



PRIX CANADIENS DU GÉNIE-CONSEIL 2019

RESTAURATION DU SITE MINIER ABANDONNÉ NEW CALUMET

Catégorie: Ressources naturelles, mines, industrie, énergie



Octobre 2013

MISE EN CONTEXTE

Certains sites miniers du Québec sont considérés comme abandonnés parce qu'ils n'ont plus de propriétaire connu ou solvable, alors que d'autres ont été rétrocédés à l'État ou ont fait l'objet d'un certificat de libération en vertu de l'article 232.10 de la Loi sur les mines. En 2007, un programme de restauration des sites abandonnés et contaminés a été inscrit aux comptes publics par le gouvernement du Québec. Le programme contient, entre autres, une liste de sites miniers abandonnés.

Au 31 mars 2017, le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) a estimé le coût des travaux reliés au passif environnemental minier à 1,2 milliard de dollars. À ce moment, 459 sites miniers abandonnés étaient répertoriés. Le MERN a alors présenté un plan de travail qui lui permettrait d'avoir réduit de 80 % le passif environnemental relié aux sites miniers abandonnés en 2022.

Processus de réhabilitation et de restauration du MERN

Dans la plupart des cas, les activités minières antérieures sur les sites abandonnés remontent à plusieurs décennies et ont généré des aires d'accumulation de résidus miniers non confinés. En conséquence, le potentiel d'impact sur la santé humaine et l'environnement est élevé. Dans certains cas, le processus de remise en état du site constitue un défi majeur, d'abord en raison de problèmes tels que le drainage minier acide, le drainage minier neutre, la contamination par des activités industrielles connexes et la concentration de minerai, la maintenance des équipements, la sécurité des ouvertures souterraines, etc. Ensuite, en raison de la taille des zones affectées, de leur éloignement et du contexte dans lequel le travail doit être effectué.

Le processus de réhabilitation et de restauration du MERN pour les sites miniers abandonnés est divisé en six étapes :

- caractérisation initiale pour établir l'état environnemental du site et identifier les impacts réels et anticipés;
- ingénierie conceptuelle, qui consiste à choisir un scénario de réhabilitation et de restauration adapté au site;
- validation et optimisation du/des scénario(s) de restauration;
- ingénierie détaillée, qui comprend la préparation des plans et des spécifications techniques pour le scénario de restauration sélectionné et tous les détails techniques nécessaires à l'exécution des travaux;
- travaux de réhabilitation et de remise en état du site;
- suivi postrestauration et entretien.

Le projet de restauration du site de New Calumet est le résultat de cet effort entrepris par le MERN.

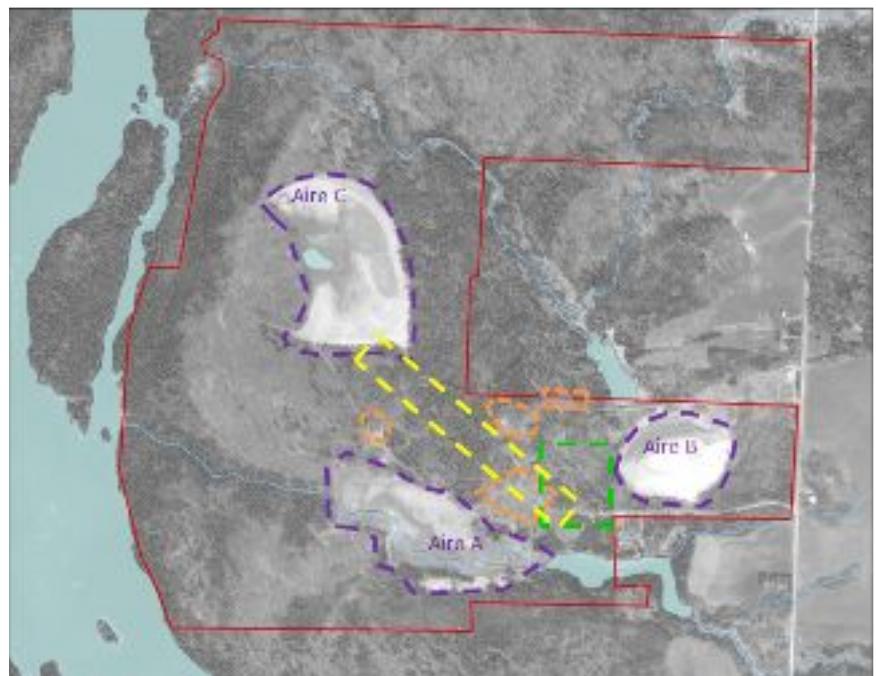
Le site minier abandonnée de New Calumet est situé dans le sud-ouest du Québec, dans la municipalité de L'Île-du-Grand-Calumet. Cette ancienne mine de plomb, d'or, de zinc et d'argent a été exploitée de 1942 à 1968. Cette exploitation a généré trois aires de stockage de résidus miniers (parcs A, B et C) d'une superficie respective de 7,9 ha, 4,9 ha et 9,2 ha. Le volume total des résidus présents sur le site a été estimé à 1 300 000 m³ et les résidus couvrent une superficie d'environ 220 700 m². Les évaluations initiales ont révélé les principaux problèmes suivants:

