) ou le forage aux intersections pour préserver les murs végétaux, les bermes et les rémanents d'une hauteur suffisante, la flexion ou l'abattage partiel des arbres adjacents et l'utilisation de barrières visuelles artificielles, lesquelles pourraient demander un certain entretien. La plantation de semis est également une mesure possible à long terme, mais comme pour le contrôle de l'accès et le rétablissement, elle ne deviendra efficace qu'après plusieurs années. Selon les recherches actuelles, ces éléments doivent avoir une hauteur d'environ 1,5 m pour que la gestion des lignes de visée soit efficace.

La surveillance est importante pour toutes les mesures de protection de l'habitat du caribou, non seulement pour confirmer leur mise en application, mais également pour évaluer leur efficacité et valider les hypothèses qui les sous-tendent. La surveillance et la gestion adaptative contribuent également à l'amélioration de la meilleure technologie disponible. La **détection et télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR)** et les caméras télécommandées sont des technologies de plus en plus répandues qui peuvent servir à mesurer l'efficacité des mesures de gestion de l'accès et de rétablissement comparativement aux conditions de base, aux emprises n'ayant pas fait l'objet de mesures d'**atténuation** et aux zones forestières non perturbées.

2.2.2 Choix du tracé et de l'emplacement des installations

Le choix du tracé et de l'emplacement des installations est le principal déterminant des effets environnementaux d'un projet¹⁷. Bien que les points de départ et d'arrivée du tracé soient

* Voir POULTON, David W. *Biodiversity Offsets: A Primer for Canada*, 2014.

habituellement fixés d'avance (terminal d'origine et **terminal de livraison**), l'emplacement des installations de surface (vannes, compresseurs, stations de pompage, etc.) peut varier selon les contraintes techniques.

2.2.2.1 Processus de sélection du tracé

En gros, le processus de sélection du tracé comprend^{18, 19} :

- l'établissement des points de contrôle (emplacements fixes ou aux choix très limités);
- la détermination des **contraintes environnementales**, en particulier les zones à éviter (corridors fauniques, sites archéologiques, terres humides, etc.);
- l'établissement du tracé le plus court qui, dans la mesure du possible, contourne les zones vulnérables sur le plan environnemental et socioéconomique, sans pour autant nécessiter des méthodes de construction trop complexes;
- l'établissement et l'évaluation des autres tracés possibles;
- la sélection du tracé privilégié.

Durant la sélection du tracé, le demandeur examine les effets possibles sur l'environnement, la constructibilité, les facteurs économiques et (habituellement) les commentaires des parties prenantes. Après la sélection du tracé et de l'emplacement des installations, il évalue les interactions avec les zones écologiquement vulnérables et apporte des modifications, dans la mesure où elles sont justifiées et réalisables.

2.2.2.2 Principes guidant le choix du tracé et de l'emplacement des installations

Les principes environnementaux guidant le choix du tracé et de l'emplacement des installations comprennent notamment les suivants^{17, 20, 21} :

- Réduire au minimum la longueur du pipeline.
- Intégrer le pipeline ou le construire parallèlement aux aménagements linéaires existants (emprise d'autres pipelines, chemins permanents, lignes de transport d'électricité, voies ferrées, etc.) ou aux autres zones déboisées (**bloc de coupe** ou corridor de services publics).
- Choisir un tracé et des sites d'installations pouvant être agrandis.
- Éviter les zones écologiquement vulnérables (p. ex., nids, tanières et aires de repos ou de mise bas), les terrains instables ou difficiles à **remettre en état** (tourbières, etc.).
- Réduire au minimum les franchissements de terres humides et de **cours d'eau**, en particulier ceux à haut risque.
- Éviter les zones occupées par des espèces en péril.
- Éviter les sites archéologiques et historiques connus et les zones à fort potentiel archéologique ou paléontologique.

2.2.2.3 Avantages des aménagements linéaires existants

Le secteur pétrolier et gazier cherche à construire les pipelines parallèlement ou à les intégrer aux aménagements linéaires existants pour plusieurs raisons, dont les suivantes :

- Réduire la superficie des terres perturbées.
- Réduire les coûts.
- Faciliter l'exploitation.

- Éviter d'avoir à aménager de nouveaux accès.
- Réduire le nombre de propriétaires fonciers touchés et d'accords à négocier.

L'aménagement linéaire a entraîné certaines innovations (p. ex., emprises communes ou plus étroites) grâce auxquelles les pipelines peuvent être construits dans les corridors de services publics, comme celui de transport d'électricité. L'utilisation de **zones non aménagées** se fait souvent en dernier recours, lorsqu'il est impossible de construire le pipeline parallèlement aux aménagements existants en raison de sa longueur supérieure, des coûts supplémentaires ou de l'intérêt public.

2.2.2.4 Optimisation du choix du tracé et de l'emplacement des installations

Grâce aux SIG, les considérations environnementales peuvent orienter le choix du tracé du pipeline et de l'emplacement des installations²².

Ces logiciels servent :

- généralement à produire des cartes des différents tracés possibles, qui mettent en évidence les zones à privilégier ou à éviter et sont très utiles durant la sélection préliminaire du couloir et le choix de la taille et de l'emplacement de l'emprise et des installations (micro-tracé);
- à lier un endroit sur la carte aux données disponibles à son sujet²² pour que la société exploitante puisse analyser les zones et les caractéristiques écologiquement vulnérables le long des tracés possibles;
- à établir, durant le choix du tracé et de l'emplacement des installations, la carte du projet selon les **contraintes environnementales** découlant de certains facteurs, dont le type et l'emplacement du projet, la nature du produit transporté, le régime de réglementation local et les intérêts des parties prenantes* ;
- à calculer les **mesures quantitatives** (p. ex., nombre total d'hectares de forêt ancienne) et à produire des cartes (contraintes, points chauds, zones à éviter, etc.);
- à prévoir les incidents selon les ensembles de données existants (propagation des incendies en fonction de la direction du vent, de la végétation ou du terrain, ou zones touchées par les déversements en fonction du terrain et du volume de liquide) et à produire des cartes prévisionnelles;
- à automatiser le calcul ou le choix des tracés possibles (comme le modèle que l'Electric Power Research Institute [EPRI] a mis au point pour choisir l'emplacement des lignes de transport d'électricités²³), quoique cette tâche revienne habituellement à une équipe multidisciplinaire d'experts qui s'appuient sur les mesures calculées par le SIG.

* Les SIG structurent habituellement les données en différentes couches :

- Habitats connus d'espèces répertoriées (nids, tanières, **leks**, plantes rares, etc.).
- Principales caractéristiques de l'habitat (terres humides, **aires de repos** des oiseaux migrateurs, habitats de reproduction, communautés végétales écologiquement vulnérables, etc.).
- **Cours d'eau** pouvant nécessiter des franchissements particuliers ou entraîner des contraintes temporelles.
- Emplacement des parcs, des aires protégées, des zones de loisir et des zones d'aménagement du territoire.

Sources d'information et mises à jour des SIG

Les données environnementales des SIG proviennent d'abord des bases de données fédérales et provinciales et de divers fournisseurs commerciaux. Durant le processus d'amélioration du tracé et de l'emplacement des installations, du personnel qualifié réalise des études sur le terrain pour évaluer les particularités de chaque site et établir les mesures d'**atténuation** appropriées. Les données recueillies sont ensuite téléversées dans le SIG afin que l'on puisse s'en servir pour faire les améliorations en temps réel.

La *technologie émergente* et les nouvelles applications de la technologie existante comprennent :

- des moyens toujours plus efficaces de saisir et de transférer les données pour évaluer, améliorer et choisir les tracés et les sites, y compris par l'amélioration de la qualité d'image (**LIDAR**);
- l'utilisation de **véhicules aériens sans pilote** (UAV) pour évaluer les facteurs ayant une incidence sur le tracé (y compris les **géorisques** tels que les glissements de terrain et les coulées de boue) et la constructibilité;
- l'utilisation d'applications mobiles et Web pour la saisie et l'évaluation de données dans le SIG (ces outils sont en voie de devenir la norme pour le choix du tracé des pipelines; ils offrent d'ailleurs toujours plus de fonctionnalités et sont de plus en plus accessibles, tant sur le terrain qu'au bureau).

2.2.3 Réduction de l'empreinte du projet

En général, la réduction au minimum de la largeur de l'emprise et des aires de travail (**l'empreinte du projet**) réduit également les effets environnementaux négatifs²¹.

2.2.3.1 Incidence du diamètre du pipeline

Le diamètre du pipeline détermine en grande partie la largeur de l'emprise et l'empreinte, dont dépendent en retour les dimensions des engins de chantier et du terrain requis pour construire et exploiter le pipeline en toute sécurité²⁴. Les techniques de construction proposées déterminent la taille de l'espace de travail initial (p. ex., **franchissement de cours d'eau avec et sans tranchée**), qui pourrait cependant changer selon les **contraintes environnementales** relevées durant le choix du tracé, des emplacements des installations et de l'étude géotechnique.

2.2.3.2 Stratégie de conception

Il est possible de concevoir l'emprise du pipeline et les aires de travail de façon à réduire **l'empreinte du projet**, par exemple :

- en choisissant un tracé qui contourne les caractéristiques nécessitant une plus grande aire de travail, comme les terrains instables et les pentes abruptes;
- en faisant en sorte qu'elles partagent ou chevauchent celles d'un autre pipeline ou d'autres aménagements linéaires;
- en déplaçant l'emprise ou certains éléments de l'aire de travail tels que les **aires d'empilement** à l'extérieur des emplacements vulnérables (p. ex., terres humides, caractéristiques des habitats fauniques ou végétation difficile à **remettre en état** une fois perturbée);

- en limitant la largeur de **décapage** à la largeur de la tranchée ou en ne procédant que par **déblayage-remblayage** pour éviter de perturber la végétation sur toute la surface de l'emprise;
- en fauchant la végétation autant que possible plutôt que d'**essoucher** ou de niveler le sol pour que la terre végétale, le système racinaire et les graines de semence demeurent intacts afin d'accélérer le rétablissement naturel après la construction;
- en utilisant le **FDH** ou d'autres technologies sans tranchée (p. ex., **Direct Pipe**) pour installer la canalisation sous les caractéristiques vulnérables sur de courtes distances et ainsi éviter de perturber la surface.

2.2.3.3 Stratégie d'accès

Comme les chemins d'accès font partie du projet et de son empreinte, la réduction de leur nombre à l'extérieur de l'emprise réduit également l'**empreinte du projet**. Les mesures d'**atténuation** correspondantes comprennent :

- le choix d'un tracé permettant l'utilisation de voies publiques et de chemins et sentiers existants pour accéder au chantier;
- l'utilisation de sentiers entraînant un minimum de perturbation pour éviter ou réduire l'aménagement de chemins nivelés;
- l'utilisation de plates-formes temporaires;
- l'aménagement de tronçons à sens unique par le rétrécissement ou la réduction des voies de circulation le long de l'emprise;
- la remise en état et la revégétalisation des chemins d'accès non requis pour l'exploitation après les travaux.

Technologie émergente

Faite de matières synthétiques, la **géogrille** renforce les matériaux de sol et réduit la quantité d'**agrégats** nécessaire pour l'aménagement des chemins d'accès permanents qui serviront à la construction et à l'entretien du pipeline tout en en réduisant la largeur. Aux stations, la **géogrille** réduit la quantité d'**agrégat** ou d'argile importée nécessaire comparativement aux méthodes de construction conventionnelles.

2.2.4 Choix d'équipement

La conception des installations et des **infrastructures**, ainsi que le type d'engins de chantier requis, a une incidence sur le degré de perturbation de la faune ou des activités humaines dans les habitats fauniques et les centres urbains. Par exemple :

- l'**atténuation** de la pollution sonore et lumineuse entraînée par la construction et l'exploitation est plus facile à incorporer à l'étape de la conception;
- les installations exploitées à distance au moyen de systèmes d'acquisition et de contrôle des données (SCADA) cellulaires, radio ou satellites réduisent le nombre de visites en personne et les perturbations possibles de la faune²¹.

Ces décisions de construction et d'exploitation des **infrastructures** comprennent le choix de l'emplacement des vannes, des sas de lancement et de réception, des stations de comptage, des compresseurs et des stations de pompage.

La section 4 *Planification et construction* aborde ces facteurs plus en détail. Les exemples suivants portent sur les **infrastructures** en place.

2.2.4.1 Réduction des émissions atmosphériques (y compris les GES)

Il est possible de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) en utilisant :

- des brûleurs à faibles émissions d'oxyde d'azote²⁵;
- du matériel de **brûlage à la torche** ou de compression efficace pour brûler ou confiner les gaz dégagés par la **purge sous pression**²⁶;
- un système de **récupération des vapeurs** pour récupérer les **émissions fugitives de composés organiques volatils** sur le site des installations^{2,25};
- des variateurs de fréquence électriques (et non à **hydrocarbures**) pour les moteurs des compresseurs, les **régénérateurs d'amine**, les stations de pompage, etc.²¹;
- des **réservoirs à toit flottant** pour le stockage des **hydrocarbures** liquides.

2.2.4.2 Réservoirs de stockage

Les émissions atmosphériques des réservoirs d'**hydrocarbures**, des vannes et des raccords contiennent généralement du méthane, des **composés organiques volatils** et des **hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**. Elles sont produites soit durant le stockage, soit durant le chargement ou le déchargement des réservoirs ou des récipients de stockage. Il est possible de réduire ces émissions en équipant les **réservoirs à toit flottant** interne de systèmes qui récupèrent les vapeurs pour les recycler ou les diriger vers une torchère.

Les meilleures technologies disponibles pour les réservoirs de stockage comprennent :

- les technologies d'étanchéisation pour réduire les émissions au minimum à long terme²⁷;
- les peintures réfléchissantes réduisant le réchauffement du contenu, et par le fait même les émissions de **composés organiques volatils**²⁷;
- les vannes pouvant être fermées à distance en cas de déversement;
- les vannes et raccords à l'épreuve des fuites^{2,25}.

Technologie émergente

La technologie émergente est intégrée au projet dès l'étape de la conception et est souvent liée aux besoins de gestion des actifs pendant la durée du projet. Elle comprend :

- **les capteurs à fibre optique** (verre ou plastique) qui facilitent la détection précoce des fuites dans les installations et les conduites par la transmission de données en temps réel²⁸;
- **les dispositifs à fibre optique installés sur les réservoirs** pour surveiller la position des toits flottants et prévenir le remplissage excessif*.

D'autres technologies peuvent être envisagées au cas par cas, par exemple pour produire de l'électricité à partir des gaz dissous qui seraient autrement brûlés à la torche ou rejetés dans l'atmosphère²⁹ ou récupérer la chaleur des compresseurs à turbine à gaz³⁰.

* Ces options de conception deviennent partie intégrante des programmes de détection et de réparation des fuites, qui sont abordés à la section 6.2.9 *Gestion des émissions atmosphériques*.

3.0 FABRICATION DES CONDUITES

La construction d'un pipeline comprend la fabrication des conduites, qui se fait habituellement avant leur transport sur le chantier. Les facteurs à prendre en compte sont :

- le matériau des conduites;
- la technique de soudage utilisée;
- le type de revêtement protecteur.

Les matériaux écologiques sont abordés dans le contexte de la fabrication des conduites et de la construction des installations.

3.1 Types de conduites (y compris le soudage par joints)

De façon générale, deux types de conduites d'acier sont utilisées pour les pipelines de transport :

- les *conduites soudées par joints*, formées d'une plaque d'acier arrondie dont les extrémités sont soudées ensemble;
- les *conduites sans soudure*, un lingot d'acier perforé pour former un cylindre épais (billette), puis progressivement aminci par forgeage.

Selon la technique de fabrication, les conduites sans soudure peuvent avoir un diamètre nominal maximal de 28 pouces^{*}, mais les conduites soudées par joints de 48 pouces[†] et moins sont répandues dans le secteur pipelinier. Il existe aussi des conduites de 72 pouces[‡] et plus, mais elles sont plus rares.

Fabrication des conduites

Les deux types de conduites peuvent être considérés comme la meilleure technologie disponible. Il est essentiel que les conduites soudées par joints aient des soudures de qualité; les anciennes techniques inspirées du soudage de conduites basse pression (canalisation d'eau, etc.), telles que les joints à recouvrement, ont donc été délaissées en faveur de techniques modernes (datant des années 1980) produisant une soudure aussi, voire plus, résistante que l'acier de la conduite lorsqu'elles sont appliquées et inspectées correctement dans l'aciérie.

On trouve encore aujourd'hui des conduites soudées par résistance électrique à basse fréquence dans certains pipelines actifs datant d'avant 1970, mais cette méthode de fabrication n'est plus utilisée de nos jours, car elle produisait des défauts de soudure. Ces conduites doivent donc faire l'objet d'une attention particulière (surveillance en service de l'intégrité).

* Diamètre extérieur de 711 mm.

† Diamètre extérieur de 1 219 mm.

‡ Diamètre extérieur de 1 828 mm.

3.2 Revêtements

Le revêtement appliqué à la **tuberie** est la principale protection des conduites contre la corrosion externe. Pour remplir sa fonction, il doit :

- bien adhérer à la conduite;
- être assez flexible pour ne pas être endommagé par le cintrage de la conduite;
- avoir une résistance électrique et chimique adéquate;
- résister à la charge associée au mouvement du sol (contrainte du sol).

Autrefois, les revêtements étaient principalement à base de goudron de houille ou d'asphalte, et bon nombre d'entre eux résistent et sont encore en service aujourd'hui. Pendant un certain temps, on appliquait sur place du ruban de polyéthylène, mais les sociétés exploitantes ont découvert que celui-ci se décollait, ce qui nuisait à la PC et laissait les électrolytes du sol entrer en contact avec les conduites, créant ainsi un environnement propice à la **fissuration par corrosion sous contrainte (FCSC)**.

Types de revêtements

Il existe de nombreux revêtements modernes. La meilleure technologie disponible consiste à choisir celui qui convient le mieux selon la résistance au choc et la flexibilité requise. En voici quelques exemples.

- **Revêtement en deux couches de polyéthylène** : Bon revêtement polyvalent qui existe depuis les années 1950.
- **Revêtements multicouches** : Revêtements offrant une meilleure résistance au choc et à l'abrasion.
- **Époxyde lié par fusion** : Revêtement haute performance qui ne nuit pas à la PC s'il se décolle et qui est donc tout indiqué dans les endroits propices à la **FCSC**.

Technologie émergente

On cherche actuellement à rendre les revêtements plus écologiques en retirant les composants nocifs, tels que les **composés organiques volatils (COV)** dégagés dans l'atmosphère pendant le durcissement.

3.3 Entreposage

Voici les principaux risques auxquels les conduites peuvent être exposées pendant leur entreposage :

- Le rayonnement ultraviolet et les autres facteurs environnementaux pouvant endommager le revêtement.
- La corrosion de l'acier sans revêtement exposé à l'air.
- L'application de contraintes excessives sur les parois des conduites par les traîneaux en bois et les cales utilisés pour soutenir et séparer les piles de conduites.

Ces risques sont bien connus dans le milieu et ne nécessitent aucune technologie supplémentaire, à condition que les sociétés exploitantes en tiennent compte adéquatement.

4.0 PLANIFICATION ET CONSTRUCTION

L'étape de la planification et de la construction d'un pipeline peut avoir des effets négatifs sur :

- l'atmosphère (qualité de l'air, émissions de **GES**, etc.);
- l'acoustique et l'éclairage;
- les sols;
- la géologie et le terrain (glissements de terrain, etc.);
- la végétation (forêts anciennes, plantes rares, etc.);
- la faune (y compris les espèces en péril);
- la qualité de l'eau et sa quantité;
- les poissons et leur habitat;
- les ressources patrimoniales;
- les **eaux souterraines**.

Cette section donne des exemples de matériaux et de stratégies constituant les meilleures technologies disponibles et émergentes pour atténuer les effets environnementaux négatifs.

4.1 Planification et construction : considérations techniques

Les conduites peuvent être souterraines ou en surface. Le présent rapport traite des MTD pour le type le plus courant (en particulier pour les pipelines de transport de grand diamètre), soit les conduites souterraines, mais les notions suivantes sont tout de même abordées.

4.1.1 Conduites en surface

Ce type de conduite sert à éviter les mouvements du sol et à franchir les **cours d'eau**.

Mouvement

La construction en surface permet d'isoler les conduites du sol dans les zones propices aux mouvements de pente prononcés ou incertains et les zones d'activité sismique extrême.

Franchissements de cours d'eau

Les conduites en surface peuvent emprunter les ponts routiers ou ferroviaires existants pour éviter la construction d'un franchissement sous le **cours d'eau** ainsi que les coûts et les effets environnementaux qui en découleraient.

S'il n'y a pas déjà un pont, on peut construire un franchissement en surface (aérien) pour éviter les défis écologiques, hydrologiques et géologiques des franchissements ordinaires*. Les franchissements aériens demandent habituellement plus d'entretien que les autres, y compris un ajustement régulier des câbles de suspension.

La construction de la plupart des projets pipeliniers est échelonnée sur plusieurs étapes. Les sections suivantes portent sur les technologies et méthodes actuelles pour chacune d'elles.

* Voir la section 4.1.12 *Forage directionnel horizontal et microtunnelage*.

4.1.2 Conduites souterraines

L'enfouissement des conduites réduit au minimum l'utilisation des terres, en plus de présenter des avantages du point de vue de la sécurité et de l'esthétisme. Les constructeurs de pipelines se sont efforcés de rendre le processus le plus sécuritaire et efficace possible. Même si la technologie, la machinerie et l'équipement du secteur pipelinier ont beaucoup évolué au cours des 50 dernières années, la machinerie moderne demeure relativement similaire en apparence. Des équipes



Panneau indiquant la présence d'un pipeline souterrain

spécialisées chargées du soudage ou de l'application des revêtements effectuent de nombreuses petites tâches répétitives à la chaîne, approche qui, idéalement, assure une expertise, une qualité et une production uniformes et réduit au minimum les réparations nécessaires et les retards.

4.1.3 Débroussaillage, essouchement et décapage

L'une des premières étapes de la construction est d'enlever la végétation de l'emprise du pipeline : c'est le débroussaillage, aussi appelé **essouchement** ou dessouchage*.

Le **débroussaillage** consiste à couper les arbres et à **niveler** les arbustes et toute autre végétation qui pourrait entraver l'aménagement de l'emprise. Généralement, le débroussaillage se fait avec des engins forestiers (abatteuses-groupeuses, bulldozers, scies à chaîne, etc.), des faucheuses et des excavatrices. Les débris trop gros pour le tas de déblais sont mis à part et brûlés ou transportés ailleurs.

Le **décapage** consiste à enlever la terre végétale pour exposer le **sous-sol** et créer une surface de travail relativement plane. Les pratiques exemplaires et les lois sur le **décapage** prévoient que l'on conserve la terre végétale à part. D'abord, on retire ou décape la terre végétale (organique) de l'emprise et on l'entrepose séparément du **sous-sol** retiré pendant l'excavation de la **tranchée**. Une fois la conduite abaissée dans la **tranchée**, on remplit cette dernière (**remblayage**) avec le **sous-sol**, puis on recouvre le tout avec la terre végétale mise de côté.

La séparation de la terre végétale élargit la zone de construction; en effet, l'emprise comporte généralement un tas de terre végétale et un tas de déblais à côté de la **tranchée** elle-même. L'aire de travail comporte une zone pour le bardage des conduites à souder, un espace pour le matériel

* Le déboisement de l'emprise et la gestion de la terre végétale comportent de nombreuses considérations environnementales, décrites à la section 4.2 *Planification et construction : considérations environnementales*.

de soudage, les pose-tubes et les excavatrices, ainsi qu'une zone de chevauchement pour déplacer ou utiliser le matériel en cas d'urgence.

4.1.4 Excavation de tranchées

L'excavation d'une tranchée consiste à creuser à l'aide d'une machine le trou où seront logées les conduites. Dans les projets de pipelines de transport, on utilise habituellement une trancheuse à roue, munie d'une série de godets qui creusent la **tranchée** et déposent les déblais à côté. Cet engin produit habituellement des tranchées aux parois droites, uniformes et élevées.



Trancheuse à roue

Les **trancheuses à roue** sont particulièrement utiles si le tracé de la **tranchée** ne croise pas d'installations de services publics (câbles souterrains, conduites d'eau ou d'égouts, etc.). Autrement, il faut lever temporairement la roue de la trancheuse pour éviter l'obstacle, ce qui, à répétition, ralentit l'excavation. La situation est d'autant plus problématique s'il y a des installations aériennes (lignes électriques, etc.) juste au-dessus.

Il existe de nombreux types de trancheuses qui conviennent au franchissement des différents services publics et à diverses exigences, comme la profondeur de la tranchée. Par exemple, un modèle est muni d'une scie à chaîne elliptique basse à profondeur de creusage réglable; un autre, une petite roue qui creuse de haut en bas, ce qui en étend la portée et permet de creuser des tranchées plus profondes.

En général, les trancheuses à roue (dotées d'une **roue à godets**) représentent la meilleure et la plus courante technologie disponible, dans la mesure où le terrain et la disposition des installations de services publics en permettent l'utilisation. Cependant, il existe aussi différentes méthodes d'installation sans tranchée, comme l'enfouissement à l'aide d'une charrue; les conduites sont insérées derrière le soc de charrue dans le sillon qu'il laisse. Ce type d'installation convient particulièrement aux conduites d'acier de petit diamètre et aux conduites de polyéthylène haute densité. L'installation sans tranchée est rapide et facile, et réduit la largeur de l'emprise. À l'heure actuelle, on ne semble pas chercher à adapter ces méthodes à des conduites d'acier de plus grand diamètre, mais il est fort possible qu'on les perfectionne pour réduire davantage la largeur de l'emprise.

4.1.5 Entreposage et transport des conduites

Les risques d'endommagement durant l'entreposage sont abordés à la section 3.3 *Entreposage*.

Les risques relatifs au transport sont similaires, mais il est possible de les réduire au minimum par une manutention adéquate. Le plus grand risque découle des mouvements latéraux (verticaux) répétés des conduites à bord d'un véhicule de transport qui circule sur un terrain accidenté;



Transport des conduites

ils peuvent entraîner la formation de fissures de fatigue (pouvant causer la défaillance du pipeline une fois en service), auxquelles les conduites « à double joint » sont particulièrement vulnérables en raison de leur longueur (et donc de leur flexibilité) et de la soudure circulaire unissant les deux joints*.

La meilleure technologie disponible consiste à calculer les contraintes dynamiques induites par les charges typiques du transport routier, et de placer des supports et des séparateurs en conséquence pour éviter la formation de fissures de fatigue.

4.1.6 Bardage

Le bardage débute lorsque l'on a dégagé suffisamment d'espace sur l'emprise; on aligne alors les conduites sur le sol et on indique la position à l'aide de repères.



Bardage

En effet, le bardage consiste à organiser les conduites enduites sur le terrain pour faciliter leur assemblage et leur pose. Les conduites sont placées sur des supports en bois (traîneaux) séparés par un espace prédéterminé pour réduire au minimum

l'**ovalisation** et les contraintes excessives. Ce processus nécessite suffisamment d'ouvriers pour coordonner le levage et l'alignement des conduites. Il est essentiel de manipuler soigneusement les conduites pour éviter les nombreux risques d'endommagement qui pourraient être à l'origine d'une défaillance durant la durée de vie utile du pipeline. Les conduites peuvent être manipulées à plusieurs reprises durant les diverses étapes de fabrication et de construction (fabrication et entreposage, application du revêtement et entreposage, transport et entreposage, etc.).

La pratique actuelle constitue la meilleure technologie disponible. Les seules technologies émergentes notables visent l'amélioration de l'équipement.

4.1.7 Cintrage

Cintrage à froid

Le cintrage se fait entre le bardage et le soudage. Le cintrage à froid permet aux conduites de demeurer toujours à la même profondeur malgré les ondulations de l'emprise et de les adapter aux changements progressifs d'élévation et de direction. Une cintreuse munie de vérins hydrauliques plie les conduites au-delà de la limite d'élasticité de l'acier afin de leur donner le rayon de courbure requis, un peu comme quand on plie et déplie un trombone.

* Ce type de conduite est formé de deux sections (joints) soudées ensemble à la **tuberie** pour réduire le nombre de soudures à réaliser sur place. La longueur de ces conduites et les petits défauts possibles dans la soudure circulaire peuvent entraîner la formation de fissures de fatigue dans la soudure ou à proximité de celle-ci.

Cintrage à chaud

Les changements importants de direction et les angles prononcés nécessitent des coudes préfabriqués en usine. Le cintrage à chaud consiste à utiliser des bobines d'induction pour chauffer et cintrer une conduite droite. Suit une période de trempe ou de refroidissement qui stabilise les propriétés du matériau (résistance, élasticité, ténacité, etc.). Cette stabilisation demande parfois un traitement thermique supplémentaire, dont on détermine la nécessité en soumettant à un dernier essai mécanique un ou plusieurs coudes représentatifs de l'ensemble du procédé de cintrage.

Il existe d'autres procédés de fabrication; on peut par exemple chauffer des plaques d'acier et les cintrer en demi-cercles, puis souder ensemble les faces convexes et concaves pour former le coude.

La pratique actuelle constitue la meilleure technologie disponible. Les seules technologies émergentes notables visent l'amélioration de l'équipement.

4.1.8 Soudage et inspection des soudures

Après avoir cintré les conduites ou les joints selon le profil du terrain, on les soude ensemble pour former la canalisation à installer dans la **tranchée**. L'ensemble du processus de soudage, y compris les procédés et leur homologation, est établi durant l'étape de la conception. Il existe deux types de soudage : manuel (à la baguette) ou mécanisé.

4.1.8.1 Soudage manuel et semi-automatique

La qualité de la soudure dépend grandement de l'habileté du soudeur, qui doit maintenir l'apport de chaleur constant en gardant un rythme constant et en utilisant la position, les produits consommables et les réglages de génératrice appropriés.

Chaque soudure d'une canalisation de grand diamètre peut prendre des heures de travail. Le risque de soudure de piètre qualité est élevé en raison de toutes les variables à prendre en compte, en particulier si le soudage se fait en plusieurs passes avec différents paramètres. Le soudeur doit veiller à ce que :

- la soudure soit uniforme;
- la soudure ne contienne pas de saletés et ne présente ni soufflures, ni fissures;
- le matériau à proximité de la soudure n'a pas été endommagé par la chaleur.

Tout écart par rapport au procédé homologué pourrait se traduire par des défauts, qui risqueraient de causer des défaillances durant la durée de vie utile du pipeline. Ce type de soudage sert généralement aux réparations, aux raccordements, aux conduites de petit diamètre et aux pipelines courts.

Pour ce type de soudage, on a souvent recours à un système automatisé de colliers positionneurs intérieurs offrant certains avantages :



Soudage manuel

- Meilleur accès extérieur aux surfaces à souder comparativement aux colliers positionneurs extérieurs.
- Élimination des obstacles que l'on doit parfois contourner à cause des produits consommables du procédé manuel.

Une fois le soudage terminé, les colliers positionneurs sont relâchés, et le soudeur passe à la soudure suivante.

4.1.8.2 Soudage automatique ou mécanisé

Le système de colliers positionneurs intérieurs peut être doté d'une soudeuse, automatique ou non, qui effectue depuis l'intérieur de la conduite la **passerelle de fond** (première couche de métal déposée pour souder deux conduites). Durant les passes suivantes, on remplit le joint de l'extérieur, habituellement à l'aide d'une soudeuse. Ce procédé sert généralement à la construction de longs pipelines de grand diamètre.

Peu importe la méthode employée, il est essentiel de respecter toutes les exigences techniques du procédé de soudage homologué, établies durant les essais d'homologation destructifs et non destructifs auxquels ont été soumis un ou plusieurs échantillons de soudure. Les soudeurs doivent s'exercer à respecter les exigences techniques du procédé avant de le mettre en pratique sur le chantier.

