



Planification de la gestion des urgences et de la sécurité du centre de stockage

Projet de réseau de transport et centre de stockage du CO₂ Nouvelles voies

Au nom de l'Alliance nouvelles voies, Canadian Natural propose un projet de construction et d'exploitation du réseau de transport et centre de stockage du CO₂ Nouvelles voies (le « Projet »). Une fois en service, le réseau pourrait transporter le dioxyde de carbone (CO₂) capté depuis de multiples installations de sables bitumineux jusqu'à une formation de grès recouverte située dans la région de Cold Lake, en Alberta, pour le stocker sous terre.

La sécurité des communautés, des infrastructures et de la main-d'œuvre est un élément essentiel de la conception du Projet et revêt une grande importance pour tous les membres de l'Alliance. Notre approche à l'égard de la planification de la gestion des urgences consiste à nous concentrer sur l'identification proactive des risques, la prévention ainsi que la préparation et la planification de l'intervention, tout en répondant aux normes et à la réglementation de l'industrie.

Les communautés, les groupes autochtones et d'autres parties ont manifesté leur intérêt pour la planification des urgences dans le cadre du Projet. La présente fiche d'information a pour but de fournir des renseignements sur la planification de la gestion des urgences en ce qui concerne le centre de stockage.



Le centre de stockage

Nouvelles voies : de quoi s'agit-il?

Dans le cadre du Projet proposé, le CO₂ serait stocké sous terre dans la formation de grès du Cambrien basal (formation basale). Situé dans la région de Cold Lake, le centre de stockage serait constitué de cette formation de grès, des puits d'injection connexes et de la tuyauterie de raccordement au réseau de transport du CO₂. La formation basale est une roche poreuse (grès) qui contient de petites alvéoles – un peu comme une éponge – pouvant être remplies de CO₂. Elle est située entre 1000 et 2000 mètres sous la surface et atteint une épaisseur moyenne d'environ 80 mètres.

Au-dessus de la roche poreuse se trouvent d'épaisses couches de formations de roches salines. Contrairement à la formation basale, celles-ci ne sont pas poreuses, ce qui signifie que les liquides ne peuvent pas les traverser. Appelées « roches couvertures », les formations de roches salines agissent comme une barrière imperméable : un scellant naturel qui empêche le CO₂ stocké de migrer vers le haut.

Formations de roches salines :