- érosion éolienne des résidus de surface et transport de poussières dans les eaux de surface et le milieu avoisinant;
- les résidus des trois aires d'accumulation présentent un potentiel de génération d'acide (PGA) et sont considérés comme lixiviables en métaux lourds;
- les eaux de surface, les eaux souterraines et les sédiments présentent des concentrations supérieures aux normes applicables pour de nombreux métaux;
- la digue du parc A est considérée comme potentiellement instable; des indices visuels d'affaissement
- suggèrent que certains piliers de surface sont instables.

Une caractéristique unique de ce site est qu'il a été acquis par un propriétaire privé au cours des années 1980, et constitue donc une propriété privée.

En 2013, le MERN a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) pour élaborer les concepts de fermeture, effectuer l'ingénierie détaillée et préparer les spécifications techniques des concepts sélectionnés, pour préparer les demandes de permis environnementaux appropriés, pour participer à la préparation du document d'appel d'offres afin de sélectionner un entrepreneur, ainsi que pour effectuer la surveillance durant la construction.

- éliminer les risques inacceptables pour la santé et assurer la sécurité publique;
- limiter la production et la propagation de contaminants susceptibles de nuire à l'environnement récepteur et, à long terme, éliminer toutes les formes d'entretien et de surveillance;
- remettre le site dans un état acceptable visuellement (restauration);
- remettre les zones d'infrastructure (à l'exclusion du bassin de retenue des résidus et des piles de stériles) dans un état compatible avec une utilisation future(réhabilitation).



Aires à résidus miniers

Remblais miniers

Ancien parc industriel

Piliers de surfaces investigués

Figure 1 : Localisation du site.



Octobre 2013

MÉTHODOLOGIE ET TRAVAUX RÉALISÉS

La méthodologie respectait essentiellement le processus de restauration du MERN décrit précédemment. Les paragraphes qui suivent présentent les principales étapes de réalisation et leurs résultats.

Acquisition des données complémentaires

WSP a mis en œuvre un plan de travail permettant d'obtenir les informations manquantes afin de bien cerner les problématiques et d'élaborer des solutions techniques spécifiques à chaque problème. Le plan d'acquisition des données comprenait :

- la caractérisation complémentaire des eaux de surface, des eaux souterraines, des sols et des stériles du secteur industriel;
- la caractérisation complémentaire des résidus pour déterminer le PGA et le potentiel de lixiviation, y compris des tests géotechniques permettant de déterminer la capacité portante;
- la caractérisation des sols des propriétés privées adjacentes au site minier (affectées par des dépôts aériens);
- la délimitation de l'étendue des trois aires d'accumulation;
- les études géomécanique et géotechnique pour la détermination de la stabilité des piliers de surface et de la digue du parc A;
- l'évaluation et la caractérisation des infrastructures devant être démantelées.

Conditions du site et éléments clés de la conception

Le programme d'acquisition de données a permis à l'équipe de projet de raffiner la portée des travaux de restauration. Les principales conclusions de ces études sont présentées ci-dessous, ainsi que les principales considérations de conception dérivées de ces données.

RÉSIDUS ET STÉRILES MINIERS

Les trois aires d'accumulation ont révélé un PGA compris dans la zone d'incertitude. Les stériles miniers ont également indiqué un potentiel similaire. Cependant, les valeurs de pH mesurées étant généralement près de la neutralité, un processus de neutralisation semblait déjà en cours. La présence de certains minéraux résiduels de neutralisation et de couches indurées (créant un effet de stratification) tendait à démontrer ce processus.