En résumé, le soudage des conduites fait partie intégrante de la construction des pipelines. Les avancées ont permis d'améliorer la qualité des soudures, de réduire leur fréquence de réparation et d'accélérer les procédés. Même si les différents procédés de soudage mécanisé continuent de se perfectionner (augmentation du nombre de têtes de soudage déposant le métal à chaque passe, etc.), le soudage mécanisé est généralement considéré comme la meilleure technologie disponible, surtout pour les pipelines de grand diamètre.

Technologie émergente

Les sociétés exploitantes étudient diverses technologies émergentes de soudage automatique pour améliorer les pratiques actuelles ou remplacer le soudage conventionnel à la baguette.

Une technologie émergente est couramment utilisée dans la construction automobile : le soudage hybride laser-arc. En ce moment, les appareils laser sont encombrants et coûteux, et conviennent mieux aux applications industrielles. Cependant, des appareils plus abordables, petits et puissants, qui pourraient servir à la construction de pipelines, sont actuellement mis au point³¹. D'ailleurs, l'American Society of Mechanical Engineers (ASME) élabore des directives et des normes pour encadrer l'utilisation de cette technologie dans le soudage des pipelines afin que les sociétés exploitantes puissent s'en servir.

Des petits systèmes de soudage automatisés mis au point en atelier pourraient accroître la vitesse et la qualité du soudage et améliorer la collecte de données, mais encore faudrait-il réussir à adapter ces prototypes au soudage de conduites de grand diamètre sur le terrain.

4.1.9 Revêtement des soudures circulaires

À la **tuberie**, on applique un revêtement anticorrosion sur toute la surface extérieure des joints, à l'exception de quelques centimètres à chaque extrémité afin que l'on puisse les souder, après quoi on applique un revêtement anticorrosion sur la soudure et les surfaces adjacentes avant de descendre les conduites dans la tranchée.

On a déjà essayé différents types de protection, notamment des revêtements en ruban et des manchons thermorétractables, qui donnaient des résultats stables pendant un certain temps, mais finissaient par se décoller à cause des interactions à long terme avec le sol.

La meilleure technologie disponible pour les conduites de grand diamètre consiste à appliquer un revêtement époxyde sur les soudures circulaires et les surfaces adjacentes une fois sur le terrain.



*Cabine d'application de revêtements
sur les soudures circulaires*

4.1.10 Évaluation non destructive : radiographie (rayon X), ultrasons et essais et examens du revêtement

Pour assurer l'intégrité du pipeline, il est essentiel que chaque soudure circulaire fasse l'objet d'une évaluation non destructive (END) visant à déceler les défauts pouvant entraîner la formation de fissures. L'accès physique aux conduites est requis pour que l'on puisse examiner directement la présence de détérioration causée par le sol ou les conditions d'exploitation.

Les méthodes courantes comprennent l'examen par rayons X ou ultrasons à l'aide de matériel



Inspection magnétoscopique

fixé à l'extérieur de la conduite, qui fournit une coupe transversale de la soudure en question. Si certains des défauts peuvent être réparés, d'autres nécessitent que l'on refasse la soudure en entier.

Les méthodes d'évaluation directe comprennent les examens :

- radiographiques (rayons X ou gamma);
- ultrasonores;
- électromagnétiques ou par courants de Foucault (induction d'un courant alternatif dans la conduite par un électroaimant);
- magnétoscopiques (induction d'un courant continu générant à l'emplacement de la supposée fissure un champ magnétique qui attire des particules de fer et rend ainsi la fissure visible);
- par ressuage (action capillaire d'un pénétrant mettant en évidence les fissures dans l'acier).

À l'aide de **balais électriques**, on soumet le revêtement des conduites et des soudures à des essais et à des examens pour vérifier qu'aucune imperfection n'expose la surface d'acier. Une fois les imperfections réparées, on les inspecte de nouveau avant de placer la conduite dans la tranchée.

4.1.11 Mise en place et remblayage

Une fois soudées, recouvertes d'un revêtement et inspectées, les conduites sont soulevées des traîneaux en bois et placées dans la **tranchée** par le travail coordonné de plusieurs pose-tubes. Fait à l'œil pour la majeure partie, ce processus doit être surveillé de près pour éviter que les conduites ne soient soumises à des contraintes excessives. On unit ensuite les différents tronçons de canalisation avec des soudures appelées « soudures de raccordement ».

Le processus de base est demeuré fondamentalement le même dans les 50 dernières années, mais il est de plus en plus courant que le matériel de levage soit doté de cellules de charge (capteur ou transducteur convertissant une charge ou une force en signal électronique compréhensible) réduisant le risque de contraintes excessives.

Durant la mise en place, on peut effectuer une dernière vérification de l'intégrité à l'aide d'un **balai électrique** pour détecter les défauts dans le revêtement qui sont passés inaperçus jusque-là ou qui étaient cachés par les traîneaux. À cette étape, il est encore possible de réparer les défauts avant de mettre les conduites en place dans la **tranchée**.



Mise en place dans la tranchée

Une fois les conduites en place et raccordées, on procède au **remblayage** de la **tranchée**. Des techniques à faible incidence sont actuellement disponibles ou mises au point pour réduire au minimum les perturbations causées par les méthodes d'excavation habituelles. Dans certains cas, ces techniques éliminent complètement le **remblayage** *.

4.1.12 Forage directionnel horizontal et microtunnelage

Les sociétés exploitantes ont recours à des méthodes d'installation sans tranchée lorsque les contraintes municipales, environnementales ou spatiales empêchent l'utilisation des méthodes d'excavation habituelles. Parmi les plus courantes, on trouve :

- le **forage directionnel horizontal (FDH)**;
- le **microtunnelage**.

4.1.12.1 Forage directionnel horizontal

Plutôt que d'excaver une tranchée, on fore sous l'obstacle un trou dans lequel on insère un tronçon de canalisation présoudé.

On commence habituellement par forer un trou de guidage avec un **train de tiges** de faible diamètre. Un fluide de forage, injecté à haute pression, brise les mottes de terre et évacue les déblais. On agrandit le trou de guidage jusqu'à la taille souhaitée en plusieurs passes avec des têtes de forage (aléseurs) de plus en plus grandes. Le **train de tiges** peut suivre une trajectoire prédéterminée sous l'obstacle (rivière, important changement d'élévation, installations de services publics, etc.).



Forage directionnel horizontal (FDH)

Cette méthode peut servir à traverser les pentes abruptes ou instables. Certains organismes de réglementation ont élaboré des lignes directrices encadrant l'utilisation du FDH pour installer les pipelines sous les caractéristiques environnementales vulnérables que l'on ne peut éviter autrement (**cours d'eau**, terres humides, plantes rares, sites archéologiques, etc.)³².

Le FDH, ainsi que d'autres méthodes d'installation sans tranchée, devient de plus en plus répandu en raison de son caractère économique et de son taux de réussite croissant.

On s'appuie sur des évaluations **géotechniques** pour choisir le tracé de forage optimal, car les conditions du sol et les obstacles imprévus pourraient endommager la foreuse ou la rendre difficile à manœuvrer.

Défis du FDH

Même si les méthodes d'installation sans tranchée continuent d'évoluer, le FDH présente les défis particuliers suivants.

- **Accident de fracturation** : Rejet accidentel du fluide de forage dans le sol causant des effets environnementaux négatifs[†].

* Les sections 4.2.4 *Gestion du sol* et 4.2.5 *Construction à faible incidence* traitent de ces techniques.

† Voir la section 4.2.1 *Matériaux écologiques*.

- **Sols difficiles** : Il est difficile d'empêcher le fluide de forage, utilisé pour enlever les déblais de la tête de forage, de s'infiltrer dans les sols pulvérulents (sable, gravier, etc.). De plus, on obtient difficilement des parois régulières puisqu'elles s'affaissent dès que le fluide de forage pénètre dans les interstices du sol. Ce problème a en grande partie pu être résolu par le **microtunnelage**, nouveau procédé combinant le FDH et le **forage** à la tarière.

4.1.12.2 Forage à la tarière

Ce procédé convient aux courts franchissements. Il en existe deux types courants, soit à berceau ou à chenilles, qui se distinguent principalement par la façon dont les foreuses sont soutenues. Dans le **forage** par tarière à berceau, la foreuse est soutenue par un berceau suspendu à un **pose-tubes** ordinaire; dans celui à chenilles, la foreuse repose sur des rails installés dans le trou de forage. Peu importe le type, il faut creuser de part et d'autre du franchissement, car on installe la foreuse d'un côté, et de l'autre, on insère les conduites qui seront ensuite raccordées au reste de la canalisation souterraine.



Forage à la tarière

4.1.12.3 Microtunnelage

Le **microtunnelage**, une technologie émergente qui gagne en maturité, permet de surmonter bon nombre des obstacles qui s'opposent aux autres méthodes. Alliant le forage à la tarière dirigé et la maniabilité du FDH, il permet le forage de sols difficiles tels que le sable*. On utilise généralement le **microtunnelage** lorsque le FDH est préférable, mais impraticable.

4.1.13 Derniers raccordements (et méthodes de soudage spécifiques)

Après avoir soumis les différents tronçons d'essai enterrés dans la **tranchée** à une épreuve hydrostatique[†], il faut souder tous les tronçons les uns aux autres pour former une canalisation complète. La longueur de ces tronçons varie en fonction du terrain; ils peuvent mesurer de quelques centaines de mètres en montagne à des dizaines de kilomètres dans les plaines (voir la section 5 *Mise en service*). Les soudures de **raccordement** ressemblent aux soudures circulaires utilisées pour joindre les différentes conduites avant de les mettre en place dans la **tranchée**. Cependant, ces soudures ne peuvent



Soudure de raccordement

* En effet, dans le **microtunnelage**, on insère la conduite dans le trou de forage à mesure qu'il est creusé, ce qui l'empêche de s'affaisser et prévient la perte de résistance du sol à la tête de forage; le **microtunnelage** est donc généralement plus facile à diriger que le FDH. De plus, l'espace excédentaire requis pour réduire la friction est minimale et les déblais sont évacués vers la surface à l'intérieur de la conduite que l'on installe.

[†] Voir la section 5.1 *Épreuve hydrostatique*.

évidemment pas être soumises à une épreuve hydrostatique puisqu'elles font uniquement partie de la canalisation complète. Il faut donc les souder et les inspecter attentivement et, comme pour toutes les soudures circulaires, les soumettre à des examens radiographiques ou ultrasonores complets.

La meilleure technologie disponible consiste à réaliser les soudures de raccordement avec soin, à l'aide d'électrodes basiques, et d'en effectuer l'examen radiographique ou ultrasonore à 360 degrés 24 heures plus tard pour vérifier la présence de fissuration différée.

Les soudures de **raccordement** sont utilisées dans la construction de nouveaux pipelines. Pour le soudage de tronçons ou d'assemblages déjà soumis à des essais adjoints à un pipeline existant (p. ex., réparations ou installation d'ensembles de vannes sur la canalisation principale), on utilise plutôt des soudures « d'introduction ». Évidemment, à moins que le raccordement ne se fasse à une vanne, il faut préalablement purger la canalisation et porter une attention particulière au procédé de soudage (surtout dans le cas des oléoducs) pour éviter que des résidus ne s'enflamment.

Comme pour l'ensemble des tronçons formant la canalisation, tous les nouveaux tronçons sont soumis à une épreuve hydrostatique, et toutes les soudures, à un examen radiographique ou ultrasonore, avant le raccordement au reste de la canalisation, et ce, peu importe la méthode employée (**FDH, microtunnelage ou forage à la tarière**).

4.2 Planification et construction : considérations environnementales

4.2.1 Matériaux écologiques

Les matériaux écologiques sont des substituts aux matériaux conventionnels utilisés dans la construction des pipelines et des installations qui soulèvent, ou qui peuvent soulever, moins de préoccupations environnementales que ces derniers.

En voici des exemples :

- Utilisation de **géotextiles biodégradables** (jute et toile en fibre de coco, etc.) pour réduire l'**érosion**, en remplacement des **géotextiles** non biodégradables en plastique ou en polypropylène, par exemple.
- Aménagement, généralement dans les terres humides, de chemins d'accès temporaires au chantier en **tabliers en bois réutilisables** pour remplacer les diverses couches de matériaux qu'il faut apporter sur place pour la construction, puis transporter ailleurs pour la remise en état des terres.
- Chemins d'accès temporaires en **géogrille** pour réduire au minimum la quantité de carburant nécessaire au transport d'**agrégat** (gravier) sur place et l'orniérage³³.
- Utilisation de **fluides hydrauliques biodégradables ou écologiques** (p. ex., d'origine végétale) dans les engins lourds (bulldozers, excavatrices, foreuse horizontale, etc.) pour les travaux dans l'eau ou à proximité de l'eau (**franchissements de cours d'eau**, terres humides, etc.)³⁴.

- Utilisation de *fluides et de systèmes de forage écologiques* pour le franchissement de cours d'eau sans tranchée (généralement un fluide à base de bentonite, qui élimine les déblais et stabilise le trou). Les fluides de forage à base de bentonite peuvent avoir des effets négatifs sur les habitats aquatiques; pour réduire ces effets au minimum, il faut surveiller le forage de près et réagir immédiatement à tout rejet (appelé « accident de fracturation »; voir la section 4.1.12.1).
- Remplacement des lests de béton par des *lests de géotextile* pour le contrôle de la flottabilité et utilisation de pieux vissés pour ancrer les pipelines lorsque la flottabilité est élevée.

4.2.2 Pollution sonore et lumineuse

Pollution sonore

Divers travaux de construction génèrent de la pollution sonore, par exemple :

- la préparation du chantier (déboisement, terrassement, essouchement, **nivellement**, dynamitage, construction de franchissements par FDH, **forage** sous les routes et les **cours d'eau**, etc.);
- la construction du pipeline et des installations connexes;
- l'aménagement et l'amélioration des chemins d'accès.

Réduction du bruit des travaux

Il existe divers moyens de réduire le bruit produit par le matériel, par exemple :

- installer de meilleurs silencieux;
- utiliser de l'appareillage électrique;
- installer des silencieux commerciaux sur les tuyaux d'échappement;
- disposer le matériel de manière à tirer parti du couvert naturel des caractéristiques du terrain ou des autres structures;
- orienter le matériel de sorte que le bruit produit ne soit pas dirigé vers les **récepteurs** (humains, faune, etc.);
- aménager des écrans acoustiques autour du matériel ou de la zone de travail pour éviter que le bruit ne soit dirigé vers les **récepteurs**;
- restreindre les périodes d'exécution des travaux les jours ouvrables;
- éloigner le matériel des **récepteurs**.

Les politiques et les pratiques en la matière comprennent :

- la mise en œuvre de politiques de réduction du temps de marche au ralenti du matériel et des véhicules;
- l'application de matériel insonorisant sur les barrières pour réduire le bruit provenant de la zone de travail et de certains appareils;
- l'aménagement d'un chantier où les véhicules n'ont pas à reculer pour réduire au minimum les signaux sonores de marche arrière (p. ex., stationnements et points de livraison à sens unique);
- l'intervention rapide en cas de plainte pour réduire au minimum le mécontentement du public;
- la réduction des heures de travail la nuit et la fin de semaine³⁵.

La *technologie émergente* comprend :

- de nouveaux types d'avertisseurs (p. ex., avertisseurs intelligents qui s'ajustent au niveau de bruit **ambiant** et alarmes de recul à large bande de fréquences sans tonalité, c.-à-d. produisant des signaux audibles dans les environs, mais moins stridents et qui ne parcourent que de courtes distances);
- des postes de surveillance du bruit connectés à Internet donnant des indications en temps réel (niveau de bruit, enregistrements audio et messages texte) si le bruit dépasse un certain seuil.

Pollution lumineuse

La majorité de la pollution lumineuse produite durant la construction du pipeline et des installations provient des engins de chantier. La meilleure technologie disponible pour atténuer cette pollution consiste à en tenir compte dans la planification du chantier. On peut notamment :

- installer des lampes horizontales pour contrôler la dispersion lumineuse;
- aménager les stationnements et les postes de ravitaillement de façon à ce que les phares des véhicules ne soient pas dirigés vers les **récepteurs** (résidences à proximité) et les zones fauniques;
- laisser de la végétation d'une certaine hauteur en place pour bloquer la lumière des véhicules.

La *technologie émergente* comprend :

- les diodes électroluminescentes (DEL) écoénergétiques produisant un éclairage à ton chaud, peu dérangent pour les humains et les animaux;
- les lampes à détecteur de mouvement pour les installations afin qu'elles ne restent pas allumées sans raison.

4.2.3 Calendrier de construction

La planification de l'échéancier de construction contribue à la gestion des considérations environnementales, notamment :

- les heures à éviter;
- les **périodes d'activités restreintes (PAR)**;
- les solutions de rechange lorsqu'il est impossible de suivre les lignes directrices sur les activités faisant l'objet de restrictions.

Les travaux ne devraient normalement pas se dérouler sur des sols risquant de se compacter ou de s'orniérer sous le poids des engins (p. ex., sols agricoles trop humides ou terres humides non gelées).

Les sociétés exploitantes évitent aussi les travaux durant les PAR pour les espèces végétales, animales et aquatiques^{20, 21, 36, 37}. Certaines de ces PAR sont prévues par la loi pour protéger les espèces vulnérables, d'autres sont des conditions d'approbation du projet ayant force exécutoire, et d'autres encore sont des lignes directrices pour aider les sociétés exploitantes à se conformer à la législation, à la réglementation et aux politiques fédérales et provinciales sur la protection des ressources naturelles.

Il est préférable de construire les pipelines et leurs installations connexes lorsque les effets environnementaux possibles sont moindres, période qui varie selon la région et les particularités du projet. Par exemple, dans une prairie naturelle, la période idéale serait l'automne et le début de l'hiver puisque :

- la végétation indigène est dormante;
- le sol est suffisamment sec ou gelé;
- aucune PAR pour les oiseaux migrateurs et les autres espèces sauvages préoccupantes n'est en vigueur.

4.2.3.3 Mesures d'atténuation relatives à la construction en période d'activités restreintes

Les PAR et les facteurs temporels sont habituellement intégrés au calendrier des projets, tout comme les facteurs commerciaux et de constructibilité, entre autres. Il est assez courant que les décisions relatives au calendrier de construction soient prises en fonction des périodes particulières. L'Association canadienne de pipelines d'énergie (CEPA) a d'ailleurs publié des pratiques exemplaires provisoires pour la protection des oiseaux migrateurs, comprenant des mesures à prendre lorsque l'on ne peut respecter les périodes particulières³⁸, par exemple procéder au relevé des nids, définir les **marges de recul**³⁸ et déboiser préventivement une partie de l'emprise pour décourager la nidification. L'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP) a quant à elle récemment publié des pratiques exemplaires à l'intention des sociétés d'exploration et de production³⁹. Il est essentiel de tenir compte des restrictions temporelles lorsque l'on construit un pipeline dans l'habitat du caribou des bois*.

4.2.3.4 Documents sur les périodes particulières

La société exploitante prépare les documents suivants, exigés par Environnement et Changement climatique Canada et Pêches et Océans Canada, entre autres, pour informer les entrepreneurs des périodes particulières ou avoir recours à des mesures d'**atténuation** de rechange :

- Cartes-tracés environnementales (CTE)
- **Plans de protection de l'environnement** (PPE)
- Plans de construction et de remise en état propres à chaque site

Autrefois, ces documents étaient en format papier et rarement mis à jour. Aujourd'hui, ils sont généralement numériques et mis à jour régulièrement tout au long de la saison de construction. On s'assure ainsi que les mesures d'**atténuation** les plus appropriées sont prises au bon moment et au bon endroit.

Technologie émergente

La technologie émergente relative aux PAR comprend l'enregistrement et l'envoi quotidien et en temps réel des données sur les nids et les aires de mise bas dans un SIG depuis une tablette, sur le terrain. Les entrepreneurs peuvent ensuite utiliser ces renseignements pour planifier leur horaire quotidien. Bien des systèmes synchronisent directement les restrictions environnementales enregistrées dans le SIG avec le système de positionnement global (GPS) des

* La section 2.2.1.5 *Protection et rétablissement de l'habitat du caribou* traite des mesures de gestion en la matière, y compris des technologies disponibles et émergentes. De même, les **périodes particulières** pour la pêche sont abordées à la section 4.2.7 *Franchissements de cours d'eau*.

engins de chantier pour éviter que les travaux ne se déroulent durant une PAR, à moins que les études environnementales préalables à la construction en autorisent la société ou que des mesures d'**atténuation** soient en place pour protéger les ressources.

De plus en plus, on utilise des caméras thermiques pour repérer les tanières et les nids occupés avant la construction. En effet, ceux-ci émettent des rayonnements infrarouges que les caméras captent à travers la végétation et la neige. La technologie émergente en la matière vise l'amélioration des caméras et de la qualité de l'image.

4.2.4 Gestion du sol

Il est essentiel de gérer le sol adéquatement tout au long de la construction du pipeline et des installations pour réduire au minimum les effets qui pourraient en diminuer la productivité. Dans le secteur pipelinier, on a depuis longtemps recours à des pratiques de gestion pour retirer, stocker et remettre en place le sol de surface^{20, 36, 40, 41}. Est fondé sur ces pratiques le PPE accompagnant la demande d'approbation des projets déposée auprès de l'organisme de réglementation.

4.2.4.1 Manipulation du sol

La meilleure technologie disponible pour la manipulation du sol le long de l'emprise est généralement intégrée au PPE (ou aux plans d'urgence connexes, comme il se doit) et peut notamment comprendre les mesures suivantes :

- Éviter ou limiter la manipulation du sol.
- Utiliser du matériel spécialisé (godets étroits pour creuser les tranchées, **trancheuses à roue**, matériel à faible pression au sol, etc.) lorsque les conditions météo sont défavorables (p. ex., période de pluies abondantes, fonte des neiges et sécheresse extrême).
- Recouvrir le sol exposé de **matelas antiérosion en géotextile**.
- Appliquer des agents poisseux chimiques sur le sol exposé pour y créer une surface collante.
- Utiliser le **paillage** pour stabiliser les zones perturbées et les amoncellements de déblais et réduire le risque d'**érosion** par le vent (le contrôle de l'**érosion** et des **sédiments** est abordé ci-dessous).

On recommande les pratiques de **remblayage** suivantes pour prévenir l'**affaissement** du sol ou l'**érosion** excessive du remblai et des matériaux de soutien^{42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49} :

- Étudier les propriétés des sols sur le tracé du pipeline durant la planification du projet pour repérer ceux qui ne conviennent pas au **remblayage**.
- Effectuer le **remblayage** avec des matériaux locaux le plus rapidement possible après l'installation de la canalisation pour éviter que de l'eau ne s'écoule dans la **tranchée**.
- S'il y a lieu, replacer les différents **horizons du sol** en ordre inverse avec une épaisseur et une densité appropriées.
- Recouvrir les conduites d'une couche de terre ou de sable de type approprié si le sol est trop rocailleux et risque d'endommager la canalisation ou son revêtement.
- Utiliser les godets des engins plutôt que leurs lames pour remblayer la **tranchée**.
- **Dénoyer** les tranchées inondées avant de les remblayer.

- Surveiller et tenir à jour les données de **compactage**.
- Appliquer de la terre végétale sur le remblai pour faciliter la revégétalisation.
- Bomber la surface de la **tranchée** pour prévenir l'accumulation d'eau et atténuer l'**affaissement** et le tassement mineurs.
- Aplanir certains endroits pour maintenir un drainage adéquat.

D'autres des pratiques environnementales décrites dans cette section, comme les techniques de **construction à faible incidence***, comprennent des mesures de réduction de la quantité de sol à manipuler et à gérer. Elles suggèrent des manières d'éviter les zones préoccupantes, par exemple celles sujettes à l'**érosion** par le vent et l'eau (pentes abruptes, zones près d'un **cours d'eau**, etc.).

4.2.4.2 Contrôle de l'érosion et des sédiments

Les activités qui perturbent le sol près des pipelines et des installations, y compris les nouvelles constructions et les travaux d'entretien, exposent les sols à un risque d'**érosion** par le vent et l'eau, qui peuvent aussi transporter du **limon** et des **sédiments** vers des caractéristiques vulnérables (**cours d'eau**, terres humides, etc.), ce qui risque de mettre en danger l'habitat du poisson, les espèces aquatiques et la végétation. De plus, le vent peut éroder la terre végétale, diminuant possiblement la productivité du sol. Il faut donc élaborer, durant l'étape de la conception, un plan de contrôle de l'érosion et des sédiments, qui peut comprendre des exigences particulières pour les sites en question.

4.2.4.3 Mesures courantes de contrôle de l'érosion et des sédiments

Voici une liste des *meilleures technologies disponibles* pour la construction de pipelines^{50, 51, 52} :

- **Barrières contre les sédiments** (**clôture antiérosion** ou boudins antiérosion en fibres ou de coco) conçues pour retirer le **limon** de l'écoulement de surface en cas de pluie ou d'orage. Elles s'installent à la limite de la zone de travail.
- **Digues d'interception et de déviation** (sol compact ou boudins antiérosion en fibres ou de coco) dérivant les eaux pluviales de l'emprise vers des zones de végétation intacte et réduisant la vitesse du ruissellement pour éviter qu'il n'érode les sols exposés.
- **Dénoyage** de la **tranchée** et de l'emprise par pompage et passage de l'eau dans des dispositifs de filtration (sacs filtrants, **bassins de sédimentation**, etc.) jusqu'à des zones de végétation intacte pour réduire au minimum la quantité de **limon** et de **sédiments** rejetés.
- **Fossés de dérivation** (semblables aux **digues d'interception**) dérivant l'eau vers des zones végétalisées ou des caractéristiques naturelles assurant le drainage de surface (rigoles, fossés, etc.) et ralentissant l'écoulement de l'eau pour réduire l'**érosion** au minimum en cas de pluie.
- **Mesures non végétales de stabilisation des sols** (**matelas antiérosion**, nappes, pierres, etc.) et mesures temporaires mises en place après le nettoyage du chantier ou si le sol demeure exposé pour plus de 30 jours, qui visent à prévenir l'**érosion** du sol lorsqu'il n'y a pas suffisamment de végétation pour prévenir le rejet de **limon** et de **sédiments**.

* Voir la section 4.2.5 *Construction à faible incidence*.

- **Ensemencement temporaire avec cultures-abris** (p. ex., seigle annuel ou avoine) si le sol demeure exposé pendant une durée prolongée (terre empilée pendant plus de 30 jours).
- **Mesures de rétablissement permanent**, y compris l'ensemencement d'espèces indigènes avec **cultures-abris** (seigle annuel ou avoine).
- **Clôture en géotextile** (nontissé sur treillis métallique) laissant l'eau passer tout en filtrant une partie du **limon** et des **sédiments**.
- **Boudins antiérosion** ligneux ou en paillis recouverts d'un filet en **polymère** agissant comme filtre tridimensionnel, ayant une meilleure capacité de contrôle des sédiments que les **clôtures antiérosion** en tissu et pouvant être utilisés dans les pentes abruptes pour ralentir l'écoulement de l'eau de pluie.
- **Paillage par projection hydraulique (ou matrice de nontissé)** sur les sols exposés. Le paillis est composé de graines mélangées à des **amendements** qui stabilisent le sol pendant la germination.

Qualification

Selon les pratiques exemplaires, les mesures de contrôle de l'**érosion** et des **sédiments** devraient être inspectées par une personne qualifiée; au Canada, les titres professionnels reconnus comprennent ceux de CISEC et de CPESC⁵³.

Technologie émergente

- Le projet Innovative Pipeline Strategies⁵⁴, mis au point au Evergreen Centre for Resource Excellence and Innovation⁵⁵, vise à réduire au minimum les répercussions de la construction de pipelines par la recherche et le développement de procédés de manipulation du sol à faible incidence. Le projet est axé sur la mise à l'essai de nouvelles méthodes d'excavation, de matériel de récupération du sol, de **roues de compactage** et de **lames de finition**.
- L'application directe de **polymères** sur les sols exposés réduit efficacement la quantité de **sédiments** libérés. Les **polymères** servent aussi à la **floculation** de l'eau **turbide** rejetée par les chantiers⁵⁶.
- On utilise désormais des outils en ligne pour consigner les inspections et la modification des mesures de contrôle de l'**érosion** et des **sédiments**. Ces outils peuvent comprendre des plans de contrôle, des rapports d'inspection et des photos, en plus de faire état des révisions approuvées des plans, auxquels ont accès la société exploitante, les inspecteurs environnementaux, les ingénieurs, les entrepreneurs et les organismes de réglementation, ce qui favorise la transparence entre le personnel chargé du projet et les autres parties prenantes⁵³. Ces outils facilitent également l'échange d'information durant les étapes de la construction, de l'exploitation et de la **cessation d'exploitation**.

4.2.5 Construction à faible incidence

La **construction à faible incidence** réduit le degré de perturbation des ressources terrestres telles que les terres agricoles ou boisées, la végétation indigène et les habitats fauniques. On peut réduire au minimum les effets environnementaux en diminuant :

- la perturbation et la manipulation du sol;
- le déboisement;
- la perturbation de la **natte racinaire**;

- le **compactage** du sol.

Les méthodes à faible incidence sont courantes dans les endroits vulnérables difficiles à **remettre en état** ou à **revégétaliser**, comme les terres humides et les prairies naturelles, mais leur utilisation peut également être justifiée ou possible sur de grandes distances ou pour des projets entiers.

4.2.5.1 Pratiques à faible incidence

Les pratiques à faible incidence comprennent les suivantes :

- Aménager un minimum de chemins d'accès, ce qui signifie :
 - utiliser les chemins existants et réduire au minimum le terrassement;
 - passer sur la végétation indigène lorsque c'est approprié.
- Utiliser du matériel de déboisement et de construction à faible pression au sol.
- Réduire au minimum la largeur de l'emprise.
- Utiliser des barrières physiques (**plateformes modulaires**, chemins de branchages, etc.) pour réduire la perturbation de la végétation et du sol.
- **Décaper** une surface correspondant exactement à la largeur de la tranchée ou ne procéder que par **déblayage-remblayage**.
- Utiliser du matériel spécialisé (outil de **décapage** de sols gelés, etc.) pour éviter le mélange des couches.
- Éviter de perturber la **natte racinaire** durant le déboisement et laisser les arbres et arbustes repousser sur l'emprise après la construction (ce sont là des techniques dites de « perturbation minimale à la surface » [PMS])⁵⁷.
- Utiliser des méthodes d'installation sans tranchée (FDH, **microtunnelage**, etc.), courantes pour les franchissements de **cours d'eau** (voir la description de ces techniques à la section 4.1.12 *Forage directionnel horizontal et microtunnelage*).

4.2.6 Gestion des roches acides

Il est possible que l'on perturbe les **substrats rocheux** peu profonds et les affleurements durant les activités de construction (déboisement, excavation, dynamitage, etc.)⁵⁸. Dans certaines conditions naturelles, l'exposition de roches contenant des minéraux sulfurés à l'air ou à l'eau peut produire un **drainage rocheux acide** et entraîner la **lixiviation** des métaux, qui risquent de rendre l'eau de ruissellement toxique pour les organismes aquatiques et terrestres^{4, 58}.

Durant la planification de la construction, on peut repérer les zones d'excavation propices au **drainage rocheux acide** à l'aide des renseignements disponibles ou de programmes d'échantillonnage^{4, 59, 60}. Pour atténuer ce risque, on peut éviter les zones en question, couvrir les roches acides de roches non acidogènes ou les mélanger à un agent neutralisant, dévier l'eau de ruissellement et recueillir puis traiter les eaux d'exhaure^{4, 59}.

