Projet Pathways



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

Projet Pathways : introduction

Au nom des promoteurs du Projet Pathways, soit Cenovus, ConocoPhillips Canada, L'Impériale et Suncor, Canadian Natural propose un projet de construction et d'exploitation d'un réseau de transport et centre de stockage du CO_2. Une fois en service, le réseau permettra de transporter le dioxyde de carbone (CO_2) 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 réalisation du Projet Pathways dépendra de l'obtention des appuis financiers et politiques nécessaires ainsi que des autorisations réglementaires requises.

La sécurité des communautés, des infrastructures et de la main-d'œuvre est un élément essentiel de la conception du Projet Pathways et revêt une grande importance pour tous ses promoteurs. 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 populations 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.

Centre de stockage du Projet Pathways : de quoi s'agit-il?

Dans le cadre du projet proposé, le CO_2 sera stocké profondément sous terre dans la formation de grès du Cambrien basal (formation basale). Le centre de stockage du Projet Pathways proposé se situe près de la région de Cold Lake, en Alberta. Le réseau de transport du CO_2, pour sa part, sera relié à des puits d'injection implantés à l'intérieur du périmètre du centre de stockage, et le CO_2 y sera injecté par ces puits. La formation basale est une roche poreuse (grès) qui contient de petites alvéoles – un peu comme une éponge – pouvant être remplies de CO_2. 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 (plusieurs centaines de mètres). Contrairement à la formation basale, celles-ci ne sont pas poreuses, ce qui signifie que les liquides ne peuvent pas les traverser. Appelées « roches-couverture », les formations de roches salines (sel gemme) agissent comme une barrière imperméable : un scellant naturel qui empêche le CO_2 stocké de migrer vers le haut.

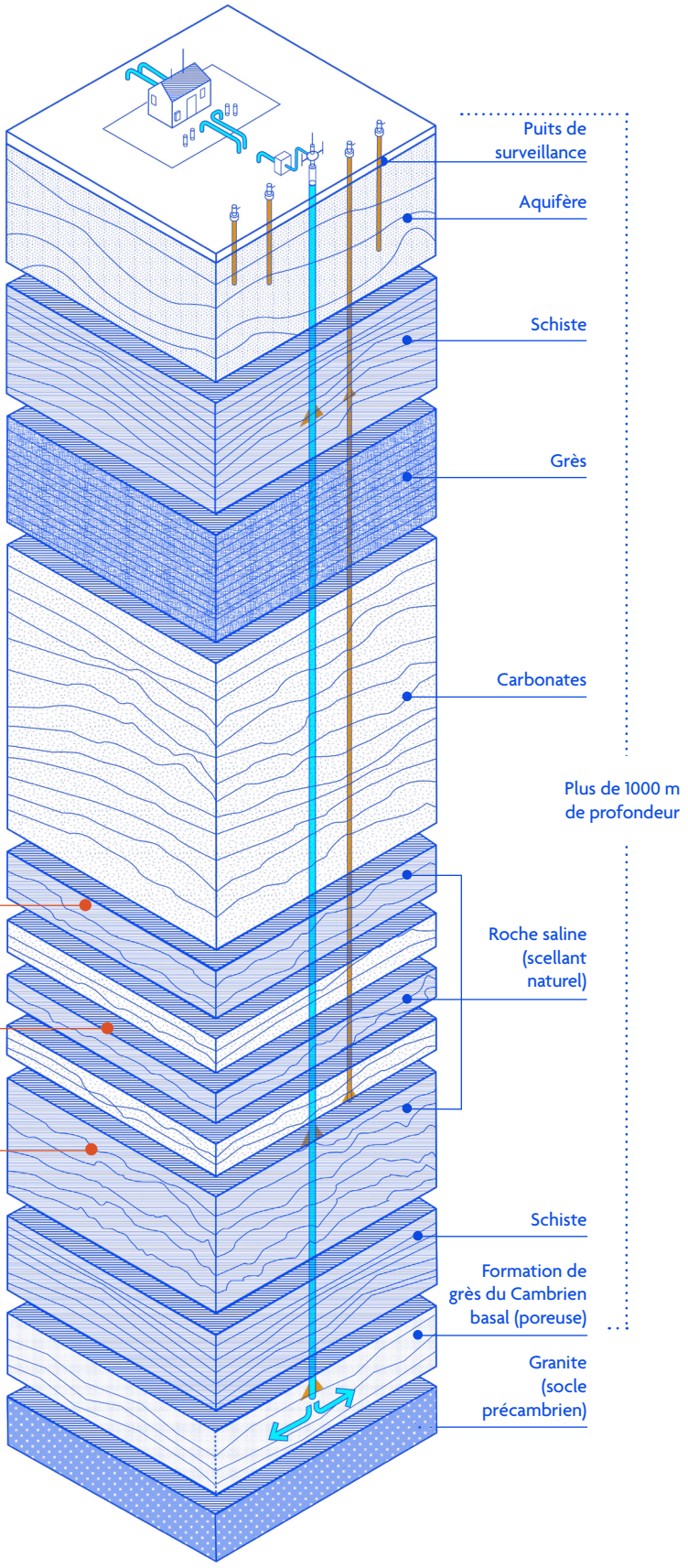
Formations de roches salines :