Chaque aire d'accumulation avait des caractéristiques physiques spécifiques qui devaient être prises en compte pour la fermeture :

- Le parc A (198 000 m³) a été développé dans une vallée et était principalement saturé. Un ruisseau s'écoulait d'ailleurs à la surface des résidus. Une végétation clairsemée était présente sur toute la surface avec des conditions marécageuses le long du lit du ruisseau. Compte tenu de ces conditions, le concept de restauration retenu consistait à saturer les résidus et à construire une couverture à effet de barrière capillaire (CEBC).
- Le parc B (633 000 m³) formait une colline abrupte et sèche, haute de 30 m, présentant des traces d'oxydation (couleur rouge) et une grande exposition à l'érosion éolienne. Le concept de restauration retenu consistait à réduire la hauteur de la colline et son exposition aux vents
- en transférant 200 000 m³ de résidus au parc C et à recouvrir les résidus restants d'une géomembrane pour bloquer l'apport en oxygène. Un revêtement d'argile géosynthétique (GCL) a été choisi comme membrane imperméable pour assurer l'efficacité à long terme du recouvrement.
- Le parc C (426 000 m³) a été construit à flanc de colline, avec un degré de saturation variant, de façon progressive, d'humide près de la colline d'origine à sèche à une certaine distance. La conception a inclus le reprofilage de la surface en utilisant des matériaux provenant du parc B (et d'autres sources de matériaux tel que décrit plus bas) et un recouvrement en utilisant la même méthode que celle retenue pour le parc B.

La sélection du concept de restauration final a été effectuée à l'aide d'une matrice multicritères permettant de comparer diverses options sous différents angles (économique, social, technique et environnemental) dans une perspective de développement durable. Les concepts retenus ont été soumis à un processus d'évaluation des risques.



Octobre 2013

SECTEUR INDUSTRIEL

Des sols contaminés par des produits pétroliers et dont les concentrations dépassaient les critères applicables pour une utilisation industrielle ont été identifiés à des profondeurs variant de 1,8 à 2,5 m, pour un volume de 400 m³. Compte tenu du faible volume impliqué, la solution de gestion consistait à excaver et à éliminer ces sols dans un lieu de traitement autorisé.

Des stériles miniers, utilisés comme matériau de remblai autour des infrastructures et des routes d'accès, ont été identifiés à divers endroits du secteur industriel. Comme il a été déterminé que les stériles présentaient des concentrations à risques élevés en Pb et Cd (Directive 019 sur l'industrie minière québécoise) et qu'ils étaient lixiviables en Cd, Cu, Mn, Hg, Ni, Pb et/ou Zn, il a été convenu d'excaver ces matériaux et de les transporter vers l'aire d'accumulation au parc C, dont les résidus présentent des problématiques similaires.

Les eaux de surface prélevées dans 11 stations d'échantillonnage ont révélé des concentrations supérieures aux valeurs limites applicables (MDDEFP, 2013d) pour un ou plusieurs métaux lors de chacun des cinq événements d'échantillonnage.

Enfin, les concentrations dans les eaux souterraines ont souvent dépassé les valeurs limites en métaux, les plus fréquentes étant le Mn, le Zn, le Cu et les sulfates. Les valeurs de pH étaient généralement proches de la neutralité, avec une seule valeur faible à 4,2.

Aucun plan d'action directe n'a été élaboré pour faire face aux impacts sur les eaux de surface et les eaux souterraines. En effet, on prévoit que la qualité de ces eaux s'améliore à la suite des interventions de confinement sur les aires d'accumulation.

STABILITÉ DE LA DIGUE

Au début de l'exploitation minière, une digue a été construite pour fermer le côté en aval de la vallée du parc A et pour éviter que les résidus ne soient emportés par le ruisseau s'écoulant au-dessus du bassin de résidus. L'excès d'eau dans le parc A était alors canalisé vers une tour de décantation menant à un tunnel souterrain creusé dans le substrat rocheux afin de ramener l'eau dans le lit naturel du ruisseau, en aval. La digue a connu une rupture partielle dans les années 1960, laissant une résurgence permanente après sa réparation.

On considère que la rupture de la digue aurait de lourdes conséquences sur l'environnement en raison de la présence de la rivière des Outaouais située à 600 m en aval, tandis que le risque pour la population était considéré comme étant faible (ABC, 2007). La digue s'est révélée potentiellement instable dans des conditions dynamiques, après étude et modélisation à l'aide des modules SEEP / W et SLOPE / W de la série GeoStudio.