Il existe une autre mesure d'**atténuation** efficace mais peu courante : le confinement **subaquatique**, qui consiste à déplacer les roches acides au fond d'un plan d'eau (douce ou océanique) pour éviter qu'elles ne soient exposées à l'air, ce qui prévient l'oxydation des minéraux sulfurés et la **lixiviation** des métaux qui y en découle.

4.2.7 Franchissements de cours d'eau

La conception des franchissements de **cours d'eau** doit tenir compte de plusieurs facteurs tels que les normes techniques, les données **géotechniques**, le débit prévu des cours d'eau et les considérations environnementales (poissons et leurs habitats, végétation, habitats fauniques, etc.)⁶¹. Un survol des méthodes et des mesures d'**atténuation** couramment employées dans l'installation de pipelines sous un cours d'eau est présenté dans le guide *Pipeline Associated Watercourse Crossings*, un document d'orientation approuvé tant par les organismes de réglementation que par l'industrie*.

Les principaux types de franchissements de cours d'eau sont les suivants :

- Souterrain sans tranchée
- Aérien ou en surface
- Avec tranchée isolée
- Avec tranchée dans le cours d'eau

4.2.7.1 Franchissement souterrain sans tranchée

Les méthodes de franchissement souterrain sans tranchée (FDH, **microtunnelage**, forage en tunnel, **perçage** et **forage** – voir la section 4.1.12) constituent la meilleure technologie disponible pour éviter les travaux dans les **cours d'eau**, mais leur faisabilité doit être confirmée par une étude **géotechnique**.

- Le **FDH** convient aux longs franchissements de **cours d'eau** (la longueur dépend des dimensions de la canalisation, des conditions du point de franchissement et d'autres variables) d'environ 4 km tout au plus; la longueur maximale est inversement proportionnelle au diamètre de la canalisation.
- Le **microtunnelage** convient aux courtes distances (la longueur varie selon la méthode employée, le diamètre de la canalisation et les conditions sur sol).
- Le **forage en tunnel** utilise moins de fluides de forage, convient à des pressions moindres que le FDH et le **microtunnelage** et réduit le risque de rejet accidentel de fluides.
- Le **perçage** et le **forage horizontal** n'utilisent aucun fluide de forage sous pression, ce qui élimine le risque de rejet accidentel. En revanche, ils perturbent habituellement plus la surface que les autres méthodes.

Durant les travaux d'installation sans tranchée, on contrôle de la qualité de l'eau pour surveiller les rejets de fluides de forage. On peut d'ailleurs utiliser des systèmes d'alarme à distance pour détecter automatiquement la présence de fluides et arrêter les travaux de forage, s'il y a lieu.

4.2.7.2 Franchissement en surface

Les franchissements en surface (ou aériens) peuvent être à **portée libre**, c'est-à-dire entièrement construits hors du cours d'eau, lorsque la distance à franchir est assez courte. Ils peuvent aussi être installés en dessous ou sur le long des ponts pour tirer parti des **infrastructures** existantes ou nouvelles.



Franchissement en surface

* Voir *Pipeline Associated Watercourse Crossings*, quatrième édition, 2012⁴².

4.2.7.3 Franchissement avec tranchée isolée

Les techniques de franchissement avec tranchée sont préférables lorsqu'un **cours d'eau** est asséché ou gelé jusqu'au fond, mais on peut aussi utiliser des méthodes de franchissement avec tranchée isolée (**barrage et pompe** ou **canal sur appuis**) :

- pour les courts franchissements;
- lorsqu'on ne peut employer les méthodes sans tranchée (p. ex., à cause du **substrat rocheux**);
- lorsqu'il y a un risque de rejet accidentel de fluides de forage (p. ex., à cause d'une subsurface poreuse ou meuble).

Les méthodes d'isolation préviennent ou réduisent au minimum la formation de sédiments dans les **cours d'eau** en fonction des caractéristiques du chenal et du débit des eaux. L'écoulement en aval est assuré par un **canal sur appuis** ou un ensemble **barrage et pompe**. Les poissons qui se retrouvent dans la partie isolée du **cours d'eau** peuvent être relâchés en aval. On peut soit retirer, stocker séparément puis remettre place la couche supérieure du **substrat du chenal**, soit la remplacer par des roches propres, transportées par camion. On redonne au lit et aux berges du chenal leur tracé et leur inclinaison d'origine, et on stabilise et **revégétalise** les berges et les zones de végétation.



Franchissement avec tranchée isolée

Pour stabiliser et revégétaliser le terrain, on peut employer des techniques de génie biologique et des matières naturelles prélevées localement (revêtements d'arbres, murs-caissons vivants, rouleaux de terre naturels, boutures, etc.). On peut également retirer la végétation, mais pas les racines, qui continueront de stabiliser les berges et faciliteront la revégétalisation après la construction du franchissement. Les techniques de franchissement avec **tranchée** non isolée sont généralement évitées en présence d'un courant d'eau, à moins d'être l'unique option ou que la méthode privilégiée n'échoue.

4.2.7.4 Franchissement avec tranchée dans le cours d'eau

Dans la mesure du possible, on évite les franchissements avec tranchée dans un **cours d'eau**. Autrement, certaines mesures d'**atténuation** sont nécessaires⁶². Une description des meilleures technologies disponibles pour les franchissements de **cours d'eau** permanents et temporaires se trouve dans le document d'orientation *Pipeline Associated Watercourse Crossings*^{42, 63}.

Plan de franchissement propre au cours d'eau

Durant l'étape de la conception du projet, on peut élaborer un plan de franchissement pour chaque **cours d'eau** vulnérable, qui indiquera comment :

- réduire au minimum la durée des travaux dans le **cours d'eau**;
- en respecter les périodes particulières (éviter les périodes saisonnières très risquées du cycle de vie des organismes aquatiques);
- maintenir le débit d'eau propre et, dans la mesure du possible, éliminer les **sédiments** ou les matières en suspension rejetés dans le **cours d'eau**;
- réduire au minimum la perturbation du lit et des berges;
- réduire au minimum l'**érosion** du lit et des berges;
- utiliser des mesures de contrôle des **sédiments**, s'il y a lieu;
- éviter de nuire à l'écoulement en aval.

De plus, ces plans précisent comment :

- remettre en état les zones **riveraines** et d'approche pour prévenir ou réduire au minimum le rejet de **sédiments** dans le **cours d'eau**;
- veiller à ce qu'aucune matière pouvant être préjudiciable (**sédiments**, carburant, etc.) ne soit rejetée dans un **cours d'eau**;
- appliquer des mesures de **compensation** si l'on ne peut prévenir ou atténuer les effets négatifs;
- mettre en œuvre un programme de surveillance pluriannuel pour évaluer le succès des mesures d'**atténuation**, de remise en état et de **compensation**;
- consigner les améliorations possibles aux procédés et aux caractéristiques techniques⁴².

Les plans doivent aussi tenir compte de l'**épaisseur de couverture** (distance entre le dessus d'une conduite souterraine et la surface), élément important pour les **franchissements de cours d'eau avec tranchée**. Il existe deux approches courantes pour déterminer l'**épaisseur de couverture** minimale dans le lit d'un **cours d'eau** :

- Respecter l'**épaisseur de couverture** minimale prévue par :
 - les normes du secteur (CSA Z662, etc.);
 - les normes et les lignes directrices de la société exploitante^{43, 44};
 - les critères des organismes de réglementation locaux.
- Évaluer l'érosion, l'enfoncement et les mouvements latéraux potentiels du **cours d'eau** pour déterminer l'amincissement possible de l'**épaisseur de couverture** à long terme^{*, 64, 65}.

La cinquième édition du guide *Pipeline Associated Watercourse Crossings*, à paraître bientôt, comprend un outil d'autoévaluation fondé sur la *Loi sur les pêches* qui aidera les sociétés exploitantes à évaluer la probabilité qu'un pipeline et ses ponts temporaires aient une incidence grave sur le poisson, et à respecter leurs obligations légales relatives aux espèces aquatiques.

* Pour ce faire, on peut utiliser les méthodes mises au point par Lacey (1931) et Blench (1970) ainsi que les relations établies par Pemberton et Lara (1984), décrites dans le *National Engineering Handbook* du département de l'Agriculture des États-Unis, partie 654 (*Stream Restoration Design*).

4.2.8 Gestion des espèces envahissantes

Les activités qui perturbent le sol autour des pipelines et de leurs installations peuvent favoriser la propagation des **espèces envahissantes**, y compris les mauvaises herbes et les pathogènes du sol.

4.2.8.1 Réduction du risque de propagation des espèces envahissantes

Pour réduire le risque de propagation des espèces envahissantes, on recommande les pratiques exemplaires ci-dessous^{66, 67}.

Planification

- Repérer et noter les zones abritant des **espèces envahissantes** en effectuant des études préconstruction et en consultant les propriétaires fonciers.
- Mettre au point des plans d'**atténuation** et de traitement pour réduire la propagation durant les travaux et l'infestation durant l'exploitation du pipeline et des installations connexes.
- Élaborer un plan de contrôle de l'**érosion** et des **sédiments** approprié pour limiter l'érosion du sol et la dispersion des semences.
- Informer le personnel responsable de l'exploitation et de la construction des risques liés aux **espèces envahissantes** et lui indiquer comment les identifier.

Procédures

- Mettre en place une procédure pour que l'équipement soit nettoyé avant de passer d'un site infesté à un site non infesté, de manière à réduire le risque de propagation des **espèces envahissantes** et des maladies présentes dans le sol telles que la hernie des crucifères et le nématode du soja. Le document *Clean Equipment Protocol for Industry*⁶⁸ contient des procédures pertinentes et des listes de vérification.
- Limiter les perturbations qui pourraient créer des conditions propices à l'implantation des **espèces envahissantes**.
- Conserver la terre et les amoncellements de déblais à l'intérieur des limites de la zone de travail, surtout si des **espèces envahissantes** s'y trouvent, mais pas dans les zones environnantes.
- Revégétaliser les zones perturbées le plus rapidement possible pour empêcher les **espèces envahissantes** de s'implanter et de supplanter les espèces indigènes. Une **culture-abri** à croissance rapide (p. ex., seigle annuel ou avoine) réduit au minimum la croissance des **espèces envahissantes** tout en prévenant l'**érosion**^{66, 67}.
- Faire affaire avec des fournisseurs de semences certifiées pour réduire le risque que le mélange contienne des semences d'**espèces envahissantes**.
- Obtenir de l'**agrégat** exempt de mauvaises herbes.
- Veiller à ce que tout le matériel de construction soit exempt de semences de mauvaises herbes avant d'entrer sur le chantier.
- Nettoyer tout le matériel avant d'entrer dans une zone vulnérable (p. ex., fermes biologiques).
- Informer le personnel responsable de l'exploitation et de la construction des risques liés aux **espèces envahissantes** et lui indiquer comment les identifier.

Exemples d'espèces problématiques

Plasmodiophora brassicae (causant la hernie des crucifères)

Cette espèce pose des défis de gestion uniques en raison de sa dissémination facile par l'équipement agricole et les engins de chantier contaminés ou par le vent. La hernie des crucifères est difficile à éradiquer, et il n'existe aucun agent de lutte chimique efficace. La construction et l'exploitation des pipelines doivent tenir compte des procédures de nettoyage de l'équipement indiquées dans les plans de gestion de cette espèce. Un nombre grandissant de recherches et technologies concernant la hernie des crucifères sont mises à disposition par diverses sources, notamment le site Web du Conseil canadien du canola*.

Dreissena polymorpha (moule zébrée)

Cet animal est un exemple d'espèce dulcicole envahissante causant son lot de problèmes (environnementaux et autres) dans les milieux qu'elle colonise. Par exemple, elle peut faire fuir les espèces indigènes, boucher les pipelines, perturber le fonctionnement des usines de traitement des eaux et propager des maladies telles que le botulisme^{69, 70}. La moule zébrée peut être transportée par l'équipement de construction et d'entretien de franchissements de **cours d'eau**, et, comme d'autres espèces, elle peut être présente dans l'eau prélevée pour les **épreuves hydrostatiques**; c'est d'ailleurs l'une des raisons pour lesquelles on interdit que cette eau franchisse la **ligne de partage des eaux**. Le nettoyage minutieux et le séchage complet de l'équipement avant son déplacement réduisent le risque que l'on transporte des moules zébrées et d'autres **espèces envahissantes** aquatiques vers de nouveaux endroits.

Technologie émergente

La technologie émergente pour la gestion des **espèces envahissantes** sur l'emprise des pipelines comprend l'utilisation d'appareils mobiles (téléphones intelligents, tablettes et GPS) pour identifier les **espèces envahissantes**, en enregistrer l'emplacement dans un outil cartographique en ligne et indiquer :

- l'emplacement souhaitable des stations de nettoyage de l'équipement;
- les endroits où obtenir de l'agrégat et de la terre propres;
- les zones où la revégétalisation et la gestion des mauvaises herbes risquent de poser problème.

Grâce à ces données numériques accessibles sur le terrain et faciles à actualiser, il est beaucoup plus simple pour les entrepreneurs d'éviter les zones abritant des **espèces envahissantes** et de mettre en œuvre des mesures d'**atténuation** au besoin.

4.2.9 Protection de l'usage des terres et des ressources à des fins traditionnelles par les Autochtones

Les exigences et directives de la réglementation concernant les considérations environnementales des utilisations traditionnelles (UT) et des connaissances écologiques traditionnelles (CET) qui entrent dans la planification et la construction de pipelines sont en grande partie décrites dans le *Guide de dépôt* de l'Office. Certaines directives fédérales et provinciales prévoient que les connaissances traditionnelles des peuples autochtones soient prises en compte dans différents aspects des projets pipeliniers, en particulier les demandes réglementaires et la

* www.clubroot.ca

planification^{71, 72, 73}. Les pratiques et les procédures concernant les UT et les CET varient d'un projet à l'autre et sont souvent dictées par les conditions d'approbation ou les politiques internes de la société plutôt que par un code normalisé.

Les meilleures technologies disponibles et émergentes pour atténuer l'incidence du projet sur divers aspects environnementaux (faune, végétation, milieux aquatiques, ressources historiques, environnements acoustique et atmosphérique, etc.) s'appliquent également aux ressources utilisées à des fins traditionnelles et aux écosystèmes qui les soutiennent.

Voici plusieurs pratiques actuelles considérées comme la meilleure technologie disponible pour la préservation des UT.

Collaborer avec les groupes autochtones (au début et tout au long du projet) pour :

- repérer les zones et les lieux utilisés à des fins traditionnelles durant l'établissement du tracé détaillé;
- mettre au point des mesures pour éliminer ou réduire au minimum les effets sur l'accessibilité, la quantité et la qualité des ressources traditionnelles, en particulier pendant les principales périodes d'utilisation;
- obtenir leur avis sur le calendrier de construction et le processus de planification;
- collaborer avec des surveillants des groupes autochtones possiblement touchés pour établir et mettre en place des mesures d'**atténuation** pour les UT;
- leur donner la possibilité d'organiser une cérémonie ou d'observer certaines coutumes avant la perturbation du site, s'il y a lieu;
- indemniser les trappeurs et les récolteurs pour les pertes causées par la construction.

Autres stratégies

- Élargir la coopération avec les groupes autochtones pour mettre au point des programmes d'étude des UT et des CET afin de recueillir des renseignements importants à inclure dans la planification du projet et le processus réglementaire.
- Collaborer avec les peuples autochtones possiblement touchés.
- Ajouter l'usage traditionnel des terres et des ressources aux facteurs importants à prendre en compte dans l'ÉES.
- Repérer les occasions de récolter les ressources utilisées à des fins traditionnelles avant la perturbation du site.
- Appliquer des mesures d'**atténuation** des effets environnementaux sur les ressources utilisées à des fins traditionnelles et les écosystèmes qui les soutiennent.
- Appliquer des techniques entraînant une perturbation minimale de la surface pour réduire les effets sur les plantes utilisées à des fins traditionnelles.
- Surveiller les effets à long terme de la construction sur la viabilité.

Technologies et pratiques émergentes

- Mise en place de pépinières de plantes indigènes.
- Formations sur la récolte de semences et la transplantation des plantes indigènes⁷⁴.
- Utilisation d'espèces indigènes pour la remise en état.
- Avancées relatives à la transplantation de la végétation importante (plantes médicinales, etc.).
- Considération des UT et des CET dans la planification de la remise en état⁷⁴.

- **Compensation** pour la perte d'habitat des espèces importantes touchées.
- Consultation des groupes autochtones pour élaborer des normes autochtones de remise en état⁷⁴.
- Mise sur pied d'un comité consultatif avec les groupes autochtones pour améliorer la communication de renseignements⁷⁴.
- Communication claire aux groupes autochtones possiblement touchés de l'incidence des UT et des CET sur la planification du projet et le processus réglementaire⁷⁵.

4.2.10 Réduction des émissions de gaz à effet de serre et de méthane issues de la construction

Les émissions de GES issues de la construction des pipelines et des installations connexes proviennent principalement des engins de chantier. La meilleure technologie disponible pour les réduire consiste donc à utiliser des engins écoénergétiques²⁵.

Ensemble, *les principes de planification et les mesures d'atténuation* peuvent réduire la quantité de contaminants et de GES rejetés dans l'atmosphère durant la construction*. Des exemples suivent.

- Utiliser des engins modernes et bien entretenus ayant le taux d'émission le plus faible possible.
- Employer des engins électriques ou utilisant un carburant de remplacement.
- Réduire au minimum le temps de fonctionnement, y compris au ralenti.
- Utiliser de l'équipement disponible localement.
- Réduire au minimum le nombre de véhicules requis pour transporter le personnel et l'équipement ainsi que la distance à parcourir (p. ex., utiliser des fourgonnettes et aménager les camps près du chantier).
- Réduire le nombre de voyages requis pour le transport des matériaux de construction par une bonne planification.

On peut réduire encore davantage les émissions issues de la construction grâce à de nouvelles technologies qui diminuent la consommation énergétique de l'équipement, par exemple des éclairages, des logements et des **infrastructures** de soutien écoénergétiques.

Le suivi et la compensation des émissions de GES représentent une approche relativement nouvelle dans le secteur pipelinier, qui pourrait par ailleurs être une condition réglementaire. Les renseignements suivants pourraient par exemple être exigés pour prouver la compensation des émissions de GES issues de la construction :

- la description des mesures compensatoires possibles et de leurs critères d'évaluation;
- l'ampleur des mesures compensatoires proposées;
- la confirmation que les mesures peuvent être inscrites auprès d'un organisme de vérification externe;

* Des renseignements sur la gestion des émissions dégagées durant la phase d'exploitation se trouvent à la section 6.2.9 *Gestion des émissions atmosphériques*.

- une confirmation vérifiable qu’aucune augmentation nette des GES ne s’est produite durant l’étape de la construction⁷⁶.

4.2.11 Remise en état de l’emprise

Dernière étape du processus de construction des pipelines, la remise en état consiste à redonner à l’emprise son potentiel d’utilisation d’origine grâce à des pratiques et à des techniques précises. Certaines mesures visent également les sites des installations.

4.2.11.1 Pratiques de remise en état

Les pratiques de remise en état peuvent comprendre :

- la remise en place de la terre végétale récupérée;
- le rétablissement du relief;
- le rétablissement du drainage superficiel et la revégétalisation;
- l’application de mesures pour corriger les effets de la construction sur la capacité du sol (**compactage**, mélange des couches, accroissement de la pierrosité, etc.).

La surveillance et l’entretien continu de l’emprise sont nécessaires pour vérifier le succès de la remise en état et ainsi remplir les conditions de l’approbation réglementaire et les attentes des propriétaires fonciers (mauvaises herbes sous contrôle, absence d’affaissement dans la **tranchée**, etc.).

Les pratiques de remise en état varient selon le territoire de compétence, la région biogéographique, le type de végétation et l’utilisation des terres. Par exemple, la revégétalisation d’une terre agricole consiste principalement à recréer des conditions propices à la croissance des cultures, alors que la remise en état de zones de végétation indigène nécessite différents processus d’ensemencement et de plantation pour que la régénération naturelle prenne le dessus. Elle peut également comprendre des mesures de conservation ou d’amélioration de l’habitat faunique*.

4.2.11.2 Techniques de remise en état

Il existe de nombreuses techniques de remise en état de l’emprise selon son emplacement et l’utilisation que l’on veut en faire, notamment :

- revégétaliser les terres immédiatement après la construction pour que les plantes poussent suffisamment pour régler les problèmes d’**érosion** en une seule saison de croissance ou ensemencer immédiatement les zones sujettes à l’**érosion** avec des cultures de couverture pour les protéger;
- utiliser de l’équipement agricole ordinaire sur les terres agricoles (**défonceuses, herses et charrues sous-soleuses**) pour atténuer le **compactage**, la pierrosité et le mélange des couches excessifs en surface;
- utiliser des pelles rétrocaveuses avec godet de nettoyage spécialisé pour éviter le **scalpage** des prairies naturelles;
- reboiser les terres forestières pour réduire le risque d’**érosion** et de sédimentation, surtout près des franchissements de **cours d’eau**.

* Voir la section 2.2.1.5 *Protection et rétablissement de l’habitat du caribou*.

4.2.11.3 Remise en état des sites des installations

Les sites des installations sont habituellement clôturés, gravelés et dépourvus de végétation pour des raisons d'exploitation et de sécurité. Leur remise en état consiste généralement à assurer leur stabilité durant l'étape de l'exploitation et à y conserver les tas de terre destinés à la remise en état finale, après la désaffectation des installations. L'entretien des tas de terre comprend le contrôle de l'**érosion** et la gestion des eaux de surface et des mauvaises herbes.

Technologie émergente

La recherche et la surveillance dans le domaine de la remise en état se poursuivent activement. Voici une description de quelques-unes des technologies émergentes visant à accélérer la revégétalisation :

- **Utilisation de sols artificiels**, par épandage de paillis ou d'une **matrice** et d'un mélange de semences sur les sols exposés. Le paillis ou la **matrice** assure le contrôle de l'**érosion** et fournit des éléments nutritifs qui favorisent la croissance rapide des végétaux.
- **Repiquage de semis de fétuque** pour les communautés végétales sensibles (p. ex., prairies de **fétuque** scabre des contreforts) difficiles à **revégétaliser** par ensemencement ou régénération naturelle. Cette méthode a connu un certain succès dans le cadre d'essais sur les sites de puits abandonnés et pourrait faire partie d'une stratégie de revégétalisation de l'emprise de pipelines devant nécessairement traverser des communautés de **fétuque scabre**⁷⁷.

5.0 MISE EN SERVICE

Après la construction vient la mise en service, qui consiste à effectuer les derniers essais et examens détaillés pour vérifier l'intégrité de la canalisation et la déclarer prête à l'emploi. Les sections suivantes décrivent les meilleures technologies disponibles et émergentes pour cette étape.

5.1 Épreuve hydrostatique

Le pipeline et ses composantes sont soumis à des essais sous pression avant d'être mis en service. Pour ce faire, on peut utiliser diverses substances, comme un gaz (p. ex air sec), le produit à transporter (p. ex., pétrole ou gaz) ou de l'eau. Puisque l'on utilise généralement de l'eau, ces essais sont appelés « épreuve hydrostatique ».

5.1.1 Procédure

1. Pour vérifier la résistance et l'étanchéité du pipeline, on le remplit d'eau et on le soumet à une pression supérieure à la pression maximale d'exploitation pour révéler les défauts dans la canalisation ou les soudures⁷⁸.
2. Pour mettre à l'essai la résistance du pipeline, on élève sa pression à une valeur entre 125 et 150 % de sa pression maximale d'exploitation (selon l'emplacement), que l'on maintient pendant une durée précise (habituellement quatre heures)*.
3. Pour vérifier la présence de fuites, on abaisse ensuite la pression à 110 % de la pression maximale d'exploitation et on la maintient aussi à ce niveau pendant une durée précise (habituellement quatre heures, encore une fois). Si l'un ou l'autre de ces essais révèle un défaut, on répare le pipeline et recommence l'épreuve.

5.1.2 Mesures de protection de l'environnement pour le prélèvement et l'évacuation de l'eau

Pour construire le pipeline et réaliser l'**épreuve hydrostatique**, il faut prélever temporairement de l'eau des plans d'eau naturels, tout en en laissant suffisamment pour assurer la survie des écosystèmes aquatiques. Les exigences relatives au débit écologique représentent donc une considération de taille en matière de conception, de planification et de réglementation. Une fois les essais terminés, on évacue l'eau conformément aux exigences réglementaires.

Prélèvement de l'eau

Les exigences relatives au débit écologique varient par différentes méthodes (y compris hydrologiques, hydrauliques et de simulation d'habitat)⁷⁹, qui ont toutes une portée et des coûts de mise en œuvre très différents⁷⁹; il est donc important de bien déterminer la portée. Par ailleurs, une méthode de calcul théorique des exigences des cours d'eau ayant un débit naturel pour lesquels aucune donnée n'est disponible a été mise au point en Alberta⁸⁰.

Généralement, les permis délivrés par les organismes de réglementation provinciaux autorisent que l'on prélève un maximum de 10 % du débit du cours d'eau. Ces organismes fournissent des lignes directrices relatives aux volumes et requièrent souvent que l'on enregistre les

*Comme l'indique la norme CSA Z662-15.

prélèvements et qu'on leur fournisse les données hydrologiques mentionnées ci-dessus⁸¹. De plus, les crépines de pompes doivent être d'une dimension conforme aux exigences réglementaires pour éviter que les poissons ne s'y coincent et ne meurent.

Évacuation de l'eau

Avant d'évacuer l'eau utilisée pour l'**épreuve hydrostatique**, il faut tenir compte de certaines considérations environnementales, notamment^{82, 83} :

- analyser les propriétés chimiques de l'eau à la source et au point d'évacuation après les essais;
- mettre en place des mesures de contrôle de l'**érosion** au point d'évacuation, sur les terres ou dans le **cours d'eau**;
- éviter d'évacuer l'eau dans un autre bassin versant pour prévenir la propagation indésirable d'**espèces envahissantes**⁸⁴.

Technologie émergente

L'**épreuve hydrostatique**, qui vise à vérifier l'intégrité des pipelines et leur résistance à la pression maximale d'exploitation, fait partie de la démarche de mise en service depuis les années 1950. De l'amélioration de la résistance entraînée par les avancées dans les domaines de la sidérurgie et de la fabrication, du soudage et de la manipulation des conduites est née une **méthode de validation de l'intégrité de rechange**, équivalente à l'**épreuve hydrostatique**.



Analyse de l'eau

Cette technologie émergente est fondée sur la consignation des procédures d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) et leur intégration dans la fabrication et le transport des conduites ainsi que la conception, la construction et la mise en service des pipelines*. Les principaux aspects de cette méthode sont les suivants :

- Elle doit être entièrement supervisée par un tiers indépendant de la société exploitante et de l'entrepreneur.
- Elle comprend un processus exhaustif de détection des fuites après l'installation.

Cette méthode est axée sur une vérification ciblée du système de gestion de la société, portant plus précisément sur :

- l'engagement de la direction;
- les procédés et les processus;
- l'AQ/CQ;
- la communication et la planification;

* En Colombie-Britannique, l'information régionale sur la disponibilité en eau est fournie par des outils provinciaux, notamment le NorthEast Water Tool et l'Omenica Water Tool, fondés sur un modèle réduit à l'échelle régionale qui repose sur des données hydrométriques moyennes observées sur 30 ans.

- la surveillance et l'évaluation (y compris l'examen, l'analyse et l'amélioration des processus ainsi que les mesures correctives, s'il y a lieu);
- la gestion des risques;
- la gestion du changement;
- la gestion documentaire;
- la formation et les qualifications;
- la mise en œuvre concrète du système de gestion dans le processus de conception, de fabrication, de transport, de construction et de mise en service.

Cette méthode offre certains avantages en matière de protection de l'environnement par rapport à l'épreuve hydrostatique :

- Élimination des problèmes de gestion de l'eau (p. ex., prélèvement, contamination et évacuation de l'eau).
- Application possible à très basse température, sans antigel chimique susceptible d'être accidentellement rejeté dans l'environnement.

Plusieurs grandes sociétés pipelinières contribuent toujours à l'amélioration et à la promotion de cette méthode complexe et difficile à mettre en œuvre de manière vérifiable. On l'applique donc généralement partiellement et de manière contrôlée, et uniquement lorsque les conséquences d'une défaillance en service sont mineures et que les charges externes sont peu élevées et prévisibles.

5.2 Nettoyage et séchage

Après avoir vérifié la résistance et l'étanchéité du pipeline, on en évacue l'eau, le sèche et le nettoie.

Pour *sécher* la canalisation, on y fait circuler un agent siccatif, comme le méthanol, qui absorbe l'eau qui pourrait se trouver dans les points bas.

Avant la mise en exploitation du pipeline, on y fait passer des racleurs pour retirer les débris qui auraient pu y pénétrer durant la construction et la fabrication. Il existe différents types de racleurs, dont ceux en mousse recouverte de polyuréthane, en forme d'ogive, avec brosses métalliques intégrées.

Une fois la canalisation nettoyée, on y fait passer un racleur jaugeur pour vérifier si elle a été endommagée durant le **remblayage** (p. ex., déformation ou bosselure). On corrigera ensuite ces défauts pour éviter que les outils d'inspection interne restent coincés. Les exigences précises de nettoyage et de séchage des pipelines sont énoncées dans le RPT*.

* *Règlement de l'Office national de l'énergie sur les pipelines terrestres.*

5.3 Inspection interne de base

Les outils d'évaluation de l'état du pipeline et de détection des dommages en gras ci-dessous sont abordés en détail à la section 6.1.1 *Surveillance de l'état du pipeline* ci-après.

L'utilisation de **diamètres haute résolution**, combinée à celle de **racleurs jaugeurs**, constitue la MTD pour la détection des dommages causés par la mise en place de la canalisation et le **remblayage**.

Les **unités de mesure inertielle** servent à inspecter le profil de la canalisation, que l'on peut ensuite comparer à celui relevé lors d'inspections subséquentes, plusieurs années après. Tout changement est aisément interprété par la modélisation des charges **géotechniques** (mouvement de pente, tassement, **soulèvement par le gel**, etc.) auxquelles le pipeline a été soumis sur la période considérée.

Une inspection précoce constitue le meilleur usage de cette technologie, puisqu'elle permet de relever le profil initial du pipeline tel qu'installé.



Racleur intelligent (outil de détection des fuites de flux magnétique et diamètre)

6.0 EXPLOITATION

Les étapes de la construction et de l'exploitation ont des considérations techniques et environnementales communes, mais les effets à long terme de l'exploitation du pipeline ou des installations pourraient nécessiter une combinaison de MTD différente de celle employée pour atténuer les effets temporaires de la construction. Ces différences peuvent également favoriser différemment l'émergence de nouvelles technologies. La présente section donne des exemples de la MTD et de la technologie émergente pour l'étape de l'exploitation, tant du point de vue technique qu'environnemental.

6.1 Exploitation : considérations techniques

6.1.1 Surveillance de l'état du pipeline

La société exploitante doit surveiller l'état du pipeline. Ci-dessous se trouve une description de la MTD pour :

- les inspections internes;
- les épreuves hydrostatiques en service;
- les évaluations directes;
- la détection des fuites.

6.1.1.1 Inspection interne

La société exploitante mène des inspections internes pour détecter les anomalies sur les surfaces intérieure et extérieure du pipeline. Souvent appelé « racleur intelligent* », l'outil utilisé pour l'inspection interne est composé d'un ou de plusieurs des éléments suivants :

- Outil de détection des fuites de flux magnétique (FFM)
- Outil ultrasonique
- Transducteur électromagnétique-acoustique
- Diamètreur
- Unité de mesure inertielle (mesure et cartographie du profil)

Les *outils de détection des fuites de flux magnétique* repèrent la dégradation du métal (corrosion ou dommages mécaniques) dans ou sur la canalisation. En effet, les défauts causent une perturbation (une « fuite ») du champ magnétique émis par les outils, qui peut être interprétée pour déterminer l'étendue et la profondeur du défaut. Les outils d'inspection interne émettent un champ magnétique longitudinal (parallèle à la canalisation) ou circonferentiel; l'orientation probable des défauts détermine quel type de champ magnétique est requis. Dans les cas de dégradation complexe, il faut parfois utiliser les deux types d'outils en combinaison.