Formation d'évaporite des Prairies

Épaisseur : env. 145 m
Profondeur : env. 850 m

Formation de Cold Lake

Épaisseur : env. 40 m
Profondeur : env. 1050 m

Formation de Lotsberg

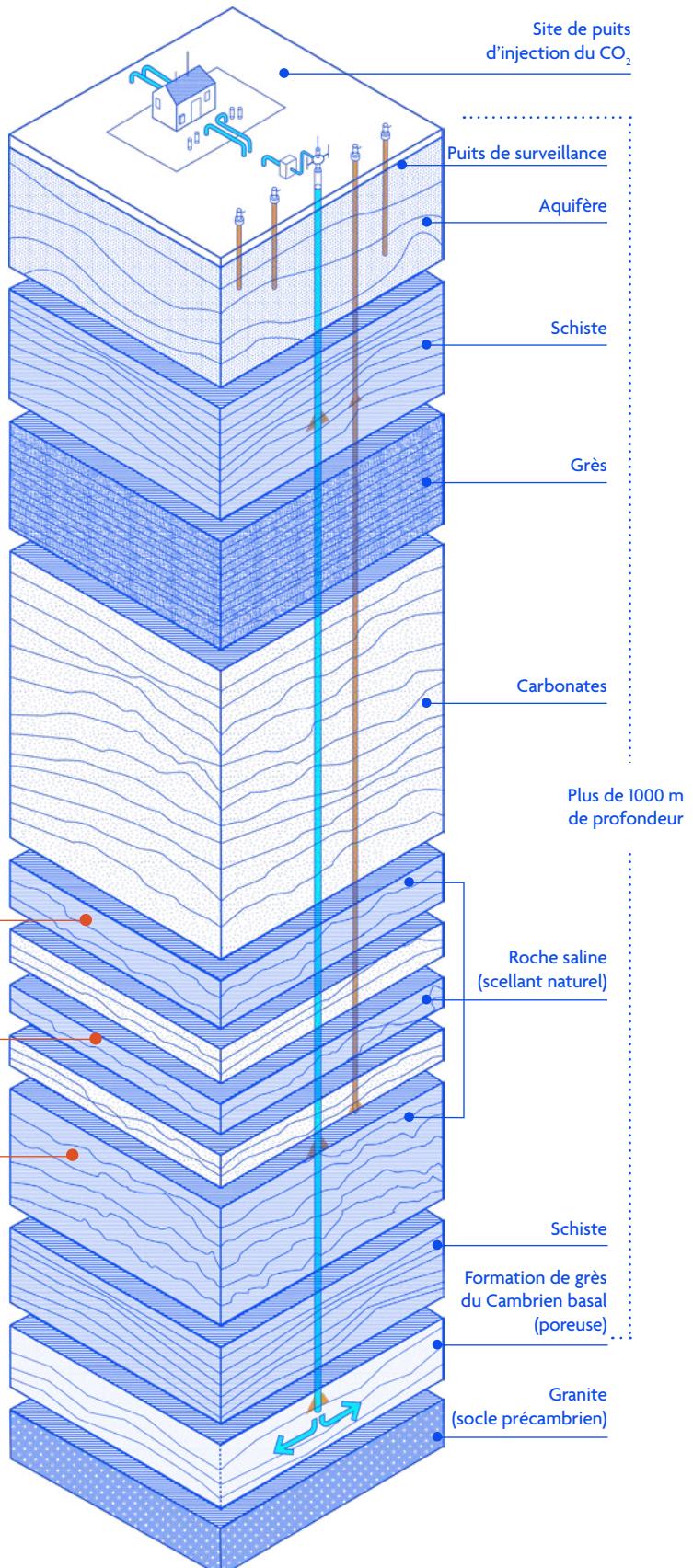
Épaisseur : env. 220 m
Profondeur : env. 1150 m

Épaisseur des sels combinés (ensemble des 3 sels) :

> 350 m

— Voie d'injection du CO₂

— Système de surveillance



CI-DESSUS : Ces couches superposées de formations rocheuses imperméables agissent comme un scellant naturel et peuvent stocker le CO₂ de manière sûre et permanente. À titre d'illustration uniquement. L'image n'est pas à l'échelle.

Système de sécurité et de gestion des risques à multiples niveaux : centre de stockage

Le centre de stockage Nouvelles voies proposé disposerait d'un système de gestion des risques à multiples niveaux, fondé sur des décennies d'expérience technique et de recherche scientifique. Ces niveaux sont classés en trois grandes catégories : la prévention, la détection et l'intervention.

Niveau 1 : Prévention

Le premier niveau du système consiste à identifier et à atténuer les risques. La gestion des risques commence dès la phase de conception, se poursuit tout au long du développement, et continue pendant la phase d'exploitation du Projet. Les ingénieurs et autres experts doivent intégrer plusieurs mesures de sécurité dans la conception et le développement du Projet, y compris, mais sans s'y limiter, les éléments suivants :



Choisir une formation géologique appropriée

La formation basale de l'Alberta se prête bien au stockage du CO₂. Elle est située entre 1000 et 2000 mètres sous la surface ainsi que sous trois couches d'épaisses formations de roches salines (ou roches couvertures) qui agissent comme un scellant naturel et empêchent le CO₂ de remonter.

La formation basale est constituée de roches poreuses comprenant de petites alvéoles qui peuvent piéger les molécules de CO₂. Le CO₂ serait injecté dans la formation sous forme liquide, qui est moins mobile que le gaz. Au fil du temps, le CO₂ injecté ainsi que les liquides et les minéraux déjà présents dans la formation basale réagiraient : une partie du CO₂ deviendrait alors solide ou se dissoudrait dans le liquide. Le CO₂ injecté ne devrait pas affecter l'intégrité du stockage ou des formations de roches couvertures. La répartition des trois formations de roches salines, situées bien en dessous de toute source d'eau souterraine, varie d'une épaisseur minimale de 150 m jusqu'à une épaisseur totale de plus de 400 m. Elles sont auto-étanches, c'est-à-dire qu'elles peuvent lentement changer de forme au fil du temps pour réparer de petites fissures, et sont donc efficaces pour le confinement du CO₂¹.