Il a donc été décidé de réduire la pente aval en ajoutant du matériau rocheux pour augmenter sa stabilité jusqu'à un facteur de sécurité de 1,1 dans des conditions dynamiques.

STABILITÉ DES PILIERS DE SURFACE

Bien que la stabilité des piliers de surface n'ait pas été identifiée comme une préoccupation majeure au début du projet, quatre piliers distincts ont été identifiés comme instables lors des investigations préliminaires. L'analyse a été réalisée par la méthode de la portée proportionnelle (Carter, 2002) en utilisant la probabilité de rupture proposée dans les lignes directrices pour l'évaluation et la conception des piliers de surface (adaptés de Carter, 2008).

Après évaluation à l'aide de la matrice coûts-bénéfices, le scénario de sécurisation retenu consistait à clôturer les quatre piliers de surface instables.

PROPRIÉTÉS PRIVÉES VOISINES

Les résultats de la caractérisation ont indiqué que les sols superficiels de sept propriétés adjacentes au site minier, composées de terrains résidentiels et agricoles, étaient affectés par des concentrations de métaux supérieures aux valeurs limites pour une utilisation résidentielle/agricole. Bien que la firme spécialisée mandatée pour évaluer les risques n'ait pas identifié de risque significatif pour la santé humaine, il a quand même été décidé, en collaboration avec les propriétaires, de procéder à l'excavation et à l'élimination de ces sols au parc C. La surface touchée était de 130 000 m² pour un volume total de 21 000 m³ de matériaux contaminés.



Jun 2018

STATISTIQUES DU PROJET

La restauration du site abandonné de New Calumet a été achevée en 2017, quatre ans après l'attribution du mandat. Les statistiques clés du projet incluent :

- aucun accident avec perte de temps pendant tout le projet;
- 130 400 m² de membrane GCL utilisée pour couvrir les parcs B et C;
- le matériel transporté pendant la construction comprend :
 - » 202 000 m³ et 14 000 m³ de résidus transférés respectivement du parc B et du parc A au parc C;
 - » 20 500 m³ de silt utilisés pour couvrir le parc A;
 - » 126 000 m³ de différents types de matériaux granulaires;
 - » 25 000 m³ de pierre et d'encrochement;
 - » 23 000 m³ de terre arable pour le soutien de la végétation;
 - » 600 m³ de béton concassé réutilisé comme matériau de remblayage;
- coût total du projet (y compris ingénierie et construction) : 15 millions de dollars canadiens.

INNOVATION

WSP a eu recours à des techniques de pointe afin de valider les concepts de restauration, notamment pour le recouvrement des parcs à résidus.

Bancs d'emprunt de silt

Le concept de couverture avec effet de barrière capillaire (CEBC) nécessite un matériau peu perméable pour le rendre efficace. En l'absence de banc d'emprunt de silt connu, une recherche de bancs d'emprunt a été effectuée par une technique d'analyse de photographies aériennes propre à WSP.

Un dépôt de silt a été identifié à moins de 10 km du site. Les analyses des matériaux en laboratoire ont révélé que la conductivité hydraulique et la granulométrie rencontraient les spécifications du concept. Le silt a également été exposé à 10 cycles de gel et de dégel en laboratoire pour évaluer ses performances à long terme

Pression d'entrée d'air

Un facteur clé de succès d'une CEBC est d'utiliser le matériau approprié pour créer le bris capillaire. Pour ce faire, la pression d'entrée d'air (PEA) a été dérivée d'essais en laboratoire. Une courbe de rétention a été déterminée pour chaque type de matériau utilisé dans la conception de CEBC: silt (200 kPa), résidus du parc A (3,0 kPa), sable MG112 (0,3 kPa) et gravier MG20 (0,1 kPa). Ces données ont confirmé que la couche de silt possède la caractéristique appropriée pour retenir l'eau par capillarité, et que les couches de sable et de gravier agiront efficacement comme barrière de protection.