Les outils de détection des FFM se divisent en deux grandes catégories[†] : à résolution standard (basse) ou à haute résolution. Bien que l'utilisation d'outils basse résolution s'impose dans certaines circonstances (p. ex., à des fins de vérification), les outils haute résolution constituent la

* Pour les distinguer des racleurs de nettoyage, dont l'équivalent anglais « pig » tire probablement son origine de l'apparence des paquets de tissu vraisemblablement utilisés pour nettoyer la cire et les débris des pipelines d'antan.

† Ces catégories se distinguent par leur niveau de magnétisme ainsi que leur nombre et leur type de capteurs.

MTD et la norme du secteur pour les oléoducs et les gazoducs.

Les *outils ultrasoniques* peuvent détecter les fissures et les défauts similaires ainsi que la dégradation du métal (souvent liées aux soudures, mais parfois à la **fissuration par corrosion sous contrainte** dans le corps des conduites). En effet, ils sont dotés d'un transmetteur acoustique émettant un signal dont les temps de propagation et de retour de l'écho permettent de déterminer l'emplacement, la nature, l'étendue et la profondeur des défauts. Ces outils conviennent principalement aux pipelines de liquides puisqu'ils nécessitent un couplage acoustique avec la canalisation, mais on peut également s'en servir pour les pipelines de gaz, à condition qu'ils soient immergés dans un bouchon liquide (généralement du carburant diesel transportant l'outil entre deux « racleurs »).

Les *transducteurs électromagnétiques-acoustiques* servent également à détecter les fissures dans les pipelines de liquides et de gaz en mesurant leur réaction aux vibrations électromagnétiques qu'ils leur transmettent, un peu comme si l'on comparait le son d'une cloche avec et sans fissure. Par l'analyse du signal acoustique transmis par les pipelines sous l'effet des vibrations, ils déterminent l'emplacement et les dimensions des fissures. Contrairement aux outils ultrasoniques, ils ne nécessitent pas de couplage acoustique; ils sont donc particulièrement utiles pour les pipelines de gaz.

Même s'il s'agit d'une technologie émergente, on considère généralement que les transducteurs électromagnétiques-acoustiques doivent être mis en œuvre de manière contrôlée, car ils ont tendance à relever des défauts inexistantes (faux positifs). Cependant, cette technologie en développement depuis une vingtaine d'années est beaucoup plus sensible et fiable aujourd'hui, si bien qu'elle est devenue la MTD pour la détection des fissures dans les pipelines de gaz*.

Les *diamètres*[†] détectent et mesurent les déformations, notamment la déformation de la section transversale des pipelines enfouis sous l'effet de forces externes. Les types de dommages les plus courants sont l'**ovalisation** et les bosselures, ces dernières étant généralement plus graves. Des bosselures peuvent apparaître sous la canalisation s'il y avait des roches dans la **tranchée** lors de sa mise en place, ou sur le dessus si elle a subi des dommages mécaniques (causés par des travaux d'excavation directement au-dessus ou à proximité). Les diamètres haute résolution peuvent également déterminer la forme des déformations, ce qui permet d'en évaluer la gravité. Cette information est particulièrement utile puisqu'un changement brusque dans la forme des bosselures pourrait indiquer que la canalisation est soumise à de fortes contraintes localisées et dommageables pouvant entraîner sa fissuration, puis sa défaillance.

Les diamètres haute résolution représentent la MTD pour la détection, le dimensionnement et la détermination de la forme des bosselures des oléoducs et des gazoducs.

* Les transducteurs électromagnétiques-acoustiques remplacent la technologie des ondes élastiques, qui reposait sur un couplage acoustique entre la canalisation et les capteurs qui se trouvaient dans les roues remplies de liquide de l'outil.

† Les diamètres sont dotés de « doigts » sur toute leur circonférence, lesquels parcourent la surface intérieure de la canalisation et détectent les déformations.

Les **unités de mesure inertielle** servent à repérer les contraintes qui s'exercent sur la canalisation. Combinées à un SIG, elles sont la MTD pour détecter les contraintes induites par les mouvements du sol ainsi et les changements dans la direction ou l'axe central de la canalisation. Lorsqu'on les utilise dans un pipeline nouvellement installé, les **unités de mesure inertielle** peuvent également créer une carte des coudes et en valider la conception.

Utilisation combinée des outils d'inspection interne

Diamètres et outils de détection de la dégradation du métal

Les bosselures (en particulier les dommages mécaniques sur le dessus de la canalisation) peuvent être accompagnées de rainures, ce qui représente une grave complication. En effet, la concentration de contrainte due à la rainure, combinée à une déformation de la section transversale, risque fort de causer une fuite ou une rupture.

Les diamètres ne peuvent à eux seuls détecter ce type de défektivité. Il faut donc les combiner à un outil de détection de la dégradation du métal (outil de détection des fuites de flux magnétique ou outil ultrasonique). Même si ce n'est pas leur fonction première, les outils de détection des fuites de flux magnétique peuvent très bien détecter les bosselures sur ou sous la canalisation ainsi que leur orientation. Dans ce cas, la MTD consiste à évaluer les bosselures et les rainures selon les données recueillies par les deux outils (surtout si l'on détecte aussi une dégradation du métal).

Unités de mesure inertielle et autres outils d'inspection interne pour évaluer les contraintes induites par les mouvements du sol

Les mouvements du sol (causés par l'instabilité du relief, le tassement, le **soulèvement par le gel**, l'activité sismique, etc.) peuvent imposer sur les pipelines souterrains une contrainte excédant celles occasionnées par les charges d'exploitation ordinaires (principalement la pression interne et les charges thermiques). On peut évaluer cette contrainte à partir des déviations dans le profil en long de la canalisation, idéalement avec un outil d'inspection interne doté d'une **unité de mesure inertielle à faible dérive***. Pour calculer les contraintes, on compare le profil d'origine du pipeline avec celui résultant des mouvements du sol.

Validation des mesures

Bien que les outils d'inspection interne soient désormais très fiables et précis, il demeure essentiel d'en comparer les lectures avec des mesures prises sur le terrain selon la démarche ci-dessous.

- Les résultats de l'inspection interne et les mesures des défektivités prises sur le terrain (p. ex., profondeur de dégradation du métal) sont reportés dans un graphique linéaire ordinaire (schéma d'unité). Idéalement, les résultats devraient former une ligne droite à 45 degrés entre les deux axes (p. ex., l'axe X correspondrait aux résultats de l'inspection interne, et l'axe Y, aux mesures sur le terrain). Dans les faits, on observe une certaine

* Composée d'une série d'accéléromètres et de gyroscopes, l'unité détermine les changements de profil en mesurant les changements d'accélération, de roulis, de tangage et de lacet de l'outil détecté par les gyroscopes. Cette technologie était d'abord utilisée pour guider des missiles et des **véhicules aériens sans pilote**. Pour les pipelines, elle fonctionne à l'inverse, c'est-à-dire que c'est le pipeline qui conduit l'outil, et l'unité enregistre les changements de direction qui permettent d'établir le profil en long de la canalisation.

dispersion des données autour de cette ligne, essentiellement en raison de la tolérance de mesure.

- Généralement, 80 % des mesures correspondent à une profondeur de plus ou moins 10 % de l'épaisseur de la paroi. Si les résultats excèdent la fourchette de tolérance de l'outil, il faut soit ajuster les algorithmes internes qui convertissent les signaux en mesures, soit repasser l'outil*.

6.1.1.2 Épreuve hydrostatique en service

La société exploitante doit évaluer régulièrement l'intégrité du pipeline pour détecter les dégradations telles que la corrosion, la fissuration ou les dommages mécaniques accidentels subis lors de travaux d'excavation à proximité de la canalisation ou même sur l'emprise (p. ex., pendant les activités d'entretien).

Pour ce faire, il existe trois méthodes courantes :

- Inspection interne
- Essais sous pression (épreuve hydrostatique, principalement)
- Évaluation directe

L'inspection interne est généralement la plus efficace pour détecter et mesurer les défauts. Lorsqu'une inspection interne est impossible (p. ex., en cas d'obstruction), la meilleure solution de rechange consiste à effectuer une **épreuve hydrostatique** en service. Dans certains cas, l'épreuve hydrostatique représente également la MTD lorsqu'on soupçonne la formation de fissures (voir l'explication ci-dessous).

Dans une épreuve hydrostatique en service, on pompe de l'eau dans un tronçon de canalisation pour voir si elle sera rejetée à l'intérieur de l'emprise, ce qui indiquerait une défectuosité dans le corps de la canalisation. Dans ce cas, on répare la défectuosité et on répète l'épreuve jusqu'à ce que les résultats soient satisfaisants à la pression d'essai requise.

L'épreuve hydrostatique en service :

- ressemble à celle effectuée à la mise en service pour vérifier l'intégrité initiale de la canalisation;
- requière que l'on purge le tronçon d'essai et qu'on le remplisse entièrement d'eau;
- nécessite que l'on évacue ensuite l'eau, tout comme durant la mise en service.

L'épreuve en service se distingue toutefois par le fait que l'eau peut être contaminée par les résidus de produit qui se trouvent dans la canalisation; l'évacuation est donc plus complexe. Il est également possible d'utiliser le produit pour effectuer des essais sous pression, mais cette pratique est peu courante, car un déversement ou une fuite de pétrole polluerait l'environnement, et le gaz, un fluide compressible, risquerait d'exploser.

* L'outil est généralement propulsé dans la canalisation par le pétrole ou le gaz naturel qui y circule, dont le débit varie selon le profil vertical de celle-ci, tout comme les charges exercées sur l'outil. Cette variation peut être une source d'erreurs dans les mesures. Les outils d'inspection avancés peuvent habituellement « laisser passer » le pétrole et le gaz, ce qui permet de mieux contrôler leur vitesse.

Niveau de pression et essais par pression de pointe

Les niveaux de pression de base des essais par pression de pointe sont les mêmes que pour les essais effectués en service ou lors de la mise en service. Ces essais consistent à élever la pression au-delà de la pression normale pendant un court laps de temps (habituellement 125 % de la pression maximale d'exploitation pendant 5 à 15 minutes).

Ces essais représentent une pratique exemplaire, en particulier pour vérifier la présence de fissures (p. ex., fissuration par corrosion sous contrainte). Les contraintes exercées durant ces essais se situent entre 100 et 110 % de la limite minimale d'élasticité de l'acier (contrainte à laquelle l'acier commence à se déformer de façon permanente).

MTD pour l'inspection interne et l'épreuve hydrostatique en service

L'inspection interne est universellement acceptée comme la MTD pour évaluer les défauts tels que les dommages par la corrosion, mais malgré beaucoup de progrès au cours des cinq à dix dernières années, elle demeure moins efficace qu'une épreuve hydrostatique combinée à des essais par pression de pointe pour vérifier la présence de fissures dans les tronçons vulnérables.

Par ailleurs, la meilleure façon d'employer la technologie consiste à repérer les tronçons les plus à risque à l'aide de résultats d'inspection interne fiables, puis à soumettre uniquement ceux-ci à une épreuve hydrostatique. Peu importe la méthode d'essai sous pression, les résultats ne donnent qu'un aperçu de l'état de la canalisation à cet instant précis et ne fournissent aucune information prédictive. De plus, les essais sous pression servent à vérifier la résistance à la pression excessive uniquement, et non à d'autres risques tels que les mouvements du sol, la mauvaise utilisation ou les dommages mécaniques.

6.1.1.3 Évaluation directe

L'évaluation directe permet de repérer les facteurs de dégradation (p. ex., dommages au revêtement ou zones à faible **protection cathodique**) et vient compléter l'inspection interne et l'épreuve hydrostatique. Lorsque l'inspection interne est difficile à réaliser, on peut également choisir d'effectuer une évaluation directe plutôt qu'une épreuve hydrostatique.

L'évaluation directe se divise en quatre grandes étapes :

- **Évaluation préliminaire** : Définition des zones à risque.
- **Inspection indirecte** : Détection des facteurs de dégradation (dommage au revêtement, etc.).
- **Inspection directe** : Inspection physique des zones à risque et mesure des défauts.
- **Évaluation postérieure** : Évaluation de l'intégrité de la canalisation selon l'analyse des résultats.

Utilisation de l'évaluation directe

Des protocoles complets n'existent que pour la détection de la corrosion externe et des risques de fissuration par corrosion sous contrainte. Les sociétés exploitantes souhaitant utiliser cette méthode dans des tronçons qui, selon leurs évaluations, ne peuvent être soumis à une inspection interne doivent tenir compte des limites de l'évaluation directe relativement aux autres risques (charges **géotechniques**, dommages mécaniques, mauvaise utilisation, etc.).

On peut utiliser uniquement l'évaluation directe pour évaluer l'intégrité du pipeline lorsque le risque de défaillance en service est faible. Cela dit, la meilleure solution consiste à la combiner à une inspection interne ou à une épreuve hydrostatique lorsqu'il est manifestement impossible d'envoyer un racleur dans la canalisation.

6.1.1.4 Détection des fuites

Tout rejet non planifié de produit d'un pipeline est inacceptable. La présence d'une fuite indique que l'intégrité de la canalisation a été compromise, et il faut prendre des mesures correctives pour réparer cette fuite et l'empêcher de causer une rupture. Il est donc essentiel de détecter les fuites à un stade précoce.

En principe, on peut détecter les fuites à partir du centre de commande du pipeline par la mesure du bilan massique, qui consiste à comparer le volume de produit entrant dans un tronçon à celui qui en sort. S'il en sort moins qu'il en entre, c'est qu'il y a probablement une fuite.

Limite du bilan massique

1. Il est possible que les techniques de mesure du bilan massique ne détectent pas les très petites fuites à cause d'un manque de précision ou de variations dans les conditions d'exploitation.
2. Dans les pipelines de liquides, l'**écoulement en dépression** (formation de vides dans le flot de produit en raison d'un grand écart de pression dans un tronçon de canalisation, souvent causé par un changement d'élévation rapide et prononcé) peut envoyer des signaux ambigus au centre de commande. Dans la mesure du possible, la conception détaillée du pipeline devrait réduire au minimum l'**écoulement en dépression**.

Voici d'autres méthodes de détection des fuites disponibles ou en développement :

- **Détection acoustique** : Envoi dans le flot de produit d'un appareil qui détecte les signaux acoustiques associés aux fuites. Cette méthode peut aussi être vue comme une technologie émergente puisqu'elle est en application contrôlée.
- **Systèmes de surveillance computationnelle (SSC)** : Systèmes s'appuyant sur les données hydrauliques et les mesures des conditions d'exploitation (débit, température, etc.).
- **Rapports des propriétaires et des utilisateurs des terres** (notamment des odeurs et des irisations à la surface d'un plan d'eau).
- **Surveillance aérienne** : Utilisation d'un appareil laser doté d'un détecteur à ionisation de flamme qui capte les vapeurs caractéristiques d'une fuite. Il peut également détecter directement les déversements en surface, les plantes mortes, etc.
- **Patrouilles aériennes et terrestres** : La fréquence des patrouilles varie selon les risques (deux fois par mois, deux fois par année, etc.).

La MTD pour la détection des fuites combine principalement la mesure du bilan massique, la SCP et la surveillance*. Les débits et les mesures de pression et de température utilisées dans la mesure du bilan massique et la SCP, sont surveillés et transmis au centre de commande par un système SCADA, qui les capte sous forme de signaux codés sur différents canaux de communication, en général un canal par source de signal (p. ex., automates programmables des

* Voir la section 6.2.5 *Patrouille de canalisation*.

stations de compression et de pompage et terminaux à distance de certains endroits clés). Ce système peut également analyser et afficher les données qu'il enregistre et interagir avec celles des compresseurs, des pompes et des vannes à partir d'un logiciel d'interface homme-machine.

Technologie émergente

Localisation exacte des fuites

Pour une intervention d'urgence efficace, il faut localiser la source de la fuite avec exactitude. Voici trois technologies émergentes prometteuses qui pourraient faciliter cette tâche :

- **Thermographie optique et infrarouge aérienne** : Méthode de détection des fuites souterraines, qui semble plus précise que les détecteurs à ionisation de flamme ou les technologies laser.
- **Fibre optique** : Détection des écarts de température ou des vibrations acoustiques produits par une fuite. L'installation de cette technologie sur un pipeline existant est parfois impossible ou inconfortable. Il faut donc en prévoir l'utilisation à l'étape de la conception.
- **Surveillance computationnelle des pipelines (SCP) complémentaire** : Utilisation de systèmes parallèles dotés de différentes technologies assurant la redondance et recueillant des données de plusieurs manières. Chacun des deux serveurs utilise du matériel informatique et des technologies différentes, ainsi que ses propres systèmes de collecte de données sur le terrain indépendants pour détecter les fuites. Les deux systèmes mesurent différentes variables physiques (débit, pression, température, densité, etc.). Par exemple, l'un se fonde sur les mesures de débit (pour la mesure du bilan massique), et l'autre, de pression.

Détection des fuites

Les UAV (plus couramment appelés « drones ») peuvent rendre la surveillance aérienne de l'emprise plus régulière et économique et faciliter la détection des fuites. Ces aéronefs télécommandés avancés :

- sont habituellement dotés de caméras pour prendre des photos et faire des enregistrements audio et vidéo retransmis en direct à un contrôleur au sol;
- pourraient être adaptés pour embarquer d'autres dispositifs de détection des fuites (p. ex., détecteurs infrarouges et autres technologies de détection des **hydrocarbures** et des GES).



Véhicule aérien sans pilote (UAV)

Certains obstacles empêchent l'utilisation des drones pour la surveillance des pipelines, notamment :

- l'absence de régime d'autorisation réglementaire en Amérique du Nord;
- les conditions météorologiques;
- l'obligation de garder le drone à la vue du contrôleur (exigence visant l'utilisation non militaire de drones).

Les avancées en matière de matériel et de logiciels de **SCP** permettent de mieux détecter et localiser les fuites.

Cet outil offre plusieurs avantages :

- Logiciel modélisant le débit, établissant une corrélation avec le bruit acoustique produit par les fuites et mesurant le bilan massique, les ondes de pression négatives et la pression dynamique.
- Différentes fonctions de communication (protocoles TCP/IP, liaison radio en visibilité directe, système mondial de communications mobiles et liaison montante).
- Alimentation électrique ou solaire.
- Panneau de commande à mémoire intégrée enregistrant les données en cas d'interruption prolongée des communications.

Au Canada, la recherche sur la technologie de détection et d'analyse des très petites fuites d'hydrocarbures dans les installations et la mise en œuvre contrôlée de cette technologie pourraient s'étendre plus généralement à la détection des fuites des pipelines. Pour ce faire, il faudrait miniaturiser le matériel de mesure et d'analyse en temps réel pour que l'on puisse les transporter à bord des véhicules d'entretien et ainsi produire des relevés continus à grande échelle. En miniaturisant encore davantage le matériel, on pourrait le transporter à bord de drones pour mener des inspections ciblées. Bref, les avancées technologiques font évoluer la détection des fuites en améliorant la collecte et l'analyse des données, la localisation des fuites et la communication en temps réel.

6.1.2 Évaluation de l'intégrité*

6.1.2.1 Évaluation des risques

La section 2.1.3 *Modélisation des conditions de conception finale* traite de l'évaluation des risques durant l'étape de la conception, mais les mêmes principes sont également utiles pour évaluer l'intégrité du pipeline en service et choisir comment procéder à son entretien.

La MTD pour évaluer les risques est l'évaluation quantitative, mais on utilise souvent des méthodes semi-quantitatives fondées sur des indices de risque qui tiennent compte des conditions de conception et d'exploitation et des conséquences en cas de défaillance.

* Le présent document ne vise pas à décrire dans le détail toutes les méthodes possibles d'évaluation des défauts. Le *Pipeline Defect Assessment Manual* (PDAM) de Penspen Ltd. (société britannique) est un document de référence fort utile qui décrit toutes les méthodes et les procédures d'évaluation.

6.1.2.2 Évaluation des défauts

Lorsque l'inspection interne révèle des anomalies (ou qu'on en observe directement durant des travaux d'excavation), on les évalue pour déterminer s'il s'agit de défauts selon les critères réglementaires, auquel cas il faut les réparer. Les méthodes d'évaluation se sont grandement améliorées au cours des 20 dernières années; aujourd'hui, elles fournissent une estimation très précise et raisonnable de la tension de rupture résultant d'un défaut, en particulier de la dégradation du métal (p. ex., corrosion).

La MTD pour évaluer ces défauts consiste à détecter le tronçon de canalisation en question, puis à mesurer directement avec précision les dimensions et la profondeur de la défaut et à utiliser ces mesures et les algorithmes standard pour calculer la pression de rupture dans la zone endommagée.

Mesure de la dégradation du métal

Même si on utilise encore des méthodes mécaniques simples (p. ex., jauge de piqure) dans certains cas pour mesurer la dégradation du métal, la meilleure technologie disponible consiste à utiliser des appareils laser portatifs pour prendre des mesures dans le fossé creusé (après avoir retiré le revêtement de la canalisation, puis l'avoir nettoyée et sablée au besoin).

La technologie laser :

- s'utilise rapidement;
- est au moins aussi précise que les méthodes mécaniques;
- donne des résultats uniformes et reproductibles;
- fournit une représentation graphique de la défaut en plus d'en dresser le profil de base.

Évaluation des fissures

L'évaluation des fissures et des défauts similaires examine deux modes de défaillance :

- la rupture fragile débutant à l'extrémité de la fissure et se propageant rapidement dans l'acier non fissuré;
- la rupture ductile de l'acier causée par une contrainte excessive après qu'une fissure a réduit l'épaisseur des parois de la canalisation.

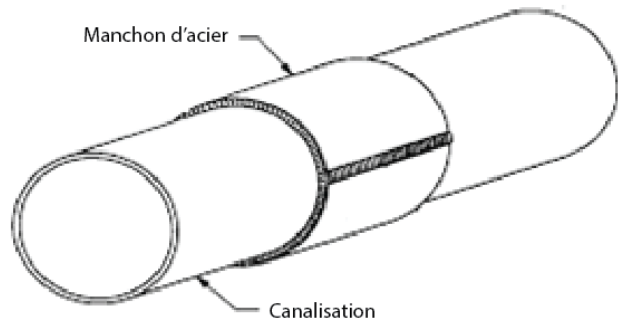
Le type de rupture à l'origine d'une défaillance dépend de l'intensité de la contrainte exercée sur la fissure et de la ténacité de l'acier (sa résistance à la fissuration).

Bien qu'il existe des méthodes d'évaluation des défaillances à l'aide de diagrammes FAD (voir les normes API 579 et BS 7910, entre autres), la MTD (du point de vue de la précision et de l'applicabilité générale aux fissurations complexes) consiste à utiliser des logiciels commerciaux d'évaluation des fissures.

6.1.2.3 Réparation des défauts

Lorsque les mesures et l'évaluation révèlent qu'une anomalie est un défaut, il faut procéder à sa réparation. La méthode la plus simple consiste à couper et à remplacer le tronçon de canalisation défectueux. Cependant, cette méthode interrompt le service et nécessite que l'on purge le pipeline; les sociétés exploitantes ont donc trouvé d'autres méthodes de réparation efficaces, notamment :

- le soudage de manchons d'acier autour du tronçon défectueux;
- l'application d'une enveloppe en composite de plastique autour du tronçon défectueux;
- l'installation d'une gaine adaptée à la défectuosité, qui renforce le tronçon de canalisation et empêche la propagation de la défectuosité (particulièrement utile pour les fissures et les défauts similaires).



Exemple de manchon d'acier soudé autour d'une conduite défectueuse

Meilleure méthode de réparation

Il faut choisir la méthode de réparation la plus appropriée selon la configuration du pipeline ainsi que le type et l'ampleur de la défectuosité. Le présent document ne peut aborder toutes les méthodes de réparation, mais en voici les grandes lignes.

- **Corrosion importante sur la majorité du joint** : Il faut retirer et remplacer le cylindre au complet.
- **Corrosion interne ou externe localisée** : L'installation d'un manchon d'acier est une solution satisfaisante et économique.
 - **Corrosion interne** : Les extrémités du manchon doivent être soudées pour qu'il puisse contenir la pression puisqu'il n'empêche pas la corrosion, qui pourrait traverser les parois de la canalisation.
 - **Corrosion externe** : Ce type de défectuosité se répare sans soudage par l'application d'une enveloppe en composite de plastique. Comme pour les pièces moulées en fibre de verre, il existe une enveloppe qui peut être appliquée en couches pour renforcer les coudes des canalisations. Les zones ainsi renforcées sont plus résistantes que les zones adjacentes.
- **Fissures, défauts semblables à des fissures et rainures** : Ces défauts nécessitent une gaine qui leur est adaptée. Par exemple, il existe une gaine qui doit être chauffée avant d'être installée de sorte qu'elle exerce une contrainte de compression sur la canalisation pendant son refroidissement, ce qui renforce la zone endommagée, colmate la fissure et en prévient la propagation.

6.1.3 Enquête sur les défaillances

Les pipelines conçus, construits, exploités et entretenus conformément à la réglementation de l'Office et aux normes canadiennes présentent une très faible probabilité de défaillance.

Cependant, comme aucun mode de transport n'est infaillible, voici une liste des actions à prendre en priorité dans l'éventualité improbable d'une fuite ou d'une rupture :

1. Sécuriser les lieux et prévenir les blessures et les dommages matériels ou à l'environnement. Il pourrait être nécessaire d'isoler le site, d'évacuer le personnel ou de maîtriser le rejet de produit (en cas d'incendie ou de déversement). Une description générale des mesures à prendre se trouve à la section 6.3.1 *Intervention en cas d'urgence ou de déversement*.
2. Effectuer une enquête préliminaire et rassembler des éléments de preuve (cartographie et récupération des pièces endommagées, etc.).
3. Effectuer l'analyse détaillée de la défaillance. À cette étape, il faut généralement mener un examen métallurgique des pièces défectueuses, dont les résultats, combinés aux observations faites sur place, serviront à déterminer la cause fondamentale de la défaillance et à clore l'enquête.

La loi donne au Bureau de la sécurité des transports (BST) la faculté de décider d'agir comme principal enquêteur, auquel cas il est le seul à pouvoir déterminer la cause et les facteurs contributifs de la défaillance. L'Office enquête tout de même sur toutes les défaillances dans le cadre de sa surveillance réglementaire et pour pouvoir communiquer ses constats aux différents acteurs du secteur afin d'atténuer ou de prévenir les éventuelles défaillances de confinement.

6.2 Exploitation : considérations environnementales

Durant l'étape de l'exploitation, il faut tenir compte des considérations environnementales suivantes :

- Surveillance post-construction
- Pollution sonore et lumineuse
- Contrôle de l'**érosion** et des **sédiments**
- **Affaissement** du sol recouvrant le pipeline
- Patrouille de canalisation
- Contrôle de l'accès par véhicule
- Gestion des **espèces envahissantes**
- Conservation des espèces rares
- Gestion des émissions atmosphériques

6.2.1 Surveillance post-construction des caractéristiques environnementales

La société exploitante effectue une surveillance post-construction pendant un certain temps, non seulement pour évaluer l'efficacité des mesures d'**atténuation** dans la remise en état des terres et la revégétalisation, mais également pour repérer les zones de l'emprise nécessitant des activités de remise en état et d'entretien supplémentaires. L'Office pourrait lui demander de lui présenter régulièrement des rapports pour vérifier que la remise en état se déroule comme prévu et que la société cherche à résoudre les problèmes en suspens touchant les propriétaires fonciers.

Chaque projet doit avoir son propre programme de surveillance, qui peut porter sur le sol, les cultures, les communautés végétales indigènes, les **cours d'eau** et les caractéristiques des habitats fauniques. Les programmes de surveillance post-construction (PSPC) des projets situés dans une aire de répartition du caribou évaluent généralement le rétablissement de la végétation et l'efficacité des mesures de compensation*. Par exemple, la réduction du débroussaillage peut accélérer le rétablissement naturel de la végétation le long de l'emprise. La technologie émergente en matière de surveillance comprend les appareils portables servant à déterminer avec précision l'emplacement des lieux de surveillance ainsi qu'à enregistrer les données de surveillance et à les téléverser dans des bases de données.

Les sociétés exploitantes utilisent de plus en plus des photos aériennes et des images satellite haute définition pour surveiller et mesurer :

- les changements dans le lit d'un **cours d'eau** après la construction d'un franchissement;
- les changements dans l'**enrochement** des **cours d'eau**;
- les **bassins** d'eau de l'emprise;
- les indicateurs de fonctions et la taille des milieux humides;
- la hauteur de la végétation et la santé des cultures à l'intérieur et à l'extérieur de l'emprise;
- les traces de roues de VTT et de voitures sur l'emprise;
- le déplacement des balises indiquant l'emplacement des vannes, des colonnes montantes et des canalisations en raison des mouvements du terrain.

Durant la construction, la société exploitante peut enregistrer l'emplacement précis de chaque élément ou caractéristique. Les analyses automatisées pourront ensuite indiquer les changements qui se sont produits et les lieux à inspecter sur place. On peut également utiliser ces données pour prendre des décisions relatives à la réussite de la remise en état et établir les critères d'évaluation de l'efficacité des mesures de remise en état et d'**atténuation**.

6.2.2 Pollution sonore et lumineuse

Les considérations relatives à la pollution sonore et lumineuse durant l'étape de l'exploitation sont similaires à celles de l'étape de la construction (voir la section 4.2.2 *Pollution sonore et lumineuse*). L'équipement servant à l'exploitation du pipeline produit du bruit (p. ex., turbines à gaz, compresseurs, pompes, moteurs, refroidisseurs et ventilateurs). L'évaluation du bruit produit par les installations connexes peut fournir de l'information sur les différentes mesures d'**atténuation** possibles. La réglementation provinciale et municipale prévoit une limite de bruit qui oriente les exigences de planification et d'**atténuation** pour l'étape de l'exploitation^{85, 86}.

Réduction de la pollution sonore

Voici quelques méthodes de réduction du bruit :

- Choisir de l'équipement silencieux⁸⁷.
- Installer des silencieux sur les entrées d'air, les tuyaux d'échappement des gaz et les tuyaux de **purge sous pression**.
- Installer l'équipement bruyant à l'intérieur de bâtiments insonorisés.

* Voir la section 2.2.1.5 *Protection et rétablissement de l'habitat du caribou*.

- Installer l'équipement dans des bâtiments suffisamment aérés pour que les portes et les fenêtres puissent demeurer fermées.
- Accorder de l'importance à la conception acoustique du système de ventilation des bâtiments (**évents à lames, évents de faîtage**, ventilateurs d'entrée d'air et ventilateurs d'extraction).
- Orienter les sources de bruit en direction opposée aux **récepteurs** sensibles au bruit.
- Utiliser un écran acoustique pour atténuer les bruits extérieurs.
- Utiliser les structures ou les caractéristiques naturelles pour atténuer le bruit.

Réduction de la pollution lumineuse

Une fois en service, les installations peuvent être d'importantes sources de lumière. Plus faciles à appliquer si elles sont mises au point à l'étape de la conception, les mesures d'**atténuation** de la pollution lumineuse comprennent notamment :

- l'installation de lampes horizontales;
- l'utilisation de lampes à défilement absolu pour réduire au maximum la dispersion lumineuse;
- l'aménagement des stationnements et des postes de ravitaillement de façon à ce que les phares des véhicules ne soient pas dirigés vers les **récepteurs** humains et les zones fauniques;
- l'utilisation de lampes à détecteur de mouvement pour éviter qu'elles demeurent allumées sans raison;
- la conservation de la végétation d'une certaine hauteur pour bloquer la lumière des installations (dans la mesure du possible).