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 CO_2

CI-DESSUS : Ces couches superposées de formations rocheuses imperméables agissent comme un scellant naturel et peuvent stocker le CO_2 de manière sûre et permanente. Visuel fourni à titre illustratif seulement. 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 du Projet Pathways proposé disposera 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 et se poursuit tout au long des différentes étapes du projet. Les ingénieurs et autres experts doivent élaborer plusieurs mesures de sécurité et les intégrer à la conception et au 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 CO_2. Elle est située entre 1000 et 2000 mètres sous la surface ainsi que sous trois couches d'épaisses formations de roches salines (ou roches-couverture), qui agissent comme un scellant naturel et empêchent le CO_2 de remonter.

La formation basale est constituée de roches poreuses comprenant de petites alvéoles qui peuvent piéger les molécules de CO_2. Le CO_2 sera injecté dans la formation sous forme liquide, qui est moins mobile que le gaz. Au fil du temps, le CO_2 injecté ainsi que les liquides et les minéraux déjà présents dans la formation basale réagiront : une partie du CO_2 deviendra alors solide ou se dissoudra dans le liquide. Le CO_2 injecté ne devrait pas affecter l'intégrité du stockage ou des formations de roches-couverture. 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 mètres jusqu'à une épaisseur totale de plus de 400 mètres. 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 CO_2.[1]



Déterminer une pression d'injection sûre

Au cours de la phase de planification du projet, les géologues et les ingénieurs détermineront la pression à laquelle le CO_2 sera 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-couverture, 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 comportera plusieurs points de surveillance. Des instruments seront mis en place au site d'injection du CO_2 et dans les formations souterraines du centre de stockage. En outre, des programmes d'échantillonnage et une surveillance régulière sur le terrain seront intégrés aux opérations. Toute activité sortant des paramètres d'exploitation habituels déclenchera 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 CO_2. Des exemples de types de technologies et de systèmes de surveillance prévus sont présentés ci-dessous.

Systèmes de surveillance

Les opérateurs de la salle de commande surveilleront les systèmes d'instrumentation de manière continue, 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et 365 jours par an, 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 sera relié à plusieurs puits d'injection en mesure de surveiller la pression en temps réel, ce qui facilite la distribution et le suivi de la pression d'injection dans l'espace de stockage. En outre, des puits de surveillance seront utilisés dans la région pour observer les conditions dans la géosphère et l'hydrosphère.

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 CO_2, profondément sous terre. Une fois le CO_2 injecté sous terre, l'imagerie sismique peut en indiquer la distribution dans la couche de stockage. Elle peut également être utilisée pour suivre la propagation du CO_2 au fil du temps et la comparer aux attentes ou aux prévisions. Cette technologie peut nous aider à vérifier que le CO_2 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 seront utilisés.



Isoler le système

Une vanne de sécurité souterraine sera installée en profondeur dans chaque puits d'injection du CO_2, généralement près du fond du puits. Sa fonction première est de couper automatiquement le flux de CO_2 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'écoulement du CO_2. Cela permet d'évaluer la situation tout en garantissant que le CO_2 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, un plan d'intervention d'urgence (PIU) complet et propre au Projet Pathways sera élaboré en étroite collaboration avec les autorités locales et régionales. Ce plan décrira les mesures nécessaires pour intervenir rapidement et efficacement en cas d'incident impliquant un rejet de CO_2 à la surface, comme le site du puits. Les communautés et les résidents de la région seront 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 CO_2, le PIU du Projet Pathways sera 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 CO_2, car elles permettent de s'assurer que le CO_2 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 CO_2.

La surveillance désigne l'observation des activités de stockage du CO_2. Un réseau de surveillance solide garantit la continuité du stockage du CO_2. 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 CO_2, qui sont fondamentaux pour quantifier le CO_2 séquestré.