Évaluation de la performance à long terme de la membrane GCL

Il est connu que le contact entre les matériaux argileux et des eaux contaminées peut augmenter considérablement la perméabilité de l'argile (Mazzièri, F., Pasqualini, E., 2000). Des tests en laboratoire ont donc été développés, en collaboration avec SAGEOS, pour mesurer cette augmentation de la perméabilité en utilisant le GCL sélectionné dans le projet qui a été exposé aux conditions suivantes :

- eau de pluie naturelle (référence);
- eaux souterraines les plus contaminées mesurées;
- 20 cycles de gel et dégel pour simuler 20 ans d'exposition;
- 20 cycles d'exposition à l'eau souterraine prélevée au parc B pour simuler 20 ans d'exposition.

Les résultats ont indiqué que le contact entre la membrane GCL et l'eau affectée augmenterait la perméabilité de la membrane GCL d'environ trois ordres de grandeur pour le scénario le plus défavorable (eaux souterraines contaminées dans des conditions de gel et de dégel) ce qui permettait toutefois de garantir la performance du concept.

COMPLEXITÉ

La complexité des travaux vient principalement des quantités de matériel à manipuler et de l'organisation du travail au chantier.

D'une part, l'excavation, le transport et la mise en place du silt sur le parc A, jusqu'à son recouvrement de matériel granulaire, devaient être effectués dans des conditions essentiellement sèches. Ces travaux ont donc dû être réalisés en fonction des conditions météorologiques, et des ajustements quotidiens ont dû être effectués afin de permettre la mise en place de cette couche de matériel dans des conditions optimales.



Jun 2018

D'autre part, la mise en place de grandes quantités de matériel dans des zones en pente complexifiait les travaux de transport et de profilage. Pour faciliter ce travail, des camions-bennes munis de convoyeur ont permis d'épandre mécaniquement les matériaux de remblai sur des surfaces importantes, minimisant du même coup les efforts de profilage subséquents.

Enfin, la préservation du ruisseau et du milieu humide au centre du parc A et leur intégration dans le concept de CEBC ont complexifié l'ingénierie du projet. En effet, l'équipe devait s'assurer de maintenir la saturation dans le secteur du ruisseau tout en minimisant les interventions dans ce secteur pour préserver la végétation naturellement implantée. Cette végétation agit d'ailleurs comme mesure de confinement pour retenir les résidus en place et empêcher leur érosion. L'approche préconisée a consisté à étendre la zone marécageuse centrale et à arrimer la CEBC aux rives de cette zone tout en protégeant ces rives contre l'érosion par un enrochement s'intégrant au milieu naturel.

BÉNÉFICES SOCIAUX ET/OU ÉCONOMIQUES

La municipalité de L'Île-du-Grand-Calumet compte un peu plus de 700 résidents. Le projet représentait donc un investissement majeur et une opportunité d'obtenir des retombées économiques importantes pour cette petite communauté.

D'une part, les entrepreneurs responsables des travaux ont utilisé de la main-d'œuvre locale pour combler leur équipe de manœuvres. Ils ont aussi utilisé de petits entrepreneurs locaux pour compléter leur flotte d'équipement et ont également eu recours aux services des camionneurs artisans locaux.

D'autre part, tout le matériel granulaire utilisé a été acheté ou exploité auprès de bancs d'emprunt de la région. Ainsi, environ 75 % de la main-d'œuvre utilisée au site provenait de la région. Des retombées directes et indirectes importantes ont découlé de l'achat de biens et de services locaux par les entrepreneurs responsables des travaux. Entre 5 et 10 travailleurs provenant de l'extérieur de la région ont emménagé temporairement dans le secteur de L'île-du-Grand-Calumet pour la période des travaux et ont ainsi contribué à l'économie locale, et ce, durant les trois saisons.

D'un point de vue social, la restauration de l'ancien site minier abandonné de New Calumet vient améliorer de façon importante le bilan environnemental de la région et constitue maintenant une source de fierté pour les résidents voisins et le propriétaire. Ces travaux ont permis d'appliquer une solution durable et très positive face à une problématique environnementale datant des années 1970 qui affectait la qualité de vie des résidents.

BÉNÉFICES POUR L'ENVIRONNEMENT

Les travaux ont permis de confiner 221 000 m² de résidus miniers soumis à l'érosion éolienne et d'éliminer tout contact direct avec les résidus, ce qui constitue un bénéfice environnemental majeur. Les travaux ont également permis de prévenir l'érosion des résidus par les eaux de ruissellement et leur entraînement dans les cours d'eau. De plus, en limitant le potentiel futur de génération d'acide et en limitant l'infiltration d'eau à travers les résidus, on mesurera une amélioration de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines à long terme.