Déterminer une pression d'injection sûre

Au cours de la phase de planification du Projet, les géologues et les ingénieurs déterminent la pression à laquelle le CO₂ serait injecté selon les données recueillies dans les puits de la région. La pression d'injection doit préserver l'intégrité des couches de stockage et de roches couvertures, et répondre aux normes réglementaires.

¹ Costin, L.S. et Wawersik, W.R. « Creep Healing of Fractures in Rock Salt ». United States Department of Energy, août 1980. osti.gov/servlets/purl/5021049 (en anglais)



Niveau 2 : Détection

Le deuxième niveau du système est la surveillance complète, continue et systématique des formations souterraines afin de détecter tout changement d'activité. Le Projet proposé comporterait plusieurs points de surveillance. Des instruments seraient mis en place au site d'injection du CO₂ et dans les formations souterraines du centre de stockage. En outre, des programmes d'échantillonnage et une surveillance régulière sur le terrain seraient intégrés aux opérations. Toute activité sortant des paramètres d'exploitation habituels déclencherait une intervention. De plus, les programmes de surveillance du centre de stockage doivent être conformes aux plans de surveillance, de mesure et de vérification (SMV) prévus par la directive 065 de l'Alberta Energy Regulator (AER) et doivent être évalués et approuvés avant le début des opérations ou de l'injection du CO₂. Des exemples des types de technologies et des systèmes de surveillance prévus sont présentés ci-dessous.

Systèmes de surveillance

Les opérateurs de la salle de commande superviseraient les systèmes de surveillance de l'injection 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, afin de détecter tout changement en dehors des paramètres de fonctionnement normaux.

Gestion de la pression dans le centre de stockage

Le centre de stockage proposé serait relié à plusieurs puits d'injection en mesure de surveiller la pression en temps réel, ce qui facilite la surveillance et le suivi de la pression d'injection dans la formation basale. En outre, des puits de surveillance seraient utilisés dans la région pour observer les conditions dans la géosphère et l'hydroosphère.

Utilisation de l'imagerie sismique

L'imagerie sismique est une méthode qui utilise les ondes sonores pour créer des images de ce qui se trouve sous la surface de la Terre. Elle est couramment utilisée afin de fournir des renseignements sur l'exploitation pétrolière et gazière. En envoyant des ondes sonores dans le sol et en mesurant leur rebond, les géophysiciens peuvent voir et étudier les couches de roches ou de gaz, comme le CO₂, profondément sous terre. Une fois le CO₂ injecté sous terre, l'imagerie sismique peut en indiquer la répartition dans la formation basale. L'imagerie sismique quadridimensionnelle peut également être utilisée pour suivre la propagation du CO₂ dans le temps et la comparer aux attentes ou aux prévisions. Cette technologie peut nous aider à vérifier que le CO₂ reste confiné dans le centre de stockage.

Niveau 3 : Intervention

Le dernier niveau du système est la planification de l'intervention d'urgence dans le cas peu probable où un incident se produirait. Des plans d'intervention détaillés sont exigés et réglementés par l'AER, et définissent les mesures à prendre pour atténuer les effets d'un incident. Ci-dessous figurent des exemples de procédures opérationnelles et de plans d'intervention d'urgence qui seraient utilisés.



Isoler le système

Une vanne de sécurité souterraine est installée en profondeur dans chaque puits d'injection du CO₂, généralement près du fond du puits. Sa fonction première est de couper automatiquement le flux de CO₂ en cas de problème, comme une augmentation soudaine de la pression ou une défaillance mécanique. Par exemple, si la pression dans le puits devient trop élevée ou si le système détecte des changements inattendus, la vanne peut se fermer automatiquement, interrompant ainsi l'injection du CO₂. Cela permet d'évaluer la situation tout en garantissant que le CO₂ stocké reste confiné sous terre.

La vanne peut être commandée à distance pour s'ouvrir ou se fermer en fonction de la surveillance en temps réel, ce qui offre un niveau de contrôle supplémentaire aux opérateurs. Il s'agit d'un dispositif de sécurité essentiel qui contribue à assurer la sûreté et le contrôle du processus.