Technologie émergente

La technologie de réduction de la pollution sonore et lumineuse a connu de nombreuses avancées, y compris :

- les postes de surveillance du bruit connectés à Internet donnant des indications en temps réel (niveau de bruit, enregistrements audio et messages texte) si le bruit dépasse un certain seuil;
- les résonateurs de Helmholtz qui éliminent le bruit des stations de compression⁸⁸;
- les lampes à diode électroluminescente (DEL) écoénergétiques produisant un éclairage à ton chaud (rouge) pour remplacer les DEL bleues plus dérangeantes pour les humains et les animaux.

6.2.3 Contrôle de l'érosion et des sédiments

Les problèmes de contrôle de l'**érosion** et des **sédiments** rencontrés durant l'exploitation sont similaires à ceux de l'étape de la construction*. Divers facteurs peuvent entrer en ligne de compte pendant la durée d'exploitation d'un pipeline :

- **Érosion** par le vent et l'eau.
- Dérivation naturelle des **cours d'eau**.
- Inondations ou perturbations causées par l'utilisation de véhicules récréatifs sur l'emprise.

* Voir la section 4.0 *Planification et construction*.

La **patrouille de canalisation*** est essentielle pour détecter ces problèmes le plus tôt possible. Le couvert végétal, une fois rétabli, et les matériaux de stabilisation des pentes peuvent régler la plupart des problèmes d'**érosion** et de **sédiments** dans des conditions normales d'exploitation.

En cas d'**événements perturbateurs** (rupture de versant, mise à nu du pipeline, etc.), la MTD et la technologie émergente de l'étape de la planification et de la construction† peuvent également s'appliquer au contrôle de l'**érosion** et des **sédiments**.

6.2.4 Affaissement du sol recouvrant le pipeline

Plusieurs facteurs peuvent causer l'affaissement ou le tassement du sol recouvrant le pipeline :

- Difficultés rencontrées durant le **remblayage** de la **tranchée**.
- **Remblai** rendu mobile par les eaux de surface.
- Écoulement des **eaux souterraines** le long de la canalisation.
- Instabilité ou perturbation **géotechnique** à grande échelle‡ (p. ex., **lavage**, mouvements du sol causés par le cycle de gel et de dégel, activités d'excavation non autorisées près du pipeline, tremblements de terre et instabilité du relief).

6.2.4.1 Prévention de l'affaissement

Voici la MTD pour prévenir l'**affaissement** causé par l'**érosion** près de franchissements de **cours d'eau**, le **dénoyage** de la tranchée et le mouvement des **eaux souterraines** le long de la canalisation^{42, 43, 44, 46, 48} :

- Éviter d'utiliser des matériaux poreux tels que le gravier pour **remblayer** les longues tranchées en milieu humide ou si le niveau des **eaux souterraines** est plus élevé que le fond de la **tranchée**; installer plutôt des bouchons imperméables pour empêcher l'écoulement le long de la **tranchée**.
- Installer des **barrages de fossé** (ou **de tranchée**) sur les pentes d'approche et les berges en présence de sol organique ou érodable pour prévenir l'émergence excessive des **eaux souterraines** dans le **cours d'eau**.
- Installer des drains souterrains à la source ou aux points de suintement des **eaux souterraines** pour qu'elles puissent émerger.
- Surveiller de près le taux de drainage de la tranchée et la présence de sols fins et de turbidité élevée pour prévenir l'**affaissement** du sol et l'endommagement des structures avoisinantes.
- Mettre en place des mesures d'**atténuation** si les **eaux souterraines** risquent de s'écouler le long de l'emprise durant le **dénoyage** (p. ex., installer des **palplanches** autour de la tranchée ou des puits de décompression pour intercepter les **eaux souterraines** avant qu'elles n'atteignent la zone de travail).

* Voir la section 6.2.5 *Patrouille de canalisation*.

† Voir la section 4.2.5 *Construction à faible incidence*.

‡ Voir la section H.2.6.8 de la norme CSA Z662-15 *Réseaux de canalisations de pétrole et de gaz*.

6.2.4.2 Travaux dans les pentes*

Voici la MTD pour les travaux dans les pentes^{42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 60} :

- Inspecter visuellement la pente pour repérer les signes de **glissement** ou de mouvements par rotation ou translation.
- Remblayer du pied au sommet de la pente en veillant à ce que le pied soit stable.
- Prévoir des mesures de migration des **eaux souterraines** pour les pipelines qui traversent une pente (installation de drains souterrains ou utilisation de **remblai** poreux qui n'empêchera pas les **eaux souterraines** de s'écouler dans la tranchée transversale).

Technologie émergente

La technologie émergente comprend :

- les capteurs à distance et la cartographie numérique aérienne ou satellite pour détecter l'affaissement du sol le long de l'emprise (p. ex., la **LIDAR**, technologie laser servant à recueillir des données détaillées sur l'élévation);
- les outils de SIG qui repèrent et cartographient les zones à haut risque d'**affaissement** selon certains critères (p. ex., texture des matériaux, date de construction et engins de construction utilisés);
- la surveillance des zones où un affaissement s'est produit ou risque de se produire à l'aide de tassomètres ou d'inclinomètres dotés de fonctions de télémessure.

6.2.5 Patrouille de canalisation

La **patrouille de canalisation** sert à inspecter visuellement le pipeline et son emprise pour :

- repérer les anomalies nécessitant un examen plus poussé (**érosion, affaissement** du sol recouvrant la **tranchée**, accumulation d'eau, signe de fuite, etc.);
- vérifier si des tiers empiètent sur l'emprise.

La patrouille se fait généralement par aéronef ou hélicoptère, mais on effectue aussi des inspections localisées ou de suivi par camionnette, VTT, motoneige, etc.

La plupart des patrouilles ont peu d'effets sur l'environnement, mais leur incidence varie d'un endroit à l'autre; en effet, elles peuvent causer une perturbation sensorielle si le pipeline traverse un important habitat faunique, surtout pendant les périodes particulières comme celles de nidification ou de mise bas. De plus, les **patrouilles de canalisation au sol** peuvent entraîner l'orniérage et endommager la végétation si elles sont effectuées dans les mauvaises conditions météorologiques ou avec des véhicules inappropriés (p. ex., par camionnette plutôt que par VTT ou à pied).

Les pratiques exemplaires pour les patrouilles de canalisation comprennent les suivantes :

- Former les patrouilleurs pour qu'ils puissent repérer et gérer les problèmes environnementaux qu'ils rencontrent dans leur secteur.
- Organiser les patrouilles en dehors des périodes particulières.

* La section 4.2.5 aborde des procédés de **remblayage** faisant également partie de la MTD pour prévenir l'**affaissement** du sol.

- Maintenir les marges de recul, y compris les limites d'altitude, autour des caractéristiques connues de l'habitat faunique (toute l'année ou durant les PAR).

Certains sites pourraient nécessiter l'application de mesures d'évitement saisonnières si le pipeline passe près de **leks** de tétaras, de nids de rapaces et de zones de reproduction et de mise bas des **ongulés**.

On recommande généralement de fournir aux patrouilleurs l'emplacement de ces sites et les périodes, marges de recul et limites d'altitude qui leur sont associés dans des fichiers GPS.

Technologie émergente

Les patrouilles par UAV sont très prometteuses*. La télédétection et l'imagerie haute résolution deviennent également plus courantes et accessibles, ce qui pourrait réduire le recours aux appareils pilotés et aux visites en personne⁸⁹.

6.2.6 Contrôle de l'accès des véhicules à l'emprise

Le contrôle de l'accès des piétons et des véhicules le long de l'emprise pourrait s'avérer nécessaire pour plusieurs raisons, par exemple pour réduire la perturbation sensorielle et le risque de mortalité de la faune et protéger les franchissements de **cours d'eau** et les pentes sujettes à l'**érosion**.

Le contrôle efficace de l'accès à l'emprise ou à certaines zones est souvent une condition d'approbation des projets pipeliniers; certains ont donc des plans de gestion de l'accès. Ces plans peuvent cependant être difficiles à mettre en œuvre pour des raisons juridiques et de compétence, en particulier sur les terrains publics, où l'utilisation de véhicules pourrait être restreinte par la loi.

Méthodes actuelles

Actuellement, les sociétés exploitantes utilisent les méthodes suivantes sur l'emprise ou le long de celle-ci pour décourager l'accès :

- Aménager des barrières physiques aux points d'accès, y compris aux croisements de chemins et de sentiers (p. ex., rochers, monticules recouverts de végétation, clôtures de perches, clôtures à mailles losangées et **rémanents**) pour bloquer la vue des passants, qui auront alors moins tendance à chercher à accéder à l'emprise ou à la longer. Les **rémanents** bien aménagés peuvent décourager l'utilisation de VTT, même lorsque les autres barrières peuvent être contournées.
- Bloquer et démolir les chemins d'accès à l'emprise utilisés pendant la construction (s'ils ne servent pas à l'exploitation).
- Installer des panneaux aux points d'accès pour signaler la présence du pipeline.
- Informer le public, en particulier les chasseurs et les conducteurs de VTT et de motoneiges, de la nécessité du contrôle de l'accès.
- Rétablir les arbres et les arbustes de l'emprise dans la mesure du possible.

* Voir la section 6.1.1.4 *Détection des fuites*.

- Utiliser des caméras télécommandées et organiser des patrouilles pour recueillir les preuves qui aideront la police municipale ou provinciale à sanctionner les cas d'intrusion ou de dommages à une propriété privée (p. ex., par des amendes).

Technologie émergente

Les caméras télécommandées font actuellement l'objet de projets pilotes pour la surveillance de l'activité faunique (caribou, etc.) et humaine dans des emprises du nord de l'Alberta et de la Colombie-Britannique.

6.2.7 Espèces envahissantes

La MTD et la technologie émergente pour la gestion des **espèces envahissantes** durant l'étape de l'exploitation sont les mêmes que durant l'étape de la planification et de la construction*.

6.2.8 Conservation des espèces rares durant les activités d'entretien

Bon nombre des problèmes et des mesures d'**atténuation** relatifs aux espèces rares, qui s'appliquent également à l'entretien du pipeline et des installations, ont été abordés dans les sections sur les étapes de la conception et de la planification et de la construction†.

Pour protéger l'habitat des espèces rares, il est essentiel de gérer les renseignements recueillis durant les étapes précédentes et de les transmettre au personnel chargé de l'exploitation. L'utilisation d'un SIG facilite beaucoup cette tâche, puisqu'il peut stocker et transférer des ensembles de données spatiales sur des endroits précis de l'emprise, comme l'emplacement des communautés de plantes rares, les caractéristiques des habitats fauniques et les mesures d'**atténuation** mises en place durant la construction.

Si aucune donnée de base sur les espèces rares n'a été recueillie pour un pipeline en service, la société exploitante doit effectuer un examen et mettre au point des mesures d'**atténuation** (et d'autres mesures environnementales) avant que les activités d'entretien ne débutent. Par exemple :

- **passer en revue les registres en ligne** pour vérifier si certaines espèces rares pourraient se trouver près des activités d'entretien;
- **consulter les autorités locales** pour discuter des espèces rares et de leurs habitats près des activités d'entretien;
- **passer en revue les dossiers de la société** pour vérifier l'emplacement des espèces rares et de leurs habitats le long de l'emprise;
- **effectuer des examens avant la construction** pour déterminer si des habitats d'espèces rares se trouvent près de l'endroit où auront lieu les activités d'entretien en faisant appel à des biologistes professionnels et en suivant les procédures provinciales, s'il y a lieu;
- **consulter les autorités locales** pour coordonner les activités et les mesures d'**atténuation** de manière à réduire au minimum la perturbation des espèces rares et de leurs habitats durant les **périodes particulières**;

* Voir la section 4.2.8 *Gestion des espèces envahissantes*.

† Voir entre autres les sections 4.2.3 *Calendrier de construction*, 2.2.1.4 *Espèces en péril* et 2.2.1.5 *Protection et rétablissement de l'habitat du caribou*.

- **recommander des mesures d'atténuation** des effets de la construction en présence d'espèces rares (p. ex., évitement, **périodes particulières** à respecter, marges de recul temporaires, mesures physiques telles que des clôtures pour empêcher les espèces rares d'entrer dans la zone de travail durant les activités d'entretien, etc.);
- **gérer la végétation** le long de l'emprise pour régénérer et améliorer l'habitat des espèces rares.

La **technologie émergente** visant à réduire au minimum les effets sur les espèces rares comprend :

- **les outils portatifs et logiciels de collecte de données** pour enregistrer l'emplacement des espèces rares et de leurs habitats;
- **les appareils mobiles** donnant accès aux outils de cartographie en ligne pour que le personnel sur le terrain puisse déterminer si les activités proposées auront une incidence sur les espèces rares et leurs habitats avant même le début des activités d'exploitation et d'entretien;
- **les outils de cartographie en ligne** permettant au personnel de construction et aux inspecteurs environnementaux de signaler les espèces rares et leurs habitats à protéger pendant les activités de construction et de les ajouter à ceux relevés pendant l'étape de la planification.

6.2.9 Gestion des émissions atmosphériques

6.2.9.1 Gestion des émissions atmosphériques durant l'étape de la conception

La MTD pour la gestion des émissions atmosphérique est généralement intégrée au projet durant l'étape de la conception*. En gros, elle vise à réduire au minimum les émissions de contaminants atmosphériques et de GES sans nuire à la production :

- en utilisant des brûleurs à faibles émissions d'**oxyde nitrique** et de **dioxyde d'azote** (NO_x) aux stations de compression;
- en installant un toit flottant sur les réservoirs de stockage d'**hydrocarbures**.

Les fuites provenant des vannes, des pompes et des raccords peuvent libérer des COV ou du méthane dans l'atmosphère. Pour prévenir ces fuites et réduire les émissions, les sociétés exploitantes peuvent :

- mettre en place des programmes de surveillance pour faciliter la gestion des émissions atmosphériques;
- effectuer un entretien de routine régulier selon un calendrier fixe⁹⁰;
- mettre en place des programmes structurés de détection et de réparation des fuites le long de l'emprise et dans les installations pour repérer les fuites et établir l'ordre de priorité des réparations^{25, 91} (ces programmes comprennent des relevés aériens le long de l'emprise et l'observation active ou passive des panaches sur les sites des installations ou le long du pipeline).

* Voir la section 2.2.4 *Choix d'équipement*.

6.2.9.2 Purge sous pression

La **purge sous pression** peut être nécessaire pour diverses raisons (p. ex., réparation ou remplacement d'un tronçon de canalisation). Souvent, les gaz sont rejetés directement dans l'atmosphère, mais on peut aussi :

- les brûler à la torche;
- les recueillir et les recomprimer;
- en réduire la pression (tâche planifiée);
- en réduire le volume (tâche planifiée);
- éviter la **purge sous pression**.

Actuellement, le **rejet de gaz** est la méthode la plus courante puisqu'elle nécessite le temps d'arrêt le plus court, mais les sociétés exploitantes peuvent prévoir de brûler les gaz à la torche ou d'utiliser un compresseur portatif pour les rediriger du tronçon de canalisation à dépressuriser vers le tronçon adjacent. On utilise généralement des compresseurs de soutirage pour les grands pipelines à haute pression²⁶.

6.2.9.3 Réduction des émissions atmosphériques durant l'étape de l'exploitation

Bon nombre des mesures écoénergétiques et de diminution de la consommation de carburant mises en œuvre pour réduire les émissions de GES durant l'étape de la construction s'appliquent toujours durant l'exploitation*. En effet, l'utilisation de véhicules, d'équipement et de carburants écoénergétiques est non seulement possible, mais également économique⁹¹. De plus, les stations de compressions et les parcs de réservoirs de stockage d'**hydrocarbures** peuvent être dotés de technologies d'**imagerie optique des gaz** (ou l'équivalent), qui détectent les fuites de COV et de dioxyde de carbone (CO₂)⁹¹ et aident les sociétés exploitantes à définir les réparations nécessaires et à les classer par ordre de priorité.

Technologie émergente

La technologie émergente en matière d'imagerie optique des gaz comprend l'observation aérienne des lieux éloignés grâce à des caméras infrarouges ou à d'autres appareils d'imagerie fixés à des hélicoptères, à des aéronefs ou à des UAV. Cette technologie pourrait être particulièrement utile pour examiner l'emprise de longs pipelines linéaires.

La capture et le stockage de carbone est une technologie émergente servant à récupérer le CO₂ émis par les installations. Le CO₂ produit par la combustion ou extrait du flux de gaz brut est injecté dans des formations géologiques profondes qui servent de lieux de stockage. Cette technologie n'est pas très répandue au Canada, mais des démonstrations et des projets commerciaux sont en cours.

La nouvelle réglementation fédérale imposera des normes de rendement énergétique pour l'équipement tel que les moteurs à gaz à allumage par étincelle stationnaires et les chaudières et réchauffeurs autres que ceux des services publics. En effet, les exigences de base relatives aux émissions industrielles (EBEI) du *Règlement multisectoriel sur les polluants atmosphériques*

* Voir la section 4.2.10 *Réduction des émissions de gaz à effet de serre et de méthane issues de la construction*.

(RMSPA) limitent la quantité de NO_x pouvant être dégagée par cet équipement. Pour gérer les émissions des stations de compression existantes, les sociétés exploitantes peuvent installer des systèmes de contrôle et de surveillance des moteurs et des compresseurs, qui régulent le mélange air-carburant dans la turbine pour optimiser la combustion et réduire les émissions⁹².

La CSA a récemment publié la norme Z620.1-16 sur la réduction des émissions fugitives et relâchées dans les réseaux en amont de l'industrie du pétrole et du gaz naturel, qui encadre l'évacuation accidentelle et intentionnelle (fuites et rejets) d'hydrocarbures dans l'atmosphère. Source d'information sur la gestion des émissions des puits, des pipelines et des installations propres à un secteur précis (p. ex., traitement de gaz naturel ou production de gaz naturel, de pétrole brut ou de pétrole de schiste), cette norme décrit les considérations fondamentales des stratégies de contrôle et les programmes de détection et de réparation des fuites ainsi que les mesures possibles de quantification et d'atténuation pour divers types d'équipement courants dans le secteur en amont.

6.2.10 Évaluation, réhabilitation et surveillance des sites contaminés

Divers phénomènes peuvent être à l'origine de la contamination du sol ou des **eaux souterraines** par des **hydrocarbures**, notamment :

- la perte de l'intégrité du pipeline entraînant un déversement (p. ex., défaillance des vannes ou des réservoirs, corrosion interne ou externe, rupture du pipeline causée par un glissement de terrain ou le débit élevé des eaux);
- les déversements dans les installations de ravitaillement et de stockage du carburant ou causés par le capotage de véhicules;
- le déversement d'**hydrocarbures** pétroliers dans le sol par le pipeline ou les installations, qui pourrait contaminer les **eaux souterraines** s'il survient près de la nappe phréatique.

Les déversements sont un risque associé uniquement à l'étape de l'exploitation, lorsque le pipeline et les installations connexes sont en service, mais la contamination du sol et des **eaux souterraines**, elle, peut survenir à n'importe quelle étape. Par conséquent, la majorité de l'information ci-dessous s'applique aussi à l'étape de la planification et de la construction (section 4) et de la désactivation, désaffectation et **cessation d'exploitation** (section 7).

6.2.10.1 Évaluation de la présence de contaminants

Les autorités environnementales provinciales et fédérales ont établi un certain nombre de cadres, de documents d'orientation, de normes et de règlements pour encadrer la conduite des évaluations environnementales de site visant à déceler la présence de contaminants dans le sol ou dans les **eaux souterraines** *.

Les sociétés exploitantes anticipent et caractérisent souvent les conditions du sol et les effets sur celui-ci en employant diverses techniques de forage ou en creusant des puits d'essai. D'ailleurs, le *Guide pour le dépôt d'un dossier d'évaluation environnementale de site, phase II, en vertu du Règlement de l'Ontario 153/04*⁹³ décrit les techniques d'étude appropriées, les dispositifs

* Voir par exemple la norme CSA Z769.1 (C2013) et le British Columbia Contaminated Sites Regulation de la *Environmental Management Act*.

d'échantillonnage, les exigences pour l'analyse des échantillons en laboratoire et les normes de documentation du programme d'étude sur le terrain.

Les techniques d'évaluation des **eaux souterraines** sont également régies par différentes lois, y compris la procédure de construction des puits de surveillance et les techniques d'échantillonnage. En outre, des procédures normalisées en la matière sont prescrites dans le guide de l'Ontario⁹³. Les sociétés exploitantes doivent utiliser des techniques appropriées selon les conditions du site, notamment la méthode d'accès, le type de sol, la profondeur jusqu'aux **eaux souterraines** et la profondeur de la possible contamination.

6.2.10.2 Contamination du sol

Lorsque la société exploitante détermine qu'un déversement d'**hydrocarbures** pétroliers a contaminé le sol, elle doit délimiter la zone touchée en effectuant une évaluation environnementale (tel qu'il est indiqué ci-dessus), puis extraire et éliminer les contaminants. Cette stratégie est généralement la meilleure solution à court terme puisqu'elle est rapide et économique (selon la méthode d'accès ainsi que la profondeur et l'étendue de la contamination). Si les **eaux souterraines** sont contaminées, la société exploitante met au point, une fois le sol retiré, un programme de traitement en fonction de la profondeur des **eaux souterraines**, de la nature et de la concentration des contaminants et de l'étendue de la contamination.

6.2.10.3 Traitement des eaux souterraines contaminées par des hydrocarbures pétroliers

La technologie actuellement comprend :

- le pompage et le traitement ordinaire par séparateurs d'hydrocarbures (pour les liquides immiscibles);
- le charbon actif en granulés;
- les filtres à argile;
- le **barbotage** pour retirer les **fractions volatiles**;
- l'**atténuation** naturelle contrôlée.

Évaluation des risques

Si les **infrastructures** ou les activités courantes des installations gênent l'accès ou le prélèvement des **eaux souterraines** ou de la terre, on peut effectuer une évaluation des risques pour déterminer si les résidus **hydrocarbures** pétroliers restants dans le sol ou les **eaux souterraines** représentent un danger pour la santé humaine ou l'environnement. Le gouvernement fédéral et la plupart des gouvernements provinciaux ont établi une approche et un cadre de réalisation d'évaluation des risques servant à déterminer si la décontamination est suffisante.

Technologie émergente en matière d'évaluation environnementale

La technologie émergente comprend :

- l'utilisation d'autres types d'échantillons (p. ex., des carottes d'arbres) pour évaluer la concentration de contaminants dans le sol et les **eaux souterraines**⁹⁴;
- des techniques d'échantillonnage novatrices telles que la **microextraction en phase solide** (MEPS) pour mesurer la concentration de contaminants dans les puits d'**eau souterraine** sur de longues périodes.

Technologie émergente pour les sols et les eaux souterraines contaminés

La « réhabilitation verte » est à l'avant-garde des nouvelles approches de gestion des contaminants qui reposent sur la réduction de l'**empreinte carbone**, l'analyse des avantages environnementaux nets et l'assainissement de l'environnement sans émission de GES ou création de sous-produits. Certains États américains ont établi des lignes directrices pour la sélection d'approches de réhabilitation verte (p. ex., l'ajout de matières organiques ou d'organismes, comme les **biosolides** provenant des usines de traitement des eaux usées, aux sols contaminés par des **hydrocarbures** pétroliers pour y augmenter l'activité biologique et la dégradation des contaminants). Au Canada, certaines municipalités explorent le recyclage et la réutilisation des sols en tant que mesure de **réhabilitation**⁹⁵ durable.

Les approches de réhabilitation verte pour les **eaux souterraines** comprennent :

- l'utilisation de composés dégagant de l'oxygène pour stimuler l'activité microbienne dans les puits de surveillance;
- l'utilisation novatrice des systèmes de pompage et de traitement des **eaux souterraines** de manière à réduire ou à réutiliser les sous-produits du traitement;
- la réduction par divers moyens du volume d'eau nécessaire au traitement.

6.3 Exploitation : gestion des urgences

L'Office exige des sociétés qui exploitent un pipeline sous réglementation fédérale qu'elles établissent un programme de gestion des situations d'urgence pour « *prévoir, prévenir, gérer et atténuer de telles situations* »⁷⁶. Les procédures détaillées de signalement, de confinement et d'intervention en cas de déversement sont généralement exposées dans le plan d'intervention d'urgence de la société ou le plan d'intervention d'urgence propre au projet (on parle de « manuel des mesures d'urgence » dans la réglementation de l'Office).

En règle générale, les pratiques exemplaires en cas d'urgence consistent notamment à intégrer le personnel, les installations, l'équipement, les procédures et les communications rattachées à une structure organisationnelle commune dans un système de gestion des incidents favorisant une intervention efficace. Par exemple, le système de commandement des interventions (SCI) est un système de gestion des urgences sur place servant à coordonner l'intervention des diverses autorités compétentes et parties prenantes à la suite d'un ou de plusieurs incidents.

L'intervention en cas de déversement d'**hydrocarbures** comprend généralement les étapes suivantes :

1. Confinement initial et protection des ressources*
2. Récupération du produit
3. **Remise en état et assainissement** de la zone, de la flore et de la faune touchées

* Les processus et l'équipement de confinement initial et de récupération sont traités à la section 6.3.1.1 *Équipement et produits de nettoyage*.

6.3.1 Intervention en cas d'urgence ou de déversement

Cette section donne des exemples de MTD et de technologies émergentes quant aux techniques et aux produits de nettoyage des déversements, à la remise en état, à l'assainissement, aux **dispersants** et à l'élimination des matières.

6.3.1.1 Techniques, produits et équipement de nettoyage

Confinement et récupération en eaux libres

On dispose sur l'eau des **barrages flottants** rigides d'une hauteur suffisante pour contrer l'effet des vagues et pourvus d'une **jupe** pour intercepter le produit submergé. Les barrages flottants peuvent être installés à des points fixes ou mobiles (p. ex., des bateaux) pour dévier un produit vers un point de récupération, concentrer le produit ou en réduire la mobilité jusqu'à sa récupération. Une fois le barrage flottant installé, la récupération peut se faire au moyen :

- d'écumeurs (p. ex., un tambour rotatif, un appareil de séparation gravitaire ou une membrane sélective);
- de matériaux absorbants ou adsorbants (p. ex., des tampons, des barrages flottants ou des billes jetables ou lavables);
- d'appareils d'aspiration.

Si le produit déversé est peu épais, on peut utiliser des barrages flottants (souples) en matériaux adsorbants pour **adsorber** le produit au contact.

Ruisseaux et rivières

Dans les ruisseaux et les rivières, on peut recourir à des barrages flottants rigides ou souples (comme indiqué plus haut) combinés à des **déversoirs** à sous-écoulement pour attraper une plus grande partie du produit. Au nombre des MTD figure aussi le recours à des équipes spécialement formées dans les techniques de confinement et de récupération des produits déversés. Le cas échéant, le plan d'intervention d'urgence indique généralement la nature et la fréquence de cette formation.

Si le cours d'eau est recouvert d'une plaque de glace continue, des tranchées creusées perpendiculairement à la trajectoire estimée en aval du point de rejet permettent d'intercepter et de récupérer le produit au moyen de camions aspirateurs et de longs tuyaux. Ainsi, on peut atteindre les zones touchées à partir de la terre ferme ou d'un endroit sécuritaire sur le plan d'eau gelé.

Si la glace est discontinue ou fragmentée, comme sur des banquises, ou si l'équipe de récupération brise la glace, il est envisageable de brûler le produit sur place, là où il s'accumule. Les intervenants doivent déterminer si les risques associés au brûlage et les effets environnementaux ou socioéconomiques potentiels sont acceptables ou atténués.

Confinement et récupération sur la terre, la neige ou la glace

Sur la terre, la neige ou la glace, les MTD reconnues sont les suivantes :

- Utiliser des **batardeaux** (barrages remplis d'eau) temporaires pour bloquer le chemin au produit ou le faire dévier vers un point de collecte.
- Creuser une tranchée pour bloquer le chemin au produit ou le faire dévier vers un point de collecte.
- Appliquer directement des matériaux absorbants.
- Répandre des agents gélifiants-solidifiants.

Dispersants

Les **dispersants** sont des agents de traitement des déversements courants dont l'utilisation peut être l'approche la plus efficace, compte tenu de leurs risques et de leurs avantages, des conditions météo et des vulnérabilités environnementales et socio-économiques en jeu. Parfois, les conditions particulières d'un déversement marin (p. ex., la zone touchée est trop étendue ou trop éloignée) rendent l'exécution des stratégies d'intervention traditionnelles difficile, voire impossible. En pareil cas, l'utilisation de dispersants est envisageable si elle permet de :

- distribuer le produit à une plus faible concentration dans la colonne d'eau ou plus uniformément sur la zone touchée;
- réduire la toxicité ou le risque global pour un **récepteur** ou l'écosystème dans son ensemble (p. ex., meilleure protection des récepteurs particulièrement sensibles);
- réduire la quantité de pétrole migrant vers les rives, où le produit peut s'échouer ou avoir des répercussions sur des environnements ou des récepteurs particulièrement sensibles (p. ex., les milieux humides, les habitats estuariens et les sauvagines).

Parmi les MTD, il y a la recherche-développement sur les catégories de **dispersants** chimiques formulées et utilisées par le passé en environnement marin⁹⁶. L'épandage de dispersants requiert l'autorisation des organismes de réglementation.

Technologies émergentes pour les produits et l'équipement de nettoyage

Un groupe de travail du Canadian Pipeline Technology Collaborative (CPTC) réalise actuellement une étude des MTD dans le cadre d'un programme thématique (« CPTC National Spill Response Science, Technology and Innovation Program »). Quant à la Société royale du Canada, dans son étude de 2015 intitulée *Le comportement et les incidences environnementales d'un déversement de pétrole brut dans des milieux aqueux*⁹⁷, elle recommande des recherches visant à développer des innovations applicables aux produits et à l'équipement de nettoyage. Des chercheurs étudient actuellement de nouvelles applications et innovations touchant les **dispersants** chimiques traditionnels, la **biorestauration** et les méthodes physiques, comme les **barrages flottants** et les écumeurs (p. ex., les technologies d'écumage à haute vitesse).

Autres technologies émergentes

Parmi les technologies nouvelles ou émergentes, citons également :

- l'intégration en temps réel des données des logiciels de bureau et des applications pour tablette ou téléphone intelligent dans une image commune de la situation opérationnelle (ICSO), qui rend plus efficace la transmission des renseignements aux parties prenantes durant une intervention;

- la création d'outils perfectionnés et conviviaux pour la modélisation de la trajectoire et du devenir des déversements;
- l'amélioration continue des méthodes d'évaluation de l'atténuation des effets d'un déversement (EAED), aussi appelée « analyse de l'avantage environnemental net » (AAEN), afin de sélectionner l'équipement et les techniques d'intervention les plus efficaces pour réduire au minimum les répercussions du déversement sur les humains et l'environnement.

6.3.1.2 Remise en état et réhabilitation

La **remise en état** et la **réhabilitation** atténuent les risques potentiels pour les personnes et l'environnement. Suivant le confinement et l'enlèvement, les efforts de remise en état et de réhabilitation visant les sols, les eaux, les **sédiments**, la végétation et les rives touchés consistent entre autres à :

- choisir une méthode et des emplacements qui donnent la priorité aux milieux touchés les plus sensibles et qui peuvent remettre en état les ressources;
- respecter les principes fondamentaux de la réduction ou de l'élimination des risques environnementaux inacceptables et de l'avantage environnemental net (plutôt que de causer des dommages indus aux ressources environnementales en tentant d'enlever complètement le produit déversé);
- traiter et enlever le produit sur place par une méthode comme les suivantes :
 - le nettoyage à basse ou haute pression;
 - l'inondation et le lavage;
 - le labourage des sols;
 - la **biorestauration**;
 - la récolte sélective des végétaux touchés (préserver le système racinaire);
 - le recours à une **atténuation** (dégradation) naturelle surveillée plutôt qu'à l'enlèvement en bloc des sols ou de la végétation.
- déterminer si des sols ou des **sédiments** saturés ou gravement touchés doivent être enlevés par excavation, selon les risques de toxicité ou de mobilisation;
- enlever la neige ou la glace du site, puis la traiter ou l'éliminer.