Rappelons qu'une zone humide s'était développée à proximité du lit du ruisseau qui coule à la surface du parc A. De plus, un étang était situé en aval du parc B et des résidus miniers avaient été identifiés dans les sédiments au fond de cet étang. Cependant, il existait une faune active bien établie dans ces deux milieux (tortues, couleuvres, grenouilles, ainsi que quelques poissons de faible valeur écologique) que le MERN souhaitait préserver. En collaboration avec le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), il a été décidé d'intégrer le ruisseau dans le concept de CEBC du parc A et de ne pas intervenir sur la zone humide en aval du parc B afin de préserver l'écosystème existant, bien adapté aux conditions présentes. Il est considéré, dans ce dernier cas, que les sédiments contaminés par des résidus seront progressivement recouverts de nouveaux sédiments propres, ce qui réduira encore davantage l'exposition future des organismes.

SATISFACTION DES BESOINS DU CLIENT

Le projet de réhabilitation du site minier abandonné de New Calumet s'inscrit dans l'effort du gouvernement du Québec de réduire le nombre de sites inscrits sur la liste des sites miniers abandonnés devant faire l'objet de travaux de restauration.

En relation avec les objectifs du MERN en matière de restauration des sites miniers abandonnés, les travaux ont permis :

✓ **D'éliminer les risques inacceptables et la propagation de contaminants.**

Les travaux ont permis de confiner les résidus en place de façon à ce qu'ils n'affectent plus l'environnement ou les propriétés avoisinantes et qu'ils ne puissent pas générer de drainage acide dans le futur. Ils ont aussi permis d'améliorer significativement la qualité de l'eau de surface et permettront, à moyen terme, d'améliorer la qualité de l'eau souterraine. Enfin, les secteurs où les piliers de surface présentaient un risque ont été sécurisés par le biais d'une clôture. L'intégration au paysage et l'amélioration du drainage de surface permettront de réduire l'entretien futur bien qu'il faille maintenir un suivi postrestauration, notamment pour inspecter la digue et surveiller la qualité des eaux.



Août 2017

✓ **De remettre la surface du site dans un état visuellement acceptable.**

La végétalisation des parcs à résidus et des autres secteurs restaurés du site permet une excellente intégration au paysage environnant et a permis de recréer un milieu favorable à l'implantation et au développement d'écosystèmes naturels fonctionnels.

✓ **De remettre les zones d'infrastructure dans un état compatible avec une utilisation future.**

Les infrastructures et ruines demeurant à la surface du site ont été démantelées et la surface du site reprofilée de façon à recréer un environnement qui s'intègre au milieu et qui permet une utilisation sécuritaire des lieux dans le futur.

L'atteinte de chacun de ces objectifs, qui sont généraux à tous les projets de restauration entrepris par le MERN, a apporté une grande satisfaction au client et le résultat final des travaux de réhabilitation est une source de fierté pour toute l'équipe de projet.

PRÉSENTATION DE LA FIRME

En tant que firme mondiale de premier plan en services professionnels, WSP fournit une expertise technique ainsi que des services-conseils stratégiques à de nombreux clients des domaines du transport et des infrastructures, des immobilisations et du bâtiment, de l'environnement, des industries, des ressources (dont les mines, le pétrole et le gaz) et de l'énergie, en plus d'assurer l'exécution de projets et de programmes et d'offrir des services consultatifs. Ingénieurs, conseillers, techniciens, scientifiques, architectes, planificateurs, arpenteurs-géomètres et spécialistes environnementaux comptent parmi nos experts, qui regroupent également des professionnels en conception et en gestion de programme et de travaux. Grâce à nos 48 000 employés talentueux répartis dans 550 bureaux situés dans 40 pays, dont plus de 8 000 au Canada et 9 500 aux États-Unis, nous bénéficions d'un positionnement exceptionnel pour livrer des projets de grande qualité et durables, peu importe où se trouvent nos clients.

LES PRIX CANADIENS D'INDUSTRIE-CONSEIL 2019

DE LA MINIERE ABANDONNÉE | DE LA CALUMET | DE LA CATÉGORIE | DE LA RESSOURCE NATURELLE, MINES, INDUSTRIE, ÉNERGIE

DE LA RESSOURCE NATURELLE, MINES, INDUSTRIE, ÉNERGIE