Intervenir en cas d'incident

Avant la mise en service, l'Alliance nouvelles voies élaborerait un plan d'intervention d'urgence (PIU) complet en étroite collaboration avec les autorités locales et régionales. Ce plan décrirait les mesures nécessaires pour intervenir rapidement et efficacement en cas d'incident impliquant un rejet de CO₂ à la surface, comme sur le site du puits. Les communautés et les résidents de la région seraient directement contactés afin qu'ils puissent partager leur point de vue et fournir des informations à prendre en compte lors de la préparation et de l'achèvement du PIU.

Ce type de plan est conçu pour protéger la main-d'œuvre, les installations, le public et l'environnement en cas d'urgence. Son but est de veiller à ce que les bonnes mesures soient en place pour répondre rapidement et efficacement à un incident et réduire les répercussions potentielles.

Un PIU décrit toutes les étapes nécessaires pour gérer une situation d'urgence, y compris la manière de mobiliser les équipes d'intervention, d'aviser les personnes susceptibles d'être touchées et d'informer les organismes gouvernementaux ou de santé. Il définit également les rôles et les responsabilités, le processus décisionnel, les ressources utilisées, la façon dont les informations seront communiquées et ce qu'il faut faire en cas d'évacuation. Avant de commencer les activités d'injection du CO₂, le PIU de l'Alliance nouvelles voies serait examiné et approuvé par les organismes de réglementation compétents, conformément à la directive 071 de l'AER.



En quoi consistent les activités de surveillance, de mesure et de vérification?

Les activités de surveillance, de mesure et de vérification (SMV) sont un élément fondamental d'un projet de séquestration du CO₂, car elles permettent de s'assurer que le CO₂ séquestré est bel et bien confiné. Le plan de SMV définit les objectifs de surveillance, les seuils et les critères d'interprétation de la séquestration du CO₂.



La **surveillance** désigne l'observation des activités de stockage du CO₂. Un réseau de surveillance solide garantit la continuité du stockage du CO₂. Les activités de surveillance se déroulent à toutes les phases du projet, y compris pendant l'avant-projet, l'injection et les périodes de fermeture.

La **mesure** renvoie aux débits d'injection du CO₂, qui sont fondamentaux pour quantifier le CO₂ séquestré.

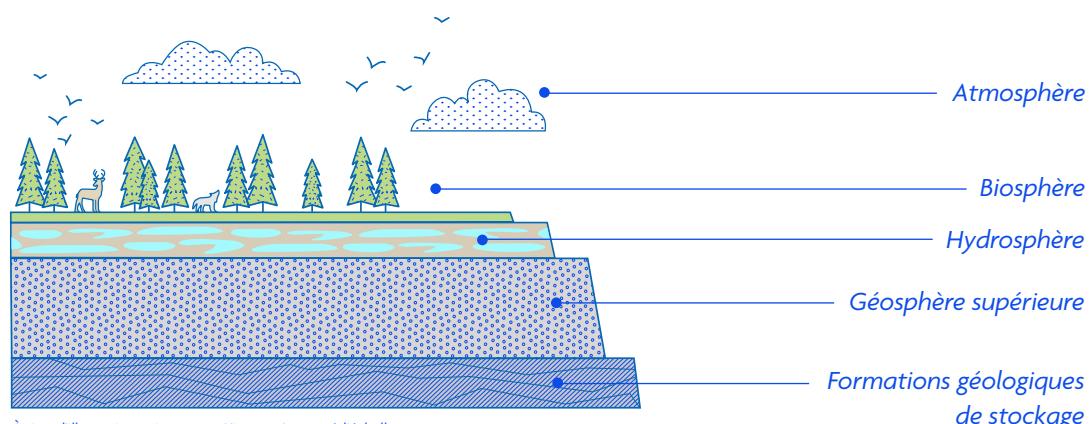
La **vérification** consiste à comparer les données de surveillance de l'injection du CO₂ aux prévisions du modèle. Le processus de vérification permet d'évaluer et d'adapter les prévisions du modèle pendant toute la durée de vie du projet.