L'ajout sur place au produit déversé de micro-organismes pouvant décomposer le pétrole peut accélérer le rétablissement naturel de l'écosystème après le déversement. Dans leur évaluation de l'effet global net sur le site, les sociétés exploitantes et les organismes de réglementation doivent surveiller les effets indirects de l'**inoculation** et de l'ajout de nutriments qui l'accompagne habituellement. Ils doivent aussi mener une analyse des risques et des avantages, surtout en ce qui a trait à la migration potentielle et aux répercussions sur les **eaux souterraines** potables à usage domestique*.

6.3.1.3 Élimination des matières ayant servi à une intervention en cas de déversement

Élimination des déchets

La MTD pour la société exploitante est de traiter ou d'éliminer les matières générées par l'intervention à l'installation de traitement ou d'élimination adaptée la plus proche. Pour les

* Les technologies émergentes dans ce domaine sont celles décrites à la section 6.3.1.1.

matières déversées récupérées, la MTD consiste à recycler, à raffiner de nouveau ou à déclasser ces matières pour en faire un combustible ou une **charge d'alimentation** de faible utilisation. Si les installations nécessaires sont à une distance déraisonnable ou si le site est éloigné, la MTD pour la société exploitante est de construire une installation de traitement sur place. Si c'est impossible, une installation d'élimination peut être requise.

Les méthodes émergentes de gestion des déchets générés par l'intervention en cas de déversement sont axées sur la recherche de solutions novatrices pour détourner partiellement ou complètement les flux de déchets des sites d'enfouissement, dans la mesure du possible.

7.0 DÉSACTIVATION, DÉSAFFECTATION ET CESSATION D'EXPLOITATION

Une société peut présenter à l'Office une demande de désactivation, de désaffectation ou de **cessation d'exploitation** d'un pipeline ou d'une installation de ressort fédéral. Lorsqu'elle cesse d'exploiter un pipeline, la société peut l'enlever complètement ou partiellement ou l'abandonner sur place.

La décision de l'enlever ou de l'abandonner sur place dépend souvent des utilisations actuelle et future des terres et des incidences environnementales potentielles⁹⁸. L'Office fournit à l'industrie des directives sur l'établissement des plans de **cessation d'exploitation** des pipelines relevant de la réglementation fédérale, exigeant notamment la consultation des parties intéressées (p. ex., les propriétaires fonciers et les experts techniques)⁹⁸.

La désaffectation comporte les mêmes activités que l'abandon sur place. Cependant, les exigences réglementaires sont différentes : la désaffectation peut être approuvée sans audience publique préalable. La société ne peut désaffecter une canalisation que si elle prouve que le service assuré à l'origine par cette canalisation peut être l'être par d'autres moyens.

7.1 Désactivation

Lorsqu'une société exploitante souhaite désactiver temporairement un tronçon de pipeline, elle doit généralement :

- isoler le tronçon en question (notamment en fermant les vannes pour bloquer les flux entrants et sortants);
- enlever le produit contenu dans le tronçon isolé;
- bloquer le tronçon à chaque point d'isolation (p. ex., en installant des brides pleines);
- vérifier si le tronçon peut être vidangé et ventilé;
- enlever les instruments et brancher des raccords pour capteur;
- enlever le produit résiduel du segment isolé par un moyen approprié (p. ex., le raclage ou l'utilisation d'un jet de vapeur ou d'eau ou d'agents chimiques), puis purger et remplir le tronçon et les composants d'azote à basse pression;
- surveiller le tronçon en vérifiant la pression d'azote;
- maintenir la tension et l'intensité de courant nécessaires à la **protection cathodique** et vérifier continuellement si elles sont conformes à la norme CSA Z662-15.

7.2 Cessation d'exploitation

Avant de cesser l'exploitation d'un pipeline, la société doit prouver qu'elle le fera sans mettre en danger l'environnement et le public. Elle doit aussi planifier, prévenir, gérer et atténuer les situations potentiellement dangereuses associées à la canalisation en question.

7.2.1 Méthode

7.2.1.1 Choix d'une méthode de cessation d'exploitation

Lors du choix d'une méthode de **cessation d'exploitation** appropriée, le principal facteur est la catégorie d'utilisation des terres où se trouve le pipeline⁹⁹.

L'Association canadienne de pipelines d'énergie (CEPA) présente un tableau mettant en correspondance les catégories d'utilisation et les méthodes appropriées. Les choix possibles sont les suivants :

- Abandon sur place
- Abandon sur place avec traitement spécial
- Enlèvement selon les différentes catégories d'utilisation des terres¹⁰⁰

La CEPA recommande aux sociétés exploitantes de comparer les risques et les effets potentiels de l'abandon sur place à ceux de l'enlèvement^{100,101}. Pour les grands tronçons de pipeline, les sociétés combinent le plus souvent des stratégies multiples, selon la situation^{99,100}.



Évaluation environnementale en vue de la cessation d'exploitation

7.2.1.2 Autres facteurs importants

Le choix de la méthode de cessation d'exploitation dépend également des facteurs suivants :

- Utilisations actuelles et potentielles des terres
- Croisements de routes ou de chemins de fer
- Franchissement de **cours d'eau**
- Zones écologiquement vulnérables
- Effets sur les terres et l'eau
- Contamination des sols et des **eaux souterraines**
- Propriétés du pipeline (p. ex., le diamètre et les revêtements)^{99,102}
- Discussions entre la société pipelinière, les parties prenantes locales, les propriétaires fonciers et les organismes de réglementation

Dans tous les cas, la norme CSA Z662-15 (article 10.16.3)¹⁰² exige l'enlèvement de la totalité des installations en surface associées au pipeline visé, notamment les suivantes :

- **Vannes de sectionnement**
- Équipement de **protection cathodique** (p. ex., les générateurs thermoélectriques, les redresseurs et les fils d'essai)
- SCADA
- Bâtiments

7.2.1.3 Autres considérations environnementales

Pour réduire les effets environnementaux, l'une des stratégies clés est d'enlever les installations à un **moment opportun**, c'est-à-dire à l'extérieur de périodes sensibles sur le plan environnemental ou social, comme les périodes de récolte ou de nidification.

Les installations en surface peuvent présenter une **contamination préexistante** par des **hydrocarbures**, des **hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**, du **diphényle polychloré** ou des substances radioactives naturelles (métaux lourds). L'exécution d'une évaluation environnementale et socioéconomique avant la cessation d'exploitation facilite une

bonne planification du confinement et de l'enlèvement des contaminants durant les activités de cessation d'exploitation. Les sociétés exploitantes sont invitées à se référer au *Guide sur le processus de réhabilitation* de l'Office¹⁰³ au sujet des problèmes de contamination d'installations de ressort fédéral.

Lorsqu'elles enlèvent des pipelines ou des installations, **les sociétés exploitantes doivent établir des mesures de protection de l'environnement**, notamment en ce qui a trait aux procédures de manipulation du sol, aux plans d'urgence, à la gestion des mauvaises herbes, à la protection des particularités culturelles et environnementales sensibles et aux plans de remise en état et de surveillance⁹⁹.

Au moment d'enlever un pipeline, il faut parfois **ajouter un volume proportionnel de terre** pour ne pas laisser un sillon de tranchée. Plus précisément, les pratiques employées sont le **compactage** du site, l'**emploi de sol rapporté** et la vérification du caractère approprié des sols (p. ex., la présence de mauvaises herbes et la texture)^{99,100}.

7.2.1.4 Effets environnementaux potentiels à long terme

Au nombre des effets environnementaux potentiels à long terme à prévoir lorsque l'on abandonne un pipeline sur place figurent^{99,100,101,104} :

- l'**affaissement** du sol découlant de l'effondrement d'une canalisation rongée par la corrosion;
- le fait qu'une canalisation perforée devienne un canal pour l'eau ou d'autres substances;
- la mise à nu de la canalisation en raison d'un **affouillement** dans le **cours d'eau**, de la flottabilité en milieu humide, du **soulèvement par le gel** et de la réduction de l'**épaisseur de couverture**.

Affaissement du sol

Il peut y avoir **affaissement** du sol lorsque la société exploitante désactive la **protection cathodique**. Les tronçons de canalisation abandonnés sur place subissent une corrosion par piqûres et peuvent finir par s'affaiblir au point de s'affaisser¹⁰⁴. Det Norsk Veritas (DNV) (2015) prévoit que l'affaissement ainsi causé, quoique très variable, ne dépassera généralement pas 10 cm¹⁰⁴.

L'**affaissement** peut nuire à certaines utilisations des terres (p. ex., l'agriculture) ou aux **infrastructures** (p. ex., les routes et les chemins de fer). Pour atténuer l'affaissement aux croisements de routes, on peut plaquer le pipeline sous le croisement et le remplir d'un matériau approprié (p. ex., du béton ordinaire ou de type « Fillcrete »)^{99,100}.

À d'autres endroits, l'**affaissement** peut être géré par les processus naturels de formation du sol (p. ex., la reformation du sol et la croissance des végétaux associés) ou les activités agricoles normales. Si l'affaissement du sol devient problématique, on peut l'atténuer en ajoutant des déblais (p. ex., la terre extraite de la **tranchée**) ou de la terre végétale aux zones touchées.

Contamination à la suite d'une purge

Pour atténuer le risque de contamination à la suite d'une purge, les MTD consistent entre autres à :

- nettoyer le pipeline avant sa cessation d'exploitation, qu'il soit abandonné sur place ou enlevé^{99,101,105};
- mener une évaluation environnementale pour faciliter la planification du confinement et de l'enlèvement des contaminants.

Les contaminants potentiels (p. ex., les **HAP**) issus de la dégradation du revêtement d'une canalisation après sa cessation d'exploitation, peu solubles dans l'eau, sont **absorbés** ou **adsorbés** par le carbone du sol et peuvent être décomposés avec le temps par les micro-organismes du sol¹⁰⁶. Par conséquent, il est peu probable que ces contaminants soient emportés par de l'eau suivant un cheminement préférentiel¹⁰⁶.

Le pipeline peut se perforer sous l'effet de la corrosion, risquant alors de causer un renardage localisé qui dévie les eaux de surface ou les **eaux souterraines** à faible profondeur^{99,101} et qui, parfois, entraîne des inondations et de l'**érosion**¹⁰⁰.

Parmi les stratégies d'atténuation de la contamination potentielle des eaux de surface ou des **eaux souterraines** à faible profondeur, on trouve :

- la segmentation du pipeline par coupe et obturation;
- le placage aux endroits stratégiques (p. ex., aux croisements de routes, près des eaux souterraines à faible profondeur et au sommet des pentes);
- l'installation de bouchons⁹⁹.

Avant de segmenter une canalisation ou d'installer des bouchons, il faut prendre en compte :

- l'espacement;
- le terrain local;
- **les eaux souterraines** à faible profondeur;
- les caractéristiques des eaux de surface;
- les caractéristiques écosensibles^{99,100,101}.

Mise à nu de pipeline

Bien qu'il y ait un certain risque de mise à nu du pipeline dans le **cours d'eau** par suite de l'**affouillement** consécutif à la cessation d'exploitation, il est généralement préférable d'abandonner le pipeline sur place pour éviter de nouvelles perturbations du lit et des rives du cours d'eau¹⁰⁰. Au besoin, on peut sortir le pipeline de sous le cours d'eau pour ne pas perturber les zones **riveraines** et le cours d'eau lui-même¹⁰¹.

Le pipeline peut aussi se retrouver à nu en milieu humide, une fois purgé (débarrassé du produit), si les mécanismes de contrôle de la flottabilité (p. ex., les lests pour marécage) deviennent inefficaces¹⁰⁰. Il reste qu'en laissant ces mécanismes en place, on réduit le risque de mise à nu. Bien que le **soulèvement par le gel** soit parfois considéré comme une préoccupation potentielle de l'abandon sur place, d'après la documentation, il n'est pas une cause fréquente de mise à nu¹⁰⁷. Les MTD pour la mise à nu d'un pipeline en vue de sa cessation d'exploitation consistent notamment à :

- vérifier si des zones de l'emprise du pipeline présentent des **géorisques** (p. ex., les pentes abruptes) déjà observés par la société exploitante ou pouvant entraîner la mise à nu du pipeline;
- envisager des mesures de contrôle de l'**érosion** ou assurer une surveillance des zones touchées.

7.3 Incidence environnementale du recyclage et de l'élimination des pipelines

Il existe peu de données sur les effets potentiels du recyclage ou de l'élimination des canalisations usées, si ce n'est de ces renseignements de DNV (2010)¹⁰¹ :

- Si des matières dangereuses sont décelées, il faut manipuler la canalisation conformément aux protocoles applicables à ces substances.
- Si avant d'enlever une canalisation contenant des matériaux de revêtement (surtout du goudron de houille), on l'enveloppe dans une pellicule plastique, on réduit l'écaillage et le dépôt de matériaux sur le sol.

7.4 Remise en état des sites des stations et des pipelines

L'Office s'attend à ce que les critères provinciaux de remise en état et les pratiques d'évaluation de la remise en état visant le respect de ces critères soient aussi appliqués aux projets assujettis à sa réglementation.

7.4.1 Interventions de remise en état sur l'emprise

Bien souvent, des semences d'espèces agronomiques ont été répandues sur l'emprise après la construction, et le terrain a été gardé en bonne partie gazonné, ce qui peut empêcher la succession naturelle et la colonisation par les espèces indigènes. Bien que l'entretien de l'emprise, qui comprend la gestion de la végétation, prenne habituellement fin à la cessation d'exploitation, il se peut que la végétation de l'emprise abandonnée ne puisse revenir à l'état précédant la construction sans intervention humaine (p. ex., la plantation d'arbres ou la transplantation de boutures d'arbustes).

7.4.2 Remise en état des installations

Les installations en surface et les tronçons de pipeline que la société exploitante souhaite enlever sont remis en état selon la procédure suivante :

- Enlever les **infrastructures**.
- Réhabiliter tout site contaminé*.
- Rétablir les profils de drainage naturel.
- Remettre en place la terre végétale stockée et revégétaliser le terrain.

Les technologies émergentes de remise en état sont présentées à la section 4.2.11.2 *Techniques de remise en état*.

* Voir la section 6.2.10 *Évaluation, réhabilitation et surveillance des sites contaminés*.

8.0 SONDAGE AUPRÈS DES PARTICIPANTS

L'Office a mené un sondage en ligne auprès des associations et des membres de l'industrie, d'autres organismes gouvernementaux et des universitaires au sujet des MTD et des technologies émergentes dans le secteur pipelinier canadien. Cette consultation portait notamment sur le mode d'assimilation des technologies dans les activités.

Le sondage s'est déroulé en deux phases* :

Phase un : Questions sur la construction des pipelines, les matériaux, les technologies émergentes et la gestion des urgences.

Phase deux : Questions sur les considérations environnementales et la gestion des urgences.

Les répondants étaient également invités à :

- décrire les obstacles à la dissémination des nouvelles technologies;
- donner leur avis sur le rôle des organismes de réglementation et de l'industrie dans le développement et la diffusion de l'information sur les MTD.

Exemples de questions de la phase un

1. Quelles sont les technologies pipelinères les plus efficaces utilisées par une société pour ce qui est de la construction, des matériaux, de la sécurité des pipelines ou de l'intervention en cas d'urgence?
2. En quoi ces technologies sont-elles efficaces et avantageuses?
3. Quels facteurs (économiques, sociaux, réglementaires ou rapport coûts-avantages) influent sur la décision d'adopter ou non une technologie? À quoi a ressemblé la phase d'essais?
4. Quelles sont les lacunes technologiques à combler en matière de sécurité des pipelines, de protection de l'environnement ou d'intervention en cas d'urgence?
5. Quels sont les principaux obstacles (p. ex., économiques ou réglementaires) à l'acquisition de technologies?
6. Nommez des exemples de tendances technologiques émergentes.

Les questions de la phase deux ont été inspirées de celles de la phase un.

Exemples de questions de la phase deux

1. Quels sont les principaux facteurs environnementaux et les principaux facteurs relatifs à la gestion des situations d'urgence dont il faut tenir compte tout au long du cycle de vie des pipelines?
2. Pour chaque facteur, mentionnez quelles sont les technologies les plus efficaces?
3. Indiquez sur quoi repose l'efficacité de chaque technologie (p. ex., Quelle est la valeur ajoutée de chacune? Quel est l'avantage principal de chacune?).
4. Pour chaque facteur que vous avez soulevé, veuillez préciser les technologies émergentes que vous connaissez, le cas échéant.
5. Quels facteurs (économiques, sociaux, réglementaires ou rapport coûts-avantages) déterminent si une technologie sera adoptée ou non?

* 35 répondants pour la phase un; 43 répondants pour la phase deux.

6. Selon vous, quel est le rôle actuel de l'organisme de réglementation dans le développement et la diffusion de connaissances en ce qui concerne la meilleure technologie disponible pour les pipelines de ressort fédéral? Quel rôle l'organisme de réglementation devrait-il jouer?
7. Selon vous, quel est le rôle actuel de l'industrie dans le développement et la diffusion de connaissances en ce qui concerne la meilleure technologie disponible pour les pipelines de ressort fédéral? Quel rôle l'industrie devrait-elle jouer?

Sommaire des résultats du sondage auprès des participants

En résumé, les résultats montrent que le rythme d'assimilation des nouvelles technologies dans les réseaux pipeliniers peut être lent, puisque ce processus nécessite des analyses coûts-avantages et la démonstration à l'organisme de réglementation que les nouvelles technologies préserveront ou amélioreront la sécurité des personnes et de l'environnement. Pour ce faire, il faut notamment réaliser les essais de produit, les projets pilotes et les essais sur le terrain qui s'imposent.

L'un des thèmes récurrents qui ressort des réponses est la description de l'équipement et des pratiques exemplaires de prévention des fuites et des déversements et de planification des interventions. Il est compréhensible que les répondants mettent l'accent sur la prévention des incidents, ceux-ci pouvant occasionner d'importants coûts humains, environnementaux et financiers. D'ailleurs, les répondants soulignent l'importance d'une meilleure communication de l'information sur les MTD, y compris le développement et la diffusion des MTD et des technologies émergentes. Si les opinions diffèrent quant à l'identité du juste responsable d'une telle initiative (l'organisme de réglementation ou l'industrie), le recensement et la diffusion de ce type de renseignements nécessitent de toute évidence une action concertée de la part des nombreuses parties prenantes. Les réponses au sondage sont résumées sous forme de tableaux à l'annexe C.

9.0 CONCLUSION

Le présent rapport se veut un aperçu des MTD et des technologies émergentes pour les pipelines de ressort fédéral. Il porte principalement sur les MTD liées aux considérations environnementales, aux matériaux, à la construction et à la gestion des urgences. Comme mentionné précédemment, il s'agit d'un portrait des technologies en usage l'année où l'Office a produit le rapport. Les parties prenantes doivent être gardées au courant des progrès technologiques.

Utilisation réussie des nouvelles technologies

La réussite de la mise en œuvre des nouvelles technologies repose sur différents facteurs, dont le rapport coûts-avantages et la conformité aux lignes directrices en matière de réglementation. Il faut absolument envisager les technologies dans le contexte des valeurs, des pratiques, des politiques, des procédures et du savoir-faire des sociétés. C'est lorsqu'elles s'insèrent dans les pratiques des employés et des cadres que les technologies sont les plus efficaces.

Rythme d'assimilation

D'après notre sondage, l'intégration des nouvelles technologies aux pipelines peut prendre beaucoup de temps. Les nouveaux produits doivent faire l'objet d'essais, de projets pilotes et d'essais sur le terrain, et les sociétés doivent procéder à des analyses coûts-avantages. La société exploitante et l'organisme de réglementation doivent tous deux conclure que la technologie envisagée ne compromet pas le rendement en matière de sécurité ou d'environnement, voire qu'elle l'améliore.

Préoccupations des répondants

Beaucoup de répondants ont insisté sur les MTD dans le domaine de la prévention des fuites et des déversements et des interventions, car de tels incidents peuvent occasionner d'importants coûts humains, environnementaux et financiers.

Les répondants souhaitent voir une amélioration de la communication de l'information sur les MTD ainsi que de la mutualisation et de la diffusion des progrès. Si les opinions diffèrent quant à l'identité du juste responsable d'une telle initiative (l'organisme de réglementation ou l'industrie), celle-ci nécessite de toute évidence une action concertée de la part des nombreuses parties prenantes.

ANNEXE A

Minister
of Natural Resources



Ministre
des Ressources naturelles

Ottawa, Canada K1A 0E4

Monsieur Peter Watson
Président et premier dirigeant
Office national de l'énergie
517, Tenth Avenue South West
Calgary (Alberta) T2R 0A8

Monsieur,

Comme suite aux discussions avec vous et votre personnel, je vous écris pour obtenir un avis, par le moyen d'études et d'un rapport subséquent, sur l'emploi des meilleures technologies disponibles dans le cadre des projets de pipelines réglementés par le gouvernement fédéral. C'est une initiative que j'ai dévoilée en mai 2014 avec de nouvelles mesures de sécurité des pipelines de classe mondiale. Dans le cas de celle-ci, il n'est pas nécessaire d'apporter de modifications à la *Loi sur l'Office national de l'énergie*.

Le gouvernement du Canada reconnaît la nécessité de tenir un dialogue et d'obtenir des renseignements sur l'emploi des meilleures technologies disponibles pour les pipelines, prenant en considération les innovations visant à améliorer constamment la sécurité des pipelines. Je constate qu'avec la tournée « À vous la parole » que l'Office national de l'énergie (ONE) a récemment annoncée, l'Office est bien placé pour interagir et discuter avec des experts et d'autres intervenants ayant une expertise pertinente afin de tenter de préciser l'étude dans ce domaine.

Je crois fermement que la technologie peut assurer et assurera la sécurité des pipelines et la protection de l'environnement. Je crois aussi qu'en fournissant un avis sur la manière dont les entreprises emploient les meilleures technologies disponibles et élaborent, mettent à l'essai et mettent en œuvre de nouvelles technologies pour répondre à la demande quant à la construction de pipelines plus sécuritaires, l'ONE permettra d'atteindre ces objectifs importants. L'étude devra prendre en considération la faisabilité économique, pour les exploitants de pipelines, de la mise en œuvre des technologies pour construire et exploiter des pipelines.

Parmi les domaines sur lesquels l'ONE devrait se pencher dans le cadre de son étude et de son rapport sur les meilleures technologies disponibles, il y a les suivants :

- les méthodes de construction;
- les matériaux;
- les techniques d'intervention en cas d'urgence;
- les nouveaux développements technologiques.

En plus de discuter avec les intervenants, on s'attend à ce que l'ONE doive consulter ces intervenants, y compris l'industrie, les associations et les universitaires ayant une expertise et des connaissances techniques, pour élaborer une étude finale qui pourra être publiée à grande échelle et contribuera à la sécurité des pipelines et à la protection de l'environnement du Canada.

Je présente cette demande en vertu du paragraphe 26(2) de la *Loi sur l'Office national de l'énergie*. Je demande à l'ONE de réaliser cette étude et de me remettre un rapport d'ici le 31 mars 2016. Ce délai lui permettra de consulter les intervenants pertinents. Puisque cette question relève des exigences opérationnelles établies de l'Office selon les besoins, aucun financement supplémentaire ne lui sera affecté pour répondre à cette demande.

Merci de votre attention à l'égard de cette question. J'espère recevoir l'étude de l'ONE concernant l'emploi des meilleures technologies disponibles dans le cadre des projets de pipelines réglementés par le gouvernement fédéral.

Veuillez recevoir mes salutations distinguées.

L'honorable Greg Rickford, C. P., député
Ministre des Ressources naturelles du Canada et de
l'Initiative fédérale de développement économique dans le Nord de l'Ontario

ANNEXE B

Minister
of Natural Resources



Ministre
des Ressources naturelles

Ottawa (Ontario) Canada K1A 0E4

Monsieur Peter Watson
Président et premier dirigeant
Office national de l'énergie
517, Dixième Avenue S.-O.,
Calgary (Alberta) T2R 0A8

Monsieur,

Par la présente, je donne suite à la lettre qui vous a été envoyée en février 2015 par mon prédécesseur, dans laquelle ce dernier vous a demandé de mener une étude sur l'application de la meilleure technologie disponible utilisée dans les projets pipeliniers relevant de la réglementation fédérale, et de produire un rapport.

Je désire vous faire part de mon intérêt pour cette étude et ce rapport. Comme vous le savez, la plate-forme de notre gouvernement comprend un engagement à moderniser l'Office national de l'énergie. Nous nous sommes engagés aussi à examiner les processus d'évaluation environnementale du Canada et à exiger dorénavant que les promoteurs choisissent les meilleures techniques disponibles dans le but de réduire les effets environnementaux associés aux projets de mise en valeur des ressources. Je considère que l'étude que vous menez actuellement sur l'application de la meilleure technologie disponible appuiera ces deux engagements, assurant ainsi des pipelines plus sûrs, la protection environnementale et une confiance du public accrue dans les processus de réglementation.

Dans la lettre originale, on vous demandait de soumettre le rapport au plus tard le 31 mars 2016. J'aimerais offrir à l'Office une période supplémentaire de six mois (jusqu'au 30 septembre 2016) pour travailler à l'étude et au rapport, de manière à prévoir assez de temps pour faire participer les parties prenantes et produire une étude plus solide sur la meilleure technologie disponible pour les pipelines, notamment :

- les méthodes de construction;
- les matériaux;
- les techniques de gestion des urgences;
- les nouveaux développements technologiques;
- les facteurs environnementaux.

J'attends avec impatience les résultats de l'étude de l'Office sur la façon dont les nouvelles techniques sont mises au point, évaluées et appliquées pour assurer un fonctionnement plus sûr des pipelines. Les facteurs économiques pouvant influencer le développement et l'utilisation de la meilleure technologie disponible dans l'industrie constitueront également un aspect important.

Je vous remercie de vos efforts soutenus dans ce dossier important, et vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes meilleurs sentiments.

Original signé par

L'honorable Jim Carr, C.P., député

Traduction non officielle

ANNEXE C

Tableau 1 : Résultats du sondage (phase un)

Technologies relatives à la construction, aux matériaux, à la sécurité des pipelines et aux interventions d'urgence (premier sondage)	
Commentaires d'ordre général	La fissuration par corrosion sous contrainte (FCSC) est à surveiller. Les technologies doivent satisfaire non seulement aux critères d'essai, d'intégration et de fiabilité, mais aussi aux contraintes économiques et réglementaires.
Meilleure technologie disponible	Inspection interne Évaluation non destructive (END) des pipelines Données d'inspection Nouveau matériau anticorrosion pour les conduites
Inspection interne	Efficace grâce à sa grande précision Plus efficace que les évaluations directes et les épreuves hydrostatiques
Facteurs influant sur l'adoption des nouvelles technologies, en ordre d'importance	Analyses coûts-avantages Réglementation Facteurs économiques Facteurs sociaux
Mise à l'essai des nouvelles technologies	Essais sur le terrain Projets pilotes ou essais en laboratoires reproduisant avec réalisme l'environnement et les conditions d'exploitation Mieux vaut disposer des données des essais du fournisseur avant que la société pipelinère ne procède à son évaluation.
Technologies présentant des lacunes ou nécessitant des améliorations	Détection des fuites Confinement des déversements Nettoyage des déversements Précision des outils d'inspection interne Outils d'inspection interne pour les pipelines impossibles à racler Détection des fuites mineures (< 5 barils) Détection des GES émis par les pipelines et les installations
Technologies émergentes	Détection des fuites (aucune précision) Confinement des déversements (aucune précision)

Facteurs environnementaux (deuxième sondage)

Préoccupations importantes	<p>Prévention des fuites et des déversements Intervention en cas de fuite ou de déversement La conception d'un pipeline et les activités préalables à sa construction sont très importantes, car elles supposent une planification appropriée de l'évaluation et des mesures d'atténuation, suivie de la mise en œuvre et de la surveillance. Incidence des pipelines sur les plans d'eau (y compris les franchissements de cours d'eau et la qualité de l'eau) Techniques d'élimination des déchets, surtout pour les déchets dangereux et les matières issues de la cessation d'exploitation Émissions atmosphériques issues de la construction et de l'exploitation des pipelines (y compris les installations)</p>
Meilleure technologie disponible	
Mesures d'intervention et de prévention des fuites	<p>Activités régulières d'arrêt et de surveillance (patrouilles de canalisation) Fibre optique Épaisseur de couverture Inspection interne Inspection externe (p. ex., END) des pipelines Protection cathodique (PC)</p>
Conception et préconstruction	<p>Construction sans tranchée Remblayage et gestion des terres végétales Méthodes de remise en état Épandage d'herbicides et nettoyage de l'équipement pour contrôler la propagation des espèces envahissantes Revêtements et matériaux des conduites Procédés de soudage Procédures biométriques de réparation des pipelines Patrouilles de canalisation (y compris vidéos aériennes)</p>
Incidence des pipelines sur les plans d'eau	<p>Forage directionnel horizontal (FDH) Techniques d'analyse sur le terrain Surveillance des cours d'eau Détection des fuites Installation sans tranchée des canalisations Planification de la protection environnementale Calendrier de construction Périodes reproductives des espèces sensibles SIG et imagerie aérienne/satellitaire Cartographie par SIG Détection et télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR) Matériaux des conduites (acier de haute qualité) Mode de gestion des déversements</p>

Techniques d'élimination des déchets	Programmes informatiques de suivi des déchets Recyclage des matériaux (p. ex., revêtement de pipeline) Enlèvement des sols contaminés Abandon sur place des pipelines Conscience et compréhension des conséquences de l'abandon sur place d'une canalisation comparativement à son enlèvement
Stratégies de gestion des émissions atmosphériques	Capture, stockage et utilisation du carbone Acier de haute qualité Surveillance active des pipelines

Tableau 3 : Résultats du sondage (phase deux) – Gestions des urgences

Gestion des urgences (deuxième sondage)	
Commentaires d'ordre général	<p>Il est essentiel de se doter de plans d'intervention en cas d'urgence bien conçus et de s'exercer à les mettre en pratique.</p> <p>Points importants : plans en cas de feu de forêt, gestion de la circulation, planification de l'évacuation et répercussions sur les résidants et l'environnement.</p> <p>Il est essentiel de diffuser le savoir de l'industrie en matière de gestion des urgences pour façonner les pratiques de gestion des risques de l'industrie.</p>
Premiers intervenants – facteurs clés	<p>Formation adéquate</p> <p>Communication régulière avec les premiers intervenants</p>
Problèmes de pipeline	<p>Inspections régulières des canalisations</p> <p>Facteurs de protection (p. ex., profondeur d'enfouissement, matériaux et revêtement des canalisations)</p> <p>Emplacement des vannes</p> <p>Ressources pour la détection et la localisation des problèmes</p> <p>Meilleure technologie pour la conception et la construction : acier haute résistance, vannes de sectionnement et couches liées</p>
Meilleure technologie disponible pour la planification et l'intervention en cas de déversement	<p>Cartographie par SIG et modélisation de l'écoulement</p> <p>Technologies de patrouille de canalisation (p. ex., surveillance aérienne, technologies infrarouges)</p> <p>Écumeurs et barrages à jet d'eau à écoulement rapide</p> <p>Technologies de communication</p> <p>Technologies pour la formation (p. ex., logiciel WebEx)</p> <p>Technologies pour la communication de masse durant une urgence</p> <p>Initiative « Appelez avant de creuser! »</p> <p>Pompes à vide à haut débit</p> <p>Programme de prévention des dommages</p>
Domaines technologiques à améliorer ou à développer	<p>Techniques de remblayage</p> <p>Systèmes de traitement de l'eau</p> <p>Étude des processus géologiques modernes et de leurs effets potentiels sur l'intégrité des pipelines au fil du temps</p> <p>Sources d'alimentation électrique de rechange pour les installations éloignées</p> <p>Vidéos aériennes HD basées sur le GPS – Surveillance de la croissance des plantes (végétalisation), des problèmes de drainage et de la restauration des milieux humides</p> <p>Surveillance (avancement des END et des outils d'inspection interne)</p> <p>Affinement des données des systèmes de détection des fuites existants</p> <p>Statistiques et capacités analytiques améliorées</p> <p>Instruments supplémentaires sur la plupart des pipelines (p. ex., débitmètres supplémentaires, transmetteurs de lectures de pression et de températures aux installations le long du pipeline)</p> <p>Imagerie satellite des émissions fugitives et percées dans leur quantification</p> <p>Qualité de l'acier haute résistance</p> <p>Modélisation du soudage</p>

	Techniques permettant d'évaluer la qualité d'un revêtement et son interaction avec la protection cathodique
Obstacles à l'adoption des technologies	<p>Efficacité des mesures d'atténuation (sécurité des personnes et de l'environnement)</p> <p>Faisabilité économique</p> <p>Conformité réglementaire (contraintes d'utilisation)</p> <p>Répercussions sociales (p. ex., préoccupation des propriétaires fonciers)</p> <p>Difficulté de rester au diapason des politiques changeantes de chaque province et territoire</p> <p>Mise à l'essai et validation adéquates</p> <p>Disponibilité commerciale</p> <p>Accessibilité à l'information sur les nouvelles technologies</p>
Stratégies pour se tenir au courant	<p>Salons professionnels</p> <p>Publications d'associations industrielles</p> <p>Réseaux professionnels (Association canadienne de pipelines d'énergie [CEPA], American Petroleum Institute (API) et Association of Oil Pipe Lines (AOPL))</p> <p>Ateliers et conférences</p> <p>Renseignements des organismes de réglementation</p> <p>Mutualisation des acquis et des pratiques exemplaires entre les entreprises</p> <p>Comparaison de la recherche, du développement et de l'innovation internes avec ceux des autres entreprises</p>
Rôle de l'organisme de réglementation dans le développement et la diffusion	<p>Selon certains répondants, l'organisme de réglementation garde une distance avec l'industrie pour demeurer impartial, ce qui nuit peut-être à la communication.</p> <p>Il se peut que les acteurs de l'industrie aient peur de demander des renseignements à l'organisme de réglementation, celui-ci jouant un rôle d'autorité d'application de la loi.</p> <p>D'après d'autres répondants, l'organisme de réglementation favorise les interactions entre les parties prenantes lors de forums annuels (p. ex., Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration [PHMSA] aux États-Unis).</p> <p>Selon un petit nombre de répondants, la diffusion est limitée, voire nulle.</p>
Rôle que devrait jouer l'organisme de réglementation dans le développement et la diffusion	<p>Augmenter le nombre d'interactions en personne.</p> <p>Revoir les règlements afin qu'ils favorisent l'utilisation des MTD.</p> <p>Comprendre et faire valoir que les MTD doivent être économiquement viables.</p> <p>Donner des directives et un appui clairs quant aux nouvelles et aux meilleures technologies.</p> <p>Diffuser l'information dans les médias en ligne, les congrès, les ateliers et les salons professionnels.</p> <p>Faire connaître les mises en œuvre réussies à l'industrie.</p> <p>Selon un petit nombre de répondants, l'organisme de réglementation ne devrait jouer qu'un rôle mineur, voire inexistant.</p>

Rôle de l'industrie dans le développement et la diffusion	Collaboration avec différents organismes (p. ex., CSA, CEPA) Travail conjoint avec des experts d'entreprises qui collaborent et échangent Participation à la recherche et financement de celle-ci Rapports, salons professionnels et congrès permettant de s'informer auprès des associations, des fournisseurs et des experts-conseils
Rôle idéal de l'industrie dans les technologies émergentes	Poursuivre le développement et la diffusion de l'information par l'entremise des associations. Poursuivre la recherche et l'évaluation des MTD. Faire des activités d'information pour promouvoir l'amélioration de l'industrie. Communiquer avec le public et les médias pour entendre les préoccupations et développer d'avance des technologies et des documents d'information pour y répondre. Soutenir les essais sur le terrain. Utiliser autant que possible les nouvelles technologies.
Qui devrait développer et diffuser l'information sur les MTD et les technologies émergentes?	Industrie Organisme de réglementation ou de contrôle Industrie et organisme de réglementation en partenariat

LISTE D'ABRÉVIATIONS

ACPP	Association canadienne des producteurs pétroliers
AOPL	Association of Oil Pipe Lines
API	American Petroleum Institute
AQ/CQ	Assurance et contrôle de la qualité
ASME	American Society of Mechanical Engineers
CEO	Commission de l'énergie de l'Ontario
CEPA	Association canadienne de pipelines d'énergie, de l'anglais « Canadian Energy Pipeline Association »
CET	Connaissances écologiques traditionnelles
BST	Bureau de la sécurité des transports
CISEC	Inspecteur certifié pour le contrôle de l'érosion et des sédiments, de l'anglais « Certified Inspector of Sediment and Erosion Control »
CO ₂	Dioxyde de carbone
COV	Composé organique volatil
CPESC	Professionnel certifié pour le contrôle de l'érosion et des sédiments, de l'anglais « Certified Professional in Erosion and Sediment Control »
CPTC	Canadian Pipeline Technology Collaborative
CSA	Association canadienne de normalisation
CSV	Composante socioéconomique valorisée
CTE	Carte-tracé environnementale
CVE	Composante valorisée de l'écosystème
DEL	Diode électroluminescente
DNV	Det Norsk Veritas
EBEI	Exigences de base relatives aux émissions industrielles

END	Évaluation non destructive
EPRI	Electric Power Research Institute
EQR	Évaluation quantitative du risque
FAD	Diagramme d'évaluation des défaillances, de l'anglais « Failure Assessment Diagram »
FCSC	Fissuration par corrosion sous contrainte
FDH	Forage directionnel horizontal
FFM	Fuite de flux magnétiques
GES	Gaz à effet de serre
GPS	Système de localisation GPS, de l'anglais « Global Positioning System »
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
ICSO	Image commune de la situation opérationnelle
LCEE 2012	<i>Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (2012)</i>
LEP	<i>Loi sur les espèces en péril</i>
LIDAR	Détection et télémétrie par ondes lumineuses, de l'anglais « light detection and ranging »
MEF	Méthode des éléments finis
MEPS	Microextraction en phase solide
MTD	Meilleure technologie disponible
MVIR	Méthode de validation de l'intégrité de rechange
NO _x	Oxyde et dioxyde d'azote
Office	Office national de l'énergie
PAR	Période d'activités restreintes
PC	Protection cathodique

PDAM	Manuel d'évaluation de la défektivité des pipelines, de l'anglais « pipeline defect assessment manual »
PEHD	Polyéthylène haute densité
PHMSA	Pipeline and Hazardous Material Safety Administration
PICA	Pipeline Integrity Crack Assessment
PMS	Perturbation minimale à la surface
PPE	Plan de protection de l'environnement
PSPC	Programme de surveillance post-construction
<i>Règlement (régime d'autorisation)</i>	<i>Règlement de l'Office national de l'énergie sur la prévention des dommages aux pipelines (régime d'autorisation)</i>
RMSPA	<i>Règlement multisectoriel sur les polluants atmosphériques</i>
RPT	<i>Règlement de l'Office national de l'énergie sur les pipelines terrestres</i>
SCADA	Système d'acquisition et de contrôle des données, de l'anglais « Supervisory Control And Data Acquisition »
SCI	Système de commandement des interventions
SCP	Surveillance computationnelle des pipelines
SIG	Système d'information géographique
SSC	Système de surveillance computationnelle
UAV	Véhicule aérien sans pilote, de l'anglais « unmanned aerial vehicle »
UT	Utilisation traditionnelle
UV	Ultraviolet
VTT	Véhicule tout terrain

GLOSSAIRE

Absorber	Retenir un liquide dans sa substance.
Adsorber	Retenir des molécules en une mince couche sur ses surfaces extérieures ou intérieures.
Affaissement	Écroulement graduel d'un terrain.
Affouillement	Enlèvement des matières d'une berge ou du lit d'un cours d'eau sous l'effet d'un débit élevé ou d'une turbulence.
Agrégat	Matière formée d'une masse faiblement consolidée de fragments ou de particules.
Aire d'empilement	Lieu où est stocké le bois récupéré des arbres abattus durant la construction.
Aire de préparation	Lieu où du matériel est stocké en vue de son utilisation.
Alluvion	Dépôt d'argile, de limon, de sable et de gravier laissé par l'écoulement des ruisseaux dans un delta ou une vallée fluviale.
Ambiant	Relatif à l'environnement immédiat.
Amendement	Matière incorporée au sol pour en améliorer les propriétés.
Atténuation	Réduction de la probabilité ou de la gravité d'un effet.
Balai électrique	Appareil électrostatique qui est profilé en fonction du diamètre de la canalisation et qui sert à détecter les défaillances de revêtement (aussi appelés « défauts d'enrobage ») lorsqu'on le passe sur la canalisation.

Barbotage	Pratique de décontamination consistant à injecter de l'air sous pression dans des eaux souterraines contaminées pour la débarrasser des composés organiques volatils (p. ex., hydrocarbures pétroliers).
Barrage de fossé	Matériau placé au fond d'une tranchée de pipeline pour empêcher l'eau de s'écouler le long de la tranchée.
Barrage et pompe	Pratique consistant à ériger une digue dans le chenal du cours d'eau pour empêcher l'eau de s'écouler dans la zone visée par les perturbations dans le chenal; l'eau est pompée en amont du fossé vers l'aval afin de contourner la zone de construction dans le cours d'eau.
Barrage flottant	Barrière flottante temporaire servant à confiner du pétrole déversé.
Bassin de retenue	Plan d'eau confiné dans une enceinte (p. ex., réservoir d'un barrage).
Bassin de sédimentation	Étang temporaire aménagé sur un chantier pour capter la terre charriée par les eaux pluviales, et ainsi protéger la qualité de l'eau d'un ruisseau, d'une rivière, d'un lac ou d'une baie avoisinante.
Batardeau	Enceinte étanche servant à isoler une zone asséchée complètement par pompage en vue de travaux à exécuter sous la ligne d'eau.
Berme	Crête ou talus artificiel.
Biorestauration	Recours à des micro-organismes ou à d'autres formes de vie pour nettoyer un site pollué.
Biosolide	Matière organique issue du recyclage des eaux usées.

Bloc de coupe	Zone délimitée où la récolte est permise.
Bombement	Tas bombé de terre, de gravier, de sable, de pierres ou de débris formé à des fins de protection ou de dissimulation.
Brûlage à la torche	Fait de brûler du gaz naturel sur le site de l'installation.
Canal sur appuis	Grande conduite qui achemine en aval de la zone de travail l'eau en amont d'un barrage.
Capture et stockage du carbone	Processus par lequel le dioxyde de carbone est capté et emprisonné dans une formation géologique profonde.
Cessation d'exploitation	Démarches et mesures que prend une entreprise à la fin de la vie utile d'un pipeline ou d'une installation pour obtenir l'autorisation de l'autorité de réglementation pour l'abandonner.
Charge d'alimentation	Matière brute utilisée par une machine ou un procédé industriel.
Charrue sous-soleuse	Engin qui laboure la terre plus profondément que ne le peut une charrue ordinaire.
Cintrage de canalisation	Procédé consistant à courber des tronçons de canalisation pour les faire suivre le tracé prévu.
Clôture antiérosion	Dispositif temporaire de contrôle des sédiments utilisés sur les chantiers pour protéger la qualité de l'eau des ruisseaux, des rivières, des lacs et des mers environnants contre les sédiments (terre meuble) que charrient les eaux pluviales.
Colonie de maternité	Lieu chaud et sécuritaire où les chauves-souris de réunissent pour élever leurs petits. Certains groupes de chauves-souris retournent à la même colonie chaque année.
Compactage	Compression du sol sous le poids des sédiments sus-jacents ou sous l'effet d'une force mécanique.

Compensation	Fait d'améliorer des zones hors du site du projet; il peut être question de rétablissement de l'habitat à un autre endroit, de préservation de terres, de conservation, de mesures de gestion de la population et de paiements compensatoires.
Composé organique volatil (COV)	Composé chimique organique qui peut s'évaporer dans des conditions atmosphériques normales.
Compresseur à turbine à gaz	Système à turbine à gaz maintenant la pression et l'écoulement du produit dans la canalisation.
Conception basée sur la déformation	Méthode de conception où l'on utilise des types de charge associés aux pipelines enfouis (p. ex., combinaison de mouvement du sol et de chaleur) pour produire dans le pipeline des contraintes qui causent une déformation permanente; permet ainsi d'utiliser des pièces d'acier appartenant à une plus vaste plage de forces portantes qu'avec la conception classique axée sur les contraintes.
Construction à faible incidence	Méthode de construction de pipeline dont les techniques et l'équipement réduisent au minimum les incidences sur le paysage.
Contrainte environnementale	Limite environnementale quant aux options de tracé ou de site; il peut être question de zones interdites ou de zones où la construction est limitée à certaines périodes ou associée à des coûts d'atténuation plus élevée.
Cours d'eau	Canal naturel ou artificiel où circule de l'eau.
Culture-abri	Culture annuelle utilisée pour faciliter l'établissement d'une culture vivace.
Déblayage-remblayage	Pratique consistant à creuser une tranchée et à entasser les déblais à proximité en vue de les réutiliser pour remblayer le terrain après la construction.

Décapage	Enlèvement de la terre végétale durant la préparation du site.
Défonceuse	Engin de construction ou engin agricole qui sert à labourer le sol (surtout les matières compactées ou gelées).
Dénoyer	Débarrasser une matière solide ou un sol de son eau.
Détection et télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR)	Technologie d'arpentage consistant à éclairer une cible avec un faisceau laser pour mesurer la distance.
Déversoir	Barrage à faible hauteur aménagé sur une rivière pour augmenter le niveau en amont ou réguler le débit.
Digue d'interception	Aménagement routier servant à empêcher l'érosion sur les routes en pente, les chemins dégagés en zone boisée ou d'autres voies d'accès.
Digue de déviation	Structure qui limite l'érosion d'une emprise.
Digue de tranchée	Barrière placée dans l'excavation ouverte d'une tranchée pour y réduire le débit et l'érosion et éviter que la tranchée devienne un canal de drainage souterrain.
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Gaz toxique et polluant atmosphérique présent dans les gaz d'échappement non traités des automobiles.
Diphényle polychloré	Groupe de composés artificiels d'usage très répandu par le passé, mais bannis aujourd'hui dans de nombreux pays en raison de préoccupations environnementales.
Direct Pipe	Technique de franchissement sans tranchée qui permet d'installer des tronçons de canalisation directement en une seule étape durant la construction.
Dispersant	Substance ajoutée à une suspension pour empêcher la sédimentation ou l'agglutination.

Drainage rocheux acide	Acide formé par la réaction de minéraux relativement courants au contact de l'eau et de l'air.
Eaux souterraines	Eaux que renferment le sous-sol ou les crevasses et les pores rocheux.
Éboulement	Déplacement de matières (p. ex., terre, sable, pierres) engendré par le glissement des couches rocheuses sur une pente.
Écoulement en dépression	Condition d'écoulement dans un pipeline de liquides où des bulles de vapeur se forment, si bien que la pression de vapeur du liquide dépasse celle du pipeline.
Émission fugitive	Émission de gaz ou de vapeurs due à une fuite dans une pièce d'équipement sous pression.
Emploi de sol rapporté	Pratique consistant à remblayer le dessus d'une tranchée de pipeline pour empêcher l'affaissement par suite du tassement et du compactage des matériaux de remblayage de la tranchée.
Empreinte carbone	Quantité de dioxyde de carbone et d'autres composés carbonés émise par la consommation de combustibles fossiles d'une personne, d'un groupe, etc.
Empreinte du projet	Terrain perturbé durant la construction d'un projet.
Emprise	Zone de l'empreinte du projet où se situera le pipeline.
Enrochement	Application d'une couche protectrice (p. ex., pierres, végétaux, autres matières) pour protéger les rives d'un ruisseau.
Épaisseur de couverture	Distance verticale qui sépare la surface du sol et le dessus d'une canalisation enfouie.

Épreuve hydrostatique	Essai consistant à remplir un pipeline et à dépasser la pression maximale d'exploitation pour détecter des défauts dans les canalisations ou les soudures; aussi appelée « essai hydrostatique ».
Érosion	Phénomène par lequel un ou plusieurs agents naturels (p. ex., vent, eau) rongent un objet.
Espèce envahissante	Plante, champignon ou animal non indigène qui tend à se propager à un rythme considéré comme préjudiciable à l'environnement, à l'économie ou à la santé humaine.
Essouchement	Enlèvement des souches d'arbre et des nattes racinaires durant la construction d'un pipeline en zone boisée.
Évent à lames	Évent pourvu de lames inclinées qui sert à réduire le bruit de l'équipement mécanique sortant des ouvertures du bâtiment.
Évent de faîtage	Caractéristique de conception acoustique servant à aérer un bâtiment ainsi qu'à rediriger et à réduire le bruit de l'équipement mécanique sortant de ses ouvertures.
Examen documentaire	Étude menée exclusivement à partir des sources d'information existantes, souvent avant les visites des lieux.
Faune	Animaux d'une région ou d'un habitat.
Fétuque	Graminée à feuilles étroites.
Fibre optique	Moyen de transmission de données sous forme de signaux lumineux acheminés par un fil ou une fibre en verre ou en plastique.
Fissuration par corrosion sous contrainte (FCSC)	Fissuration induite par l'effet combiné de contraintes de traction élevées ou variables, d'un sol corrosif et de revêtements de canalisation vulnérables.

Floculation	Technique de mélange favorisant la sédimentation des particules.
Flore	Plantes d'une région ou d'un habitat.
Forage	Méthode de franchissement mécanique sans tranchée qui ne nécessite pas de circuit de boue; souvent utilisée pour construire des franchissements routiers ou de voies ferrées.
Forage directionnel à l'horizontale (FDH)	Méthode sans tranchée qui consiste à installer une canalisation souterraine en utilisant un circuit de boue pour maintenir la circulation autour d'un trépan.
Fossé de dérivation	Petite excavation qui éloigne l'eau de surface des pentes exposées.
Fraction volatile	Quantité d'une substance qui peut s'évaporer dans des conditions atmosphériques normales.
Franchissement de cours d'eau par tranchée	Méthode de franchissement consistant à utiliser une tranchée pour construire un pipeline à même un cours d'eau asséché, gelé ou à fort débit.
Franchissement de cours d'eau sans tranchée	Méthode de franchissement sans perturbation au lit et aux berges d'un plan d'eau.
Gaz à effet de serre	Gaz qui contribue à l'effet de serre en absorbant les rayons infrarouges (p. ex., dioxyde de carbone, chlorofluorocarbones).
Géogrille	Matériau géosynthétique servant à consolider la terre et les matières analogues.
Géorisque	Condition géologique ou environnementale ou phénomène géologique à court ou long terme pouvant entraîner des risques ou des dommages étendus.
Géotechnique	Applications pratiques des géosciences.

Géotextile	Tissu perméable combiné au sol à des fins de séparation, de filtration, de consolidation, de protection ou de drainage.
Halte migratoire	Lieu où se reposent ou se nourrissent des oiseaux migrateurs.
Herse	Engin pourvu d'un cadre lourd à dents qu'on passe sur un sol labouré pour briser les mottes, enlever les mauvaises herbes et couvrir les semences.
Hibernacle	Lieu où s'abritent des animaux (p. ex., caverne où hiberne un ours).
Horizon du sol	Couche de sol dont les caractéristiques physiques (p. ex., couleur, texture) diffèrent de celles des couches sus-jacente et sous-jacente.
Hydrocarbure	Composé d'hydrogène et de carbone; principal composant du pétrole et du gaz naturel.
Hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP)	Groupe de plus d'une centaine de composés chimiques nocifs pour l'homme dans certaines conditions.
Imagerie optique des gaz	Technique d'imagerie thermique servant à déceler les fuites de gaz et les émissions fugitives.
Indicateur quantitatif	Paramètre ou mesure d'évaluation quantitative servant à mesurer, à comparer ou à surveiller la performance ou la production.
Infrastructures	Installations et structures physiques (p. ex., bâtiments, routes, etc.) nécessaires à l'exploitation d'un pipeline.
Inoculation	Introduction d'un micro-organisme dans un milieu.
Jupe pour barrage flottant	Jupe fixée à un barrage flottant, sous la surface, pour empêcher le pétrole d'être poussé sous le barrage.

Lame de finition	Engin lourd servant à déplacer la terre pour aménager le relief durant le nettoyage d'un pipeline.
Lavage	Phénomène par lequel une inondation ou des précipitations entraînent l'érosion subite du sol ou d'une autre matière.
Lek	Lieu où des animaux (p. ex., grouse) se réunissent pour les parades nuptiales.
Lest	Matériau servant à contrôler la flottabilité des tronçons de pipeline qui traversent une zone humide ou un cours d'eau.
Ligne de partage des eaux	Terrain où se séparent les eaux s'écoulant vers des rivières, des mers ou des bassins différents.
Limon	Sable fin, argile ou autre matière transportée par de l'eau ruisselante et se déposant sous forme de sédiments, surtout dans un chenal ou un havre.
Lixiviation	Processus naturel qui emporte les substances hydrosolubles (p. ex., calcium, engrais, pesticides) d'un sol ou de déchets.
Marge de recul	Distance minimale à maintenir absolument entre une installation énergétique (p. ex., pipeline, usine de traitement du gaz) et une habitation, un groupe d'habitations rurales, un centre urbain ou une installation publique.
Matelas antiérosion	Couverture protectrice préformée de fibres plastiques, de paille ou de matériaux analogues conçue pour protéger le sol contre les précipitations et le ruissellement et pour retenir l'humidité afin de favoriser l'établissement des végétaux.
Matrice du sol	Combinaison de solides et d'espaces renfermant des liquides ou des gaz dans un sol.

Mélange agronomique	Mélange de semences de différentes espèces ou variétés de plantes composé pour l'agriculture.
Mélange de sols	Mélange involontaire de la terre végétale et du sous-sol durant la manipulation des sols.
Méthane	Gaz inflammable, incolore et inodore pouvant servir de combustible.
Méthode de validation de l'intégrité de recharge	Procédure améliorée d'AQ/CQ garantissant une fiabilité équivalant à celle d'un essai de pression (épreuve hydrostatique).
Méthode des éléments finis (MEF)	Analyse par ordinateur de la force portante des composants complexes ou soumis à des charges complexes d'un pipeline par la décomposition en sous-ensembles simples.
Microextraction en phase solide (MEPS)	Technique d'extraction sans solvant utilisée en analyse environnementale pour détecter la présence de composés organiques (p. ex., pesticides, phénol, BPC, HAP) et, dans une moindre mesure, de composés inorganiques.
Microtunnelage	Technique consistant à utiliser un microtunnelier télécommandé pour creuser des tunnels de petit diamètre.
Natte racinaire	Système racinaire établi de végétaux qui ancre les couches du sol et stabilise ce dernier.
Nivellement	Création d'une surface assez plane et uniforme pour les besoins de la construction ou de l'exploitation.
Nontissé	Couche continue de longues fibres liées par une colle résistant à l'eau.
Ongulé	Mammifère à ongles ou à sabots.

Outil à unité de mesure inertielle	Outil d'inspection interne qui contient une unité gyroscopique de mesure inertielle capable de déterminer le profil d'un pipeline en trois dimensions.
Ovalisation	Fait pour une canalisation de prendre une forme ovale sur le plan transversal sous l'effet d'une force externe, par exemple.
Oxyde nitrique	Gaz toxique et incolore présent dans l'atmosphère et issu de la combustion d'hydrocarbures.
Paillage	Pratique consistant à épandre ou à souffler une couche de paille ou de foin sur un sol ensemencé et fertilisé pour en protéger la surface.
Paillage par projection hydraulique	Pratique de plantation consistant à se servir d'un mélange humide de semences et de paillis plutôt que de semences sèches; utilisée sur les chantiers de construction comme technique de contrôle de l'érosion.
Parc de stockage	Site industriel où se trouvent des réservoirs en acier destinés au stockage de produits pétroliers liquides (p. ex., pétrole).
Patrouille de canalisation	Inspection visuelle d'un pipeline pour déceler d'éventuelles anomalies.
Patrouille de canalisation au sol	Inspection effectuée à pied ou, parfois, en automobile.
Perçage	Méthode de franchissement sans tranchée consistant à pousser ou à enfoncer le tubage ou la canalisation sous le point de franchissement (p. ex., cours d'eau).
Période d'activités restreintes (PAR)	Période de l'année jugée sensible où il faut éviter ou modifier les activités d'aménagement pour atténuer les incidences sur les caractéristiques environnementales préoccupantes.
Perturbation	Perturbation des conditions d'exploitation normales nécessitant généralement des mesures correctives rapides.

Pieu	Élément de structure constitué d'une longue pièce faite d'un matériau de construction (p. ex., bois, acier).
Piquage sur conduite en charge	Méthode permettant de raccorder une canalisation ou un réservoir sous pression sans vider le tronçon de canalisation ou la partie de réservoir (l'exploitation de la canalisation ou du réservoir n'est donc pas interrompue).
Plan de protection de l'environnement (PPE)	Documents visant principalement à guider les entrepreneurs en construction quant aux caractéristiques environnementales et aux engagements d'atténuation.
Plate-forme modulaire	Plate-forme portative où repose du matériel servant à la construction ou à d'autres activités liées aux ressources; peut aussi servir à franchir des sols instables ou un pipeline, par exemple.
Polymère	Substance composée d'un grand nombre de petites molécules qui se lient pour en former des grosses.
Polymère anionique	Substance utilisée pour lier des sols afin de réduire le risque d'érosion.
Pont à portée libre	Pont qui relie deux rives sans structure de soutien dans le cours d'eau qui les sépare.
Première passe	Première ligne de soudure réalisée lors du raccordement de deux pièces (p. ex., joints de canalisation) au moyen d'une procédure de soudage à plusieurs passes, dont la dernière est appelée « soudure de finition ».
Protection cathodique (PC)	Technique qui consiste à contrôler la corrosion d'une surface métallique en raccordant celle-ci à un métal plus sensible à la corrosion.
Purge sous pression	Pratique consistant à enlever par pression les solides ou les liquides d'un réservoir ou d'une canalisation.

Récepteur	Individu, population ou lieu susceptible d'être touché positivement ou négativement par un projet.
Récupération des vapeurs	Pratique consistant à capter les vapeurs d'hydrocarbures pour les empêcher de s'échapper dans l'atmosphère.
Régénération des amines	Procédé qui élimine le sulfure d'hydrogène et le dioxyde de carbone, aussi appelé « adoucissement » parce que l'absence de sulfure d'hydrogène améliore l'odeur du produit transformé.
Réhabilitation	Action servant à corriger un effet indésirable ou une déficience.
Rejet de gaz	Dégagement direct de gaz naturel dans l'atmosphère.
Rémanents	Débris de bois disponibles étendus sur les terrains perturbés.
Remblais	Matières utilisées pour remplir une zone excavée.
Remblayage	Remplissage d'une tranchée là où un pipeline a récemment été installé ou déterré.
Remettre en état	Redonner à un terrain une condition équivalant sur le plan fonctionnel à celle qu'il avait avant l'aménagement pour ce qui est des utilisations pouvant en être faites.
Réservoir à toit flottant	Réservoir muni d'un toit flottant à la surface du liquide stocké; couramment utilisé pour emmagasiner de grands volumes de produits pétroliers (p. ex., pétrole brut).
Revégétaliser	Introduire des végétaux sur un terrain perturbé ou stérile.

Rideau	Technique de soutènement de la terre et d'étalement d'excavation consistant à retenir le sol à l'aide de feuilles d'acier dont les bords s'emboîtent.
Riverain	Relatif aux berges d'un milieu humide ou d'un plan d'eau.
Roue à godets	Voir la définition de « trancheuse à roue » dans le glossaire.
Roue de compactage	Engin lourd servant à exercer une pression vers le bas sur les sols remis en place durant le nettoyage d'un pipeline pour garder les matériaux en place.
Scalpage	Enlèvement ou endommagement de la couche de gazon d'une prairie ou d'une zone de végétation indigène.
Sédiments	Matières (p. ex., pierres, sable) emportées par l'eau, le vent ou une perturbation autour d'un plan d'eau; matières qui se déposent au fond d'un liquide.
Sol artificiel	Mélange de paillis, de terre et de semences épandu sur un terrain perturbé pour faciliter sa remise en état.
Soulèvement par le gel	Expansion et soulèvement d'un sol saturé d'eau ou d'autres dépôts de surface sous l'effet du gel.
Sous-sol	Sol directement en dessous de la surface.
Subaquatique	Sous l'eau.
Substrat de chenal	Matière naturelle s'observant dans le lit et sur les rives d'un cours d'eau.
Substrat rocheux	Roche solide se trouvant sous le sol.
Superficiel	Relatif à la couche de surface.

Surdécapage	Enlèvement des couches de terre situées sous la couche de terre végétale durant la préparation du site.
Système d'information géographique (SIG)	Système conçu pour recueillir, stocker, manipuler, analyser, gérer et présenter toutes sortes de données spatiales ou géographiques.
Tas de déblais	Lieu de stockage temporaire des matières et des végétaux extraits de l'emprise durant la construction et le débroussaillage.
Terminal	Installation de stockage aménagée à chaque extrémité d'un pipeline de transport afin de recevoir le produit qu'acheminement des conduites d'alimentation en vue de son transport, ou celui qu'acheminement des canalisations de transport en vue de sa distribution ou de son transport par un autre mode.
Terminal de livraison	Extrémité d'un pipeline.
Train de forage	Colonne d'une tige de forage qui achemine le couple et le fluide de forage au trépan.
Trancheuse à roue	Roue sur chenilles pourvue de godets; lorsque la roue tourne, les godets creusent le sol de la tranchée.
Tuberie	Usine où sont fabriquées les conduites.
Turbide	S'entend d'un liquide trouble, opaque ou contenant une forte concentration de matières en suspension.
Unité de mesure inertielle à faible dérive	Appareil gyroscopique à faible dérive qui est fixé à un outil d'inspection interne et qui sert à tracer le profil d'un pipeline.
Usine de traitement	Installation où l'on nettoie le gaz naturel brut en séparant les impuretés, les fluides et les divers hydrocarbures autres que le méthane afin de rendre le produit transportable par pipeline.
Vanne d'isolement	Obturateur servant à isoler un embranchement, une station, une installation de décompression ou une autre installation.

Vanne de sectionnement	Obturateur installé dans un pipeline pour pouvoir arrêter l'écoulement du pétrole ou du gaz; obturateur de canalisation principale servant à isoler un tronçon de pipeline.
Véhicule aérien sans pilote (UAV)	Aéronef piloté à l'aide d'une télécommande ou d'un ordinateur de bord.
Véhicule amphibie à chenilles	Véhicule à chenilles pouvant se déplacer sur terre et sur l'eau.
Zone verte	Site jamais aménagé disponible pour l'exploitation ou la mise en valeur commerciale.

RÉFÉRENCES

- ¹ OSPAR (Commission d’Oslo et de Paris) (2016). *Les meilleures techniques disponibles (BAT) et la meilleure pratique environnementale (BEP)*. Sur Internet : <http://www.ospar.org/about/principles/bat-bep>. Consulté en juillet 2016.
- ² US EPA (United States Environmental Protection Agency) (2016). *BAT*. Sur Internet : <http://www.epa.ie/licensing/info/bref/>. Consulté en juillet 2016.
- ³ Union européenne (1996). *Directive n° 96/61/EC du 24/09/96 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution*. Sur Internet : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0061:FR:HTML>. Consulté en juillet 2016.
- ⁴ AMEC (AMEC Earth and Environmental) (2009). *Identification and Mitigation of Acid Rock Drainage and Metal Leaching During Construction, Enbridge Northern Gateway Project*, soumis à Northern Gateway Pipelines Inc. en octobre 2009, révisé le 16 février 2010. Sur Internet : http://www.ceaa.gc.ca/050/documents_staticpost/cearef_21799/2213/Volume3/Vol_3_Appendix_E-1-2.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ⁵ MOECC (Ministère de l’Environnement et de l’Action en matière de changement climatique de l’Ontario) (2016). *Lignes directrices visant la détermination de la meilleure technologie de contrôle – réalisable économiquement (MTCRE)*. Sur Internet : <https://www.ontario.ca/fr/page/lignes-directrices-visant-la-determination-de-la-meilleure-technologie-de-controle-realisable>. Consulté en juillet 2016.
- ⁶ MECB (Ministère de l’Environnement de la Colombie-Britannique) (2015). *FactSheet: Waste Discharges. Best Achievable Technology*. Sur Internet : http://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/waste-management/industrial-waste/industrial-waste/pulp-paper-wood/best_achievable_control_tech.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ⁷ Kalwa, Christoph, Ph. D. Ing., Hans-Georg Hillenbrand, Ph. D. Ing., et Michael Gräf, Ph. D. Ing. (2002). *High Strength Steel Pipes: New Developments and Applications*, Onshore Pipeline Conference, Houston, Texas, É.-U., 10 et 11 juin 2002, version imprimée.
- ⁸ Parvez, A., A. Sakr, M. Yeats, et B. Weller (2011). *Suitability of reinforced thermoplastic pipe in crude oil Containing Aromatic Solvents and additionally Alkaline Liquids for Enhanced Oil Recovery*, Gas & Oil Expo and Conference North America, document n° 2011GEOC11-GOXC11-102, version imprimée.
- ⁹ CSA (Association canadienne de normalisation) (2011). *Norme CSA Z662-11 – Réseaux de canalisations de pétrole et de gaz*, version imprimée.

-
- ¹⁰ MFTRNCB (Ministère des Forêts, des Terres et des Ressources naturelles de la Colombie-Britannique) (2014). *A compendium of wildlife guidelines for industrial development projects in the north area, British Columbia. Interim Guidance*, 206 p., *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (2012). L.C. 2012, ch. 19, art. 52.
- ¹¹ MECB (Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique) (2013). *Implementation plan for the ongoing management of South Peace Northern Caribou* (Rangifer tarandus caribou pop. 15) in British Columbia, Victoria, C.-B. 16 p.
- ¹² McNay, R.S., D. Cichowski, et B.R. Muir (2013). *Plan d'action pour le troupeau de Klinse-Za du caribou des bois* (Rangifer tarandus caribou) au Canada [ébauche], *Loi sur les espèces en péril*, série de Plans d'action, West Moberly First Nations, Moberly Lake, Colombie-Britannique, 28 p.
- ¹³ Environnement Canada (2014). *Programme de rétablissement du caribou des bois* (Rangifer tarandus caribou) population des montagnes du Sud au Canada, *Loi sur les espèces en péril*, série de Programmes de rétablissement, Environnement Canada, Ottawa, 123 p.
- ¹⁴ Golder Associates (2012). *Boreal caribou habitat restoration*, préparé pour le ministère des Forêts, des Terres et de l'Exploitation des ressources naturelles de la Colombie-Britannique, Prince George, C.-B., 24 p.
- ¹⁵ COSIA (Canada's Oil Sands Innovation Alliance) (2016). *Caribou habitat restoration*. Sur Internet : <http://www.cosia.ca/caribou-habitat-restoration>. Consulté en juillet 2016.
- ¹⁶ MECB (Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique) (2014). *Procedures for mitigating impacts on environmental values (Environmental Mitigation Procedures)*, Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Victoria, C.-B., 68 p.
- ¹⁷ Petter, T., et D.F. Mutrie (2009). « Environmental Conservation Practices for Pipelines, in Pipeline Engineering », dans *Encyclopédie des systèmes de soutien de la vie (EOLSS)*, élaboré avec l'appui de l'UNESCO, Publications EOLSS, Paris, France. Sur Internet : <http://www.eolss.net/sample-chapters/c08/e6-187-10-00.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ¹⁸ Office national de l'énergie (1991). *Motifs de décision TransCanada Pipelines Limited GH-1-91, juillet 1991*. Sur Internet : <http://publications.gc.ca/collections/Collection/NE22-1-1991-11F.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ¹⁹ CEO (Commission de l'énergie de l'Ontario) (2011). *Environmental Guidelines for the Location, Construction and Operation of Hydrocarbon Pipelines and Facilities in Ontario*, 6^e édition. Sur Internet : http://www.ontarioenergyboard.ca/oeb/_Documents/Regulatory/Enviro_Guidelines_HydrocarbonPipelines_2011.pdf. Consulté en juillet 2016.

-
- ²⁰ Neville, M. (2003). *Best Management Practices for Pipeline Construction in Native Prairie Environments*, préparé pour les ministères de l'Environnement et du Développement durable des ressources de l'Alberta, octobre 2003. Sur Internet : <https://www.aer.ca/documents/applications/BestManagementPracticesPipeline.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ²¹ Pembina Institute (s.d.). *Pipeline Construction & Operation - Environment & Energy in the North, A Primer*. Sur Internet : https://www.pembina.org/reports/nps_Pipeline.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ²² CEPA (Association canadienne de pipelines d'énergie) (2015). *Six technologies de pipelines que vous devriez connaître*. Sur Internet : <https://www.aboutpipelines.com/fr/blogues/six-technologies-de-pipelines-que-vous-devez-connaître/>. Consulté en juillet 2016.
- ²³ Georgia Transmission Corporation (2010). *GTC-EPRI Siting Model*. Sur Internet : <https://www.gatrans.com/planning-construction/gtc-epri-siting-model/Pages/default.aspx>. Consulté en juillet 2016.
- ²⁴ Fondation INGAA Inc. (Interstate Natural Gas Association of America) (1999). *Temporary Right-of-Way Width Requirements for Pipeline Construction*. *Gulf Interstate Engineering*. Sur Internet : <http://www.ingaa.org/File.aspx?id=19105>. Consulté en juillet 2016.
- ²⁵ IFC (Société financière internationale), Groupe de la Banque mondiale (ébauche de 2016). *Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour le raffinage du pétrole*, révisées en 2016. Sur Internet : http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/5158880048855455b25cf26a6515bb18/028_Petroleum%2BRefining.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=5158880048855455b25cf26a6515bb18. Consulté en juillet 2016.
- ²⁶ Blue Source Canada (2011). *Blowdown Protocol for Pipeline Systems*, préparé pour la province de la Colombie-Britannique, avril 2011, version finale.
- ²⁷ IFC (Société financière internationale) (2007a). *Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour les terminaux pétroliers de pétrole brut et de produits pétroliers*, IFC Groupe de la Banque mondiale, 30 avril 2007. Sur Internet : http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/6d5a3900488554eab4acf66a6515bb18/002_Crude%2BOil%2Band%2BPetroleum%2BProduct%2BTerminals.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=6d5a3900488554eab4acf66a6515bb18. Consulté en juillet 2016.
- ²⁸ Yan, Si Zhi, et Lee Sheng Chyan (2009). « Performance enhancement of BOTDR fiber optic sensor for oil and gas pipeline monitoring », *Optical Fiber Technology*, vol. 16, n° 2 (2010), p. 100-109. Sur Internet : http://ac.els-cdn.com/S1068520010000027/1-s2.0-S1068520010000027-main.pdf?_tid=e68a4228-541a-11e6-a0ee-00000aacb362&acdnat=1469638699_158db7cdd91d5e68281019f931fdc1d0. Consulté en juillet 2016.

-
- ²⁹ Genalta Power (2015a). *Waste Heat to Power*. Sur Internet : <http://www.genaltapower.com/solutions/#waste-heat>. Consulté en juillet 2016.
- ³⁰ Genalta Power (2015b). *Waste Solution Gas*. Sur Internet : <http://www.genaltapower.com/solutions/#wastesolution-gas>. Consulté en juillet 2016.
- ³¹ Blomquist, Paul (2010). *Hybrid Laser Arc Welding (HLAW)*. Sur Internet : <https://app.aws.org/conferences/newweldingtech/blomquist.pdf>. Consulté en janvier 2016.
- ³² TRCA (Office de protection de la nature de Toronto et de la région) (2015). *Horizontal Directional Drill Guidelines*.
- ³³ Tensar (2016). *Oil and Gas. Refining Exploration and Operations in the Oils and Gas Industry*. Sur Internet : <http://www.tensarcorp.com/Market-Sectors/Oil-and-Gas>. Consulté en juillet 2016.
- ³⁴ ACPP (Association canadienne des producteurs pétroliers) (2004). *Planning Horizontal Directional Drilling for Pipeline Construction*. Sur Internet : <http://www.capp.ca/publications-and-statistics/publications/83652>. Consulté en juillet 2016.
- ³⁵ Santé Canada. (2011). *ÉBAUCHE : Guide d'évaluation des impacts sur la santé humaine dans le cadre d'évaluations environnementales : Le bruit*, Bureau de la science de la santé environnementale et de la recherche, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa, Ontario. Sur Internet : https://www.gov.mb.ca/conservation/eal/archive/2012/summaries/5471_appendix2.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ³⁶ AER (Alberta Energy Regulator) (2014). *Principles for Minimizing Surface Disturbance in Native Prairie and Parkland Areas*, manuel 007, avril 2014. Sur Internet : <https://www.aer.ca/documents/manuals/Manual007.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ³⁷ Gouvernement de l'Alberta (2011). *Recommended Land Use Guidelines for Protection of Selected Wildlife Species and Habitat within Grassland and Parkland Natural Regions of Alberta*. Sur Internet : <http://aep.alberta.ca/fish-wildlife/wildlife-land-use-guidelines/documents/WildlifeLandUse-SpeciesHabitatGrasslandParkland-Apr28-2011.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ³⁸ Stantec (Stantec Consulting Ltd.) (2013). *Migratory Bird Convention Act: A Best Management Practice for Pipelines*, ébauche pour discussion, préparée pour l'Association canadienne de pipelines d'énergie. Sur Internet : <http://www.cepa.com/wp-content/uploads/2014/01/Migratory-Birds-Sept-26-2013-for-Publication.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ³⁹ ACPP (Association canadienne des producteurs pétroliers) (2014). *Beneficial Management Practice to Mitigate Risk of Incidental Take: Upstream Oil and Gas Construction and Development Activities*, Environmental Dynamics Inc., Prince George, C.-B.

-
- ⁴⁰ ENVA (Environnement Alberta) (1995). *Manual on Soil Conservation and Pipeline Construction*, ébauche basée sur un rapport préparé par TERA Environmental Consultants et Pedology Consultants. Sur Internet : <https://extranet.gov.ab.ca/env/infocentre/info/library/6857.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁴¹ Pettapiece, W.W., et M.W. Dell. (1996). *Guidelines to Alternative Soil Handling Procedures During Pipeline Construction*, préparé pour le sous-comité sur la manipulation des sols de l'Alberta Pipeline Environmental Steering Committee, juin 1996. Sur Internet : <https://extranet.gov.ab.ca/env/infocentre/info/library/6861.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁴² ACPP (Association canadienne des producteurs pétroliers), CEPA (Association canadienne de pipelines d'énergie) et ACG (Association canadienne du gaz) (2012). *Pipeline Associated Watercourse Crossings*, quatrième édition, préparé par TERA Environmental Consultants, Calgary, Alberta. Sur Internet : http://www.cepa.com/wp-content/uploads/2014/01/FourthEdition_WatercourseCrossingManual_Nov2012.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ⁴³ Enbridge (2012a). *Construction and Maintenance Manual*.
- ⁴⁴ Enbridge (2012b). *Lignes directrices environnementales pour la construction*.
- ⁴⁵ TCPL (TransCanada Pipelines Ltd) (2011). *Engineering Specification TES-PROJ-COM Compaction Control Measures for Pipeline Excavations*, EDMS n° 5974567.
- ⁴⁶ TCPL (TransCanada Pipelines Ltd) (2014). *Engineering Specification TES-DV31-2333 Excavation, Backfilling and Grading*, EDMS n° 000006457.
- ⁴⁷ TCPL (TransCanada Pipelines Ltd) (2015a). *Engineering Specification TES-PROJ-SSW Steep Slope Work Specification*, EDMS n° 009199892.
- ⁴⁸ CEPA (Association canadienne de pipelines d'énergie) (2014). *Pipeline Watercourse Management – Recommended Practices*, première édition.
- ⁴⁹ Fondation CEPA et Fondation INGAA, 2016. *A Practical Guide for Pipeline Construction Inspectors*.
- ⁵⁰ IECA (International Erosion Control Association) (2015). *Appendix P: Land-based Pipeline Construction in Best Practice Erosion and Sediment Control*. Sur Internet : <https://www.austieca.com.au/documents/item/608>. Consulté en juillet 2016.
- ⁵¹ GGHACA (Greater Golden Horseshoe Area Conservation Authorities) (2006). *Erosion and Sediment Control Guidelines for Urban Construction*. Sur Internet : <http://www.sustainabletechnologies.ca/wp/wp-content/uploads/2013/01/ESC-Guideline-December-2006.pdf>. Consulté en juillet 2016.

-
- ⁵² USACE (United States Army Corps of Engineers) (2016). *Erosion and Sediment Control Guidelines for Pipeline Projects*. Sur Internet : <http://www.swl.usace.army.mil/Portals/50/docs/regulatory/Sedimentation-Erosion%20Control.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁵³ TRCA (Office de protection de la nature de Toronto et de la région) (2009). *Erosion and Sediment Control Practices Evaluation*, préparé par TRCA dans le cadre du programme Sustainable Technologies. Sur Internet : <http://www.sustainabletechnologies.ca/wp/wp-content/uploads/2013/02/ESC-Practices-Evaluation-Final.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁵⁴ MEPA (Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta) (2014a). *Innovative Pipeline Strategies*. Sur Internet : <http://aep.alberta.ca/about-us/partnerships/partners-in-resource-excellence/innovative-pipeline-strategies.aspx>. Consulté en juillet 2016.
- ⁵⁵ MEPA (Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta) (2014b). *Evergreen Centre for Resource Excellence and Innovation*. Sur Internet : <http://aep.alberta.ca/about-us/partnerships/partners-in-resource-excellence/evergreen-centre-for-resource-excellence-and-innovation.aspx>. Consulté en juillet 2016.
- ⁵⁶ TRCA (2014). *Polymer Backgrounder: the Nature, Efficacy and Safety of Polymers for Erosion and Sediment Control*. Sur Internet : <http://sustainabletechnologies.ca/wp/wp-content/uploads/2013/02/Polymer-Backgrounder-Final.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁵⁷ CEPA (Association canadienne de pipelines d'énergie) (2016). *Adapting to Regulatory Changes for Protection of Wetlands and Transmission Industry Opportunities*. Sur Internet : <http://www.albertacga.ca/resources/Documents/Events/Albertas-New-Wetland-Policy-Seminar-2016/Canadian%20Energy%20Pipeline%20Assn%20Presentation.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁵⁸ Commission d'examen public conjoint (1997). *Rapport de la Commission d'examen public conjoint : projets gaziers de l'Île de Sable*, préparé par l'Agence canadienne d'évaluation environnementale et Ressources naturelles Canada, octobre 1997. Sur Internet : <http://publications.gc.ca/collections/Collection/NE23-91-1997E.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁵⁹ Spectra (Spectra Energy) (2010). *Environmental Manual for Construction Projects in Canada*, deuxième édition, mai 2010. Sur Internet : https://docs.neb-one.gc.ca/ll-eng/llisapi.dll/fetch/2000/90464/90550/450547/650696/647058/A1V8G5_-_Environmental_Manual_for_Construction_Projects_in_Canada_2nd_Edition_May_2010.pdf?_gc_lang=en&nodeid=647062&vernum=0. Consulté en juillet 2016.
- ⁶⁰ TCPL (TransCanada Pipelines Ltd) (2015). *Energy East Project Blasting Management Plan*. Sur Internet : <https://docs.neb-one.gc.ca/ll-eng/llisapi.dll/fetch/2000/90464/90552/2432218/2540913/2543426/2995824/2957429/A7694>

5-4_V7_Appendix_7-4_Blasting_Management_Program_-_A5A3E8.pdf?nodeid=2958097&vernum=-2. Consulté en juillet 2016.

- ⁶¹ CEPA (Association canadienne de pipelines d'énergie) (2012). *Comment l'industrie protège-t-elle les cours d'eau et les lacs lorsqu'un pipeline les franchit?*. Sur Internet : <http://www.cepa.com/fr/wp-content/uploads/2012/09/Le-franchissement-des-eaux.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁶² POC (Pêches et Océans Canada) (2013a). *Énoncé de politique sur la protection des pêches*, Politiques sur les Programmes des Écosystèmes, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Ontario. Sur Internet : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/pnw-ppe/pol/PolicyStatement-EnoncePolitique-fra.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁶³ ACPP (Association canadienne des producteurs pétroliers), CEPA (Association canadienne de pipelines d'énergie) et ACG (Association canadienne du gaz) (2005). *Pipeline Associated Watercourse Crossings*, troisième édition, préparée par TERA Environmental Consultants et Salmo Consulting Inc., Calgary, Alberta. Sur Internet : <http://www.cepa.com/wp-content/uploads/2014/01/Pipelines-Associated-Watercourse-Crossings.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁶⁴ TRCA (Office de protection de la nature de Toronto et de la région) (2013). *Interim Technical Guidelines for the Development of Environmental Management Plans for Underground Infrastructure*.
- ⁶⁵ TRCA (Office de protection de la nature de Toronto et de la région) (2015a). *Crossings Guideline for Valley and Stream Corridors*.
- ⁶⁶ TRB (Transportation Research Board) (2006). *National Cooperative Highway Research Program Synthesis 363: Control of Invasive Species: A Synthesis of Highway Practice*, préparé par le National Cooperative Highway Research Program. Sur Internet : http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_syn_363.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ⁶⁷ CIPC (California Invasive Plant Council) (2012). *Preventing the Spread of Invasive Plants: Best Management Practices for Transportation and Utility Corridors*, publication du Cal-IPC n° 2012-01, California Invasive Plant Council, Berkeley, CA. Sur Internet : <http://www.cal-ipc.org/ip/prevention/tuc.php>. Consulté en juillet 2016.
- ⁶⁸ OIPC (Ontario Invasive Plant Council) (2013). *Clean Equipment Protocol for Industry*. Sur Internet : http://www.ontarioinvasiveplants.ca/wp-content/uploads/2016/07/CEP-One-Page-Summary_FINAL.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ⁶⁹ ISCBC (Invasive Species Council of British Columbia) (2014). *Zebra and Quagga Mussels*. Sur Internet : <http://bcinvasives.ca/invasive-species/identify/invasive-species/invasive-animals/zebra-and-quagga-mussels/>. Consulté en juillet 2016.

-
- ⁷⁰ Pejchar, Liba, et Harold A. Mooney (2009). « Invasive species, ecosystem services and human well-being », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 24, n° 9 (juillet 2009), p. 497-504. Sur Internet : https://www.researchgate.net/publication/26647743_Pejchar_L_and_H_Mooney_Invasive_species_ecosystem_services_and_human_well-being_Trends_in_Ecology_Evolution. Consulté en juillet 2016.
- ⁷¹ ACEE (Agence canadienne d'évaluation environnementale) (2012). *Tenir compte du savoir traditionnel autochtone dans les évaluations aux termes de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale -- Principes provisoires*. Sur Internet : <https://www.ceaa-acee.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=4A795E76-1>. Consulté en juillet 2016.
- ⁷² Gouvernement de l'Alberta (2016). *The Government of Alberta's Guidelines on Consultation with Metis Settlements on Land and Natural Resource Management*. Sur Internet : <http://www.indigenous.alberta.ca/documents/GOA-Guidelines-Consultation-Metis-LandNaturalResourceManagement-2016.pdf?0.1898236863107831>. Consulté en juillet 2016.
- ⁷³ Office national de l'énergie (2015a). *Guide de dépôt de l'Office national de l'énergie*. Sur Internet : <https://www.neb-one.gc.ca/bts/ctr/gnnb/flngmnl/index-fra.html>. Consulté en juillet 2016.
- ⁷⁴ Powter, Chris B., John J. Doornbos, et M. Anne Naeth (2015). *Aboriginal Participation in Land Reclamation: Enhancing Dialogue*, rapport sur un atelier tenu le 23 mars 2015, préparé pour la Land Reclamation International Graduate School de l'Université de l'Alberta et le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada, Edmonton, Alberta.
- ⁷⁵ Commission d'examen public conjoint (2013). *Considérations : Rapport de la commission d'examen conjoint sur le projet Enbridge Northern Gateway*, volume 2, Bureau des publications, Office national de l'énergie, Calgary, Alberta. Sur Internet : <http://gatewaypanel.review-examen.gc.ca/clf-nsi/dcmnt/rcmndtnsrprt/rcmndtnsrprvlm2-fra.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁷⁶ Office national de l'énergie (2016). *Accessibilité au programme de gestion des situations d'urgence et autres renseignements sur la gestion des situations d'urgence*. Sur Internet : <https://www.neb-one.gc.ca/sftnvrnmnt/mrgnc/nttvs/mkngmrgncmngmntprgrm-fra.html>. Consulté en juillet 2016.
- ⁷⁷ Gouvernement de l'Alberta (2010). *Industrial Activity in Foothills Fescue Grasslands*. Sur Internet : <http://aep.alberta.ca/lands-forests/grazing-range-management/documents/Grassland-MinimizingSurfaceDisturbance.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁷⁸ CEPA (Association canadienne de pipelines d'énergie) (2013). *L'essai hydrostatique aide à maintenir l'intégrité des pipelines*. Sur Internet :

<https://www.aboutpipelines.com/fr/blogues/lessai-hydrostatique-aide-a-maintenir-lintegrite-des-pipelines/>. Consulté en juillet 2016.

- ⁷⁹ POC (Pêches et Océans Canada) (2013b). *Cadre d'évaluation des exigences relatives au débit écologique nécessaire pour soutenir les pêches au Canada*, Secrétariat canadien de consultation scientifique, avis scientifique n° 2013/017. Sur Internet : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/SAR-AS/2013/2013_017-fra.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ⁸⁰ AENV (Environnement Alberta) (2011). *Alberta Desktop Method for Determining Environmental Flows*, Water Policy Branch, juin 2011. Sur Internet : <http://aep.alberta.ca/water/programs-and-services/water-for-life/healthy-aquatic-ecosystems/documents/DesktopMethodEnvironmentalFlows-Jun2011.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁸¹ Environnement Alberta (2016). *Hydrostatic Testing of Pipelines: Facts at your fingertips*. Sur Internet : <http://aep.alberta.ca/water/education-guidelines/documents/HydrostaticTestingPipelines-FactSheet.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁸² Gouvernement de l'Alberta (1999). *Code of Practice for the Release of Hydrostatic Test Water from Hydrostatic Testing of Petroleum Liquid and Gas Pipelines*. Sur Internet : <http://www.qp.alberta.ca/documents/codes/RELEASE.PDF>. Consulté en juillet 2016.
- ⁸³ Gouvernement de la Saskatchewan (2014). *Hydrostatic Testing. Adopted Pursuant to the Environmental Management and Protection Act, 2010*, code environnemental de la Saskatchewan, édition 1, chapitre C.3.1. Sur Internet : <http://environment.gov.sk.ca/adx/asp/adxGetMedia.aspx?DocID=95348c74-0798-4b37-8a55-2f2ada35c394>. Consulté en juillet 2016.
- ⁸⁴ Environnement Alberta (2001). *Guide to the Code of Practice for the Temporary Diversion of water for hydrostatic testing of pipelines (water act) and the Code of Practice for the Release of Hydrostatic Test Water from Hydrostatic Testing of Petroleum Liquid and Gas Pipelines (Environmental Enhancement Act)*. Sur Internet : <http://aep.alberta.ca/water/legislation-guidelines/documents/HydrostaticTestingGuide-Mar2001.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁸⁵ Pipelines International (2016). *Atmos Releases Product to Reduce Damage of Pipeline leaks*. Sur Internet : <https://www.pipelinesinternational.com/2016/08/10/atmos-releases-product-reduce-damage-pipeline-leaks/>. Consulté en août .
- ⁸⁶ BC OGC (British Columbia Oil and Gas Commission) (2009). *British Columbia Noise Control Best Practices Guidelines*. Sur Internet : <https://www.bcogc.ca/british-columbia-noise-control-best-practices-guideline-0>. Consulté en juillet 2016.

-
- ⁸⁷ AER (Alberta Energy Regulator) (2007). *Directive 038: Noise Control*. Sur Internet : <https://www.aer.ca/rules-and-regulations/directives/directive-038>. Consulté en juillet 2016.
- ⁸⁸ IFC (Société financière internationale) (2007b). *Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires générales (EHS), Directives EHS générales : Environnement, Gestion du bruit*. IFC Groupe de la Banque mondiale. Sur Internet : http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/00dbdb8048855b7588f4da6a6515bb18/010_General%2BGuidelines.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=00dbdb8048855b7588f4da6a6515bb18. Consulté en juillet 2016.
- ⁸⁹ National Grid (2015). *Review of Best Available Techniques for Mitigation of Pipework Noise. NIA Final Report*. Sur Internet : http://www.smarternetworks.org/NIA_PEA_Docs/NIA_NGGT0053_Pipeline_Noise_Mitigation_Final_Repo_150714111738.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ⁹⁰ Mulhall, Louise (2015). *Energy Global Oilfield Technology: Latest Capabilities of Satellite Imaging*. Sur Internet : <http://www.energyglobal.com/upstream/special-reports/28082015/Latest-capabilities-of-satellite-imaging/>. Consulté en juillet 2016.
- ⁹¹ US EPA (United States Environmental Protection Agency) (2015). *Control Techniques Guidelines for the Oil and Gas Industry (Draft)*, EPA-453/P-15-001, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards, Sector Policies and Programs Division, Research Triangle Park, Caroline du Nord. Sur Internet : https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/og_ctg_draft_081815.pdf. Consulté en juillet 2016.
- ⁹² Malm, Howard (2015). *REM Technology Inc: A Comparison of Emissions Reduction Technologies*. Sur Internet : <http://www.spartancontrols.com/~media/resources/rem%20technology%20inc/papers/rem%20emission%20reduction%20technology%20comparison%20june2015.pdf?la=en>. Consulté en juillet 2016.
- ⁹³ MEO (Ministère de l'Environnement de l'Ontario) (2011). *Guide for Completing Phase One Environmental Site Assessments under Ontario Regulation 153/04*. Sur Internet : <https://dr6j45jk9xcmk.cloudfront.net/documents/996/3-6-1-phase-one-environmental-site-assessments-en.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ⁹⁴ Vroblesky, D.A. (2008). *User's guide to the collection and analysis of tree cores to assess the distribution of subsurface volatile organic compounds*, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2008–5088, 59 p. Sur Internet : <http://pubs.water.usgs.gov/sir2008-5088>. Consulté en juillet 2016.
- ⁹⁵ Golder Associates (2013). *Final Report. Region of Waterloo. Sustainable Approaches to Soil, Sediment and Materials Management - Feasibility Study*. Sur Internet :

http://www.regionofwaterloo.ca/en/aboutTheEnvironment/resources/Soil_Management_Feasibility_Study_Report.pdf. Consulté en juillet 2016.

- ⁹⁶ Lee, Kenneth (dir.), Michel Boufadel, Bing Chen, Julia Foght, Peter Hodson, Stella Swanson et Albert Venosa (2015). *Rapport du groupe d'experts – Le comportement et les incidences environnementales d'un déversement de pétrole brut dans des milieux aqueux*, Société royale du Canada, Ottawa, ON, ISBN : 978-1-928140-02-3.
- ⁹⁷ SRC (Société royale du Canada) (2015). *Le comportement et les incidences environnementales d'un déversement de pétrole brut dans les milieux aqueux*. Sur Internet : <http://www.rsc.ca/fr/groupe-dexperts/src-rapports/le-comportement-les-incidences-environnementales-d%E2%80%99un-d%C3%A9versement-de>. Consulté en juillet 2016.
- ⁹⁸ Office national de l'énergie (2015b). « Chapitre 12 : Cessation de l'exploitation d'un pipeline », *La réglementation des pipelines au Canada : Guide à l'intention des propriétaires fonciers et du grand public*. Sur Internet : <https://www.neb-one.gc.ca/prtcptn/lndwnrgd/lndwnrgdch12-fra.html>. Consulté en juillet 2016.
- ⁹⁹ Comité directeur sur la cessation d'exploitation des pipelines (1996). *Cessation d'exploitation des pipelines – Document de travail sur les questions d'ordre technique et environnemental*, préparé pour le Comité directeur sur la cessation d'exploitation des pipelines par l'Association canadienne des producteurs pétroliers, l'Association canadienne des pipelines d'énergie, de l'Alberta Energy Utilities Board et de l'Office national de l'énergie.
- ¹⁰⁰ CEPA (Association canadienne de pipelines d'énergie) (2007). *Pipeline Abandonment Assumptions: Technical and environmental considerations for development of pipeline abandonment strategies*, préparé pour le Terminal Negative Salvage Task Force de l'Association canadienne de pipelines d'énergie.
- ¹⁰¹ DNV (Det Norske Veritas) (2010). *Pipeline Abandonment Scoping Study*, préparée pour l'Office national de l'énergie, rapport n° EP028844.
- ¹⁰² CSA (Association canadienne de normalisation) (2015). *CSA Z662-15 – Réseaux de canalisations de pétrole et de gaz*. Sur Internet : <http://shop.csa.ca/fr/canada/petroleum-and-natural-gas-industry-systems/z662-15-/invnt/27024912015>. Consulté en juillet 2016.
- ¹⁰³ Office national de l'énergie (2011). *Guide sur le processus de réhabilitation*. Sur Internet : <https://www.neb-one.gc.ca/sftnvrnmnt/nvrnmnt/rmdtnprcssgd/rmdtnprcssgd-fra.pdf>. Consulté en juillet 2016.
- ¹⁰⁴ DNV (Det Norske Veritas) (2015). *Comprendre les mécanismes de la corrosion et leurs effets sur les pipelines en cessation d'exploitation*, préparé pour la Petroleum Technology Alliance of Canada, Calgary, Alberta, rapport n° TAOUS813COSC (PP079627, Rev1).

-
- ¹⁰⁵ AITF (Alberta Innovates – Technology Futures) (2015). *Nettoyage des pipelines en vue de la cessation de leur exploitation*, préparé pour la Petroleum Technology Alliance of Canada (PTAC). Sur Internet : www.ptac.org/attachments/1921/download. Consulté en juillet 2016.
- ¹⁰⁶ NOVA Chemicals (2015). *Destinée et décomposition des matériaux de revêtement de canalisation des pipelines dont l'exploitation a cessé*, préparé pour la Petroleum Technology Alliance Canada (PTAC). Sur Internet : <http://www.ptac.org/projects/402>. Consulté en juillet 2016.
- ¹⁰⁷ Stantec (Stantec Consulting Ltd.) (2014). *A Study of Frost Heave-related Exposure Risk to Abandoned Transmission Pipelines in Cropland Areas of Southern Canada Stage 1 (Literature Search and Numerical Modeling)*, volume 1 (rapport technique), préparé pour la Petroleum Technology Alliance of Canada, Calgary, Alberta.