Les activités de SMV se poursuivent tout au long du projet et même pendant la période suivant la fermeture, ce qui permet de confirmer que le site de stockage du CO₂ fonctionne en toute sécurité et comme prévu.

Plan de SMV

Un plan de SMV décrit les activités de surveillance, de mesure et de vérification pour gérer les risques tout au long d'un projet. Pour le Projet proposé, ce plan serait préparé en se référant aux normes provinciales, canadiennes et internationales afin de garantir le fonctionnement sécuritaire du Projet tout au long de sa durée de vie. Le plan de SMV serait élaboré pour gérer les risques, répondre aux exigences prévues par la loi et s'assurer que toutes les conditions d'approbation sont respectées. Il comprendrait également un plan de gestion des risques détaillant les activités d'identification, d'évaluation et de gestion des risques propres au Projet.

Les environnements souterrains et de surface sont divisés en zones de surveillance afin de garantir l'efficacité de l'identification et de l'atténuation des risques, ainsi que du déploiement du plan de SMV.



Atmosphère et biosphère : Milieux naturels à la surface de la Terre comprenant tous les écosystèmes vivants sur terre et dans les eaux de surface.

Hydrosphère : Formations souterraines contenant des eaux non salines.

Géosphère supérieure : Formations souterraines situées entre les formations géologiques de stockage et les couches protégées de la nappe phréatique au-dessus.

Formations géologiques de stockage : Formations souterraines qui stockent le CO₂ en toute sécurité, ainsi que les formations situées au-dessus (les roches couvertures) qui maintiennent le CO₂ en place de manière stable.

Les technologies de SMV sont choisies parce qu'elles ont fait leurs preuves en matière de détection rapide des problèmes dans leur domaine, permettant ainsi de mener des enquêtes et de prendre des mesures rapidement afin de résoudre les problèmes, le cas échéant. On les sélectionne également pour s'adapter à différentes conditions en surface tout en minimisant les perturbations environnementales.

Le plan de SMV serait flexible et adaptable à mesure que la séquestration du CO₂ progresserait. Les activités de SMV seraient mises à jour au fil du temps en fonction de ce que nous apprendrions sur le site, des résultats obtenus, des nouvelles recherches sur le stockage du CO₂, des avancées technologiques et des changements dans la réglementation. Cela renforcerait le confinement sûr et sécuritaire du CO₂.



Tirer des leçons des incidents

L'atténuation des risques, qui contribue à protéger l'environnement, les communautés locales et les actifs d'une entreprise, représente un élément clé de tout projet majeur. Les entreprises membres de l'Alliance gèrent notamment les risques par l'entremise d'activités d'amélioration continue, comme l'analyse des incidents survenus au sein de leurs installations, mais aussi de celles d'autres organisations. Une telle stratégie permet d'améliorer la conception du Projet et les pratiques de travail afin d'éviter que des incidents similaires ne se reproduisent.

Étude de cas : fuite dans une plateforme d'exploitation en Illinois

En 2024, une fuite de CO₂ dans un site de stockage de l'Illinois s'est produite en raison d'une combinaison de facteurs : corrosion du métal, mise en place d'un puits de surveillance, de mesure et de vérification (SMV) à l'intérieur du réservoir de stockage du CO₂ à côté d'un injecteur, et protocoles de l'exploitant. Bien que le CO₂ n'ait pas atteint la surface ni aucune source d'eau souterraine protégée, et qu'il n'ait pas affecté des personnes, il a tout de même pénétré dans une formation différente de celle du réservoir de stockage ciblé.

Ce que nous avons appris

- Pour la conception du puits d'injection, des considérations métallurgiques seraient intégrées pour prévenir la corrosion, y compris l'utilisation d'alliages résistants à la corrosion pour réduire le risque.
- La conception du Projet proposé prévoit de placer les puits de SMV au-dessus et à l'extérieur de la formation désignée du centre de stockage lorsqu'ils sont adjacents au puits d'injection. Les puits de SMV régionaux réalisés à l'intérieur du réservoir de stockage seraient stratégiquement placés loin des sites d'injection pour surveiller les activités de stockage du CO₂. L'expérience a montré que les données de SMV requises à proximité des puits d'injection peuvent être obtenues dans des zones situées immédiatement au-dessus ou à l'écart des puits d'injection.
- Des évaluations régulières de l'intégrité seraient également intégrées aux activités des puits d'injection, y compris des protocoles en cas de fuite présumée, ce qui réduirait le risque de défaillance d'un puits, une éventualité toutefois peu probable.





Foire aux questions

De nombreuses personnes se posent des questions sur l'impact et la sécurité du stockage du CO₂. Puisque cette technologie est utilisée depuis des décennies, ses effets sont bien étudiés² et documentés³.

Qu'est-ce que le CO₂?

Le dioxyde de carbone, ou CO₂, est un gaz incolore et inodore produit par la respiration des animaux (et des humains) ou par la combustion de matières contenant du carbone (notamment les combustibles fossiles). Naturellement présent dans l'atmosphère, il est essentiel au processus de photosynthèse, indispensable à la vie végétale, mais il devient dangereux à des concentrations élevées. Les risques liés au CO₂ dépendent de la concentration rejetée, de la durée d'exposition et des conditions environnementales.

Comment le CO₂ est-il capté?

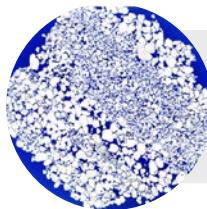
En général, les technologies de captage sont installées sur une grande source stationnaire d'émissions de CO₂ (p. ex. chaudière, génératrice) et le détournent avant qu'il n'atteigne l'atmosphère. Le CO₂ est comprimé et transformé en liquide; il peut alors circuler dans le réseau de pipelines jusqu'aux puits d'injection. Le CO₂ liquéfié est ensuite stocké profondément sous terre.

Qu'est-ce qui est stocké sous terre? Du gaz ou du liquide?

Le CO₂ est transporté et stocké sous forme liquide. Il s'insère dans de minuscules alvéoles de la couche de stockage de grès située profondément sous terre. Cette couche fait l'objet d'une surveillance constante afin de s'assurer que le liquide ne se déplace pas dans les formations sus-jacentes. Certaines de ces formations sont denses et solides, et le CO₂ ne peut y pénétrer. Environ 10 % du CO₂ stocké se dissout dans l'eau salée présente dans la couche de stockage. Une partie du CO₂ stocké réagit avec le grès et se transforme en un minéral solide qui ne bouge pas du tout.

Qu'advient-il du CO₂ une fois qu'il est pompé sous terre?

Dans le Projet proposé, le CO₂ capté serait injecté dans la formation de grès du Cambrien basal, située entre 1000 et 2000 mètres sous la surface. Cette formation est une roche poreuse (grès) qui contient de petites alvéoles – un peu comme une éponge – pouvant être remplies de CO₂. Ces alvéoles contiennent actuellement de l'eau salée. Lorsque le CO₂ pénètre dans la formation, une partie de ce CO₂ se dissout dans l'eau salée et une autre reste piégée à côté, dans les alvéoles à l'intérieur de la roche. Avec le temps, le CO₂ peut même se solidifier et faire partie de la roche elle-même⁴.



Voici une image agrandie des grains de sable (blanc) et de l'espace interstitiel (bleu) qui composent la formation de grès du Cambrien basal. Le CO₂ sera injecté dans les pores de cette roche.

² « 20 Years of Carbon Capture and Storage », Agence internationale de l'énergie, novembre 2016. iea.org/reports (en anglais)

³ « CO₂ Storage Resources and Their Development », Agence internationale de l'énergie, décembre 2022. iea.org/reports (en anglais)

⁴ « Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration: A Research Agenda », National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2019. nap.nationalacademies.org (en anglais)

Le CO₂ stocké peut-il affecter mon eau potable?

Le réservoir de stockage du CO₂ se trouve entre 1000 et 2000 mètres sous la surface, et c'est la roche couverture qui le sépare des sources d'eau douce souterraines. Si du CO₂ sortait de la couche de stockage, les systèmes de surveillance (y compris l'imagerie sismique) le détecteraient. Il est peu probable que le CO₂ atteigne les eaux souterraines, qui se trouvent en moyenne à 150 mètres de profondeur.

Qu'est-ce qui empêche le CO₂ de remonter à la surface?

Au-dessus de la formation de grès poreuse du Cambrien basal se trouvent d'épaisses couches de formations de roches salines appelées roches couvertures. Contrairement à la formation basale, les roches couvertures ne sont pas poreuses, ce qui signifie que les liquides ne peuvent pas les traverser.

La roche couverture agit comme une barrière pour empêcher le CO₂ stocké de remonter, jouant ainsi le rôle d'un scellant naturel⁵. Une fois le CO₂ sous terre, l'imagerie et la surveillance montreront comment le CO₂ est réparti dans la zone de stockage. Les formations géologiques situées au-dessus de la couche de stockage seront également surveillées pour confirmer que le CO₂ reste au même endroit et ne se déplace pas vers le haut.

Comment peut-on s'assurer qu'il n'y a pas de fractures inconnues dans la formation?

Le site de séquestration de l'Alliance nouvelles voies est situé loin des montagnes Rocheuses, dans une zone moins sujette aux failles et à la fracturation que la majeure partie du reste de l'Alberta et de la Colombie-Britannique. Les couches rocheuses situées au-dessus de la zone de stockage contiennent d'épaisses formations de roches salines, appelées roches couvertures, connues pour leur résistance et leur malléabilité naturelle. La roche couverture est moins susceptible de se fracturer et peut progressivement se déplacer et se sceller d'elle-même. Cette propriété d'auto-étanchéité⁶ contribue à préserver l'intégrité du site de stockage.

Comment le CO₂ sera-t-il surveillé à l'avenir?

L'Alliance nouvelles voies élaborerait un plan de SMV propre au site, conformément à la directive 065 de l'Alberta Energy Regulator (AER). Ce plan comprendrait la collecte en continu et l'analyse de données ainsi que la production de rapports réguliers afin de garantir la sûreté et la sécurité du stockage du CO₂ pendant toute la durée de vie du Projet.

La surveillance serait effectuée avant l'injection du CO₂ (pour fournir des données de référence), pendant l'injection et durant un certain temps après l'injection. Les technologies de surveillance comprendront probablement la mesure des taux d'injection du CO₂, la surveillance de la pression de la couche de stockage et des formations situées au-dessus de la roche couverture, la surveillance du sol, des eaux souterraines et des eaux de surface, la surveillance quadridimensionnelle pour détecter la croissance du panache de CO₂ dans la couche de stockage, et la surveillance sismique.



⁵ Masserweh, O. et Abushaikha, A.S. « CO₂ Sequestration in Subsurface Geological Formations: A Review of Trapping Mechanisms and Monitoring Techniques ». *Earth-Science Reviews*, volume 253, juin 2024, sciedirect.com (en anglais)

⁶ Costin, L.S. et Wawersik, W.R. « Creep Healing of Fractures in Rock Salt ». United States Department of Energy, août 1980, osti.gov/servlets/purl/5021049 (en anglais)



Alliance nouvelles voies

Nous réunissons six des plus importantes entreprises de sables bitumineux du Canada et travaillons ensemble pour fournir l'énergie dont le monde a besoin, tout en faisant progresser l'innovation au chapitre de l'environnement. L'industrie des sables bitumineux crée des milliers d'emplois partout au pays et génère des revenus indispensables qui permettent aux gouvernements de financer des services essentiels sur lesquels les Canadiens et les Canadiennes comptent. Afin que notre industrie puisse continuer à offrir de tels avantages au cours des prochaines décennies, nos membres s'unissent pour faire progresser l'innovation environnementale et les projets comme celui du réseau de transport et centre de stockage du CO₂ Nouvelles voies.



Apprenez-en plus sur
alliancenouvellesvoies.ca ou écrivez-nous à info@alliancenouvellesvoies.ca.

Avis de non-responsabilité : Ce document a été préparé avec tout le soin et l'attention nécessaires, et représente une tentative de Canadian Natural Resource Limited (Canadian Natural) de paraphraser et de regrouper des informations techniques complexes dans un format plus facile à comprendre. La transposition de cette information dans un langage clair peut avoir eu un impact sur sa signification précise et, par conséquent, Canadian Natural n'en garantit ni l'exhaustivité ni l'exactitude dans le présent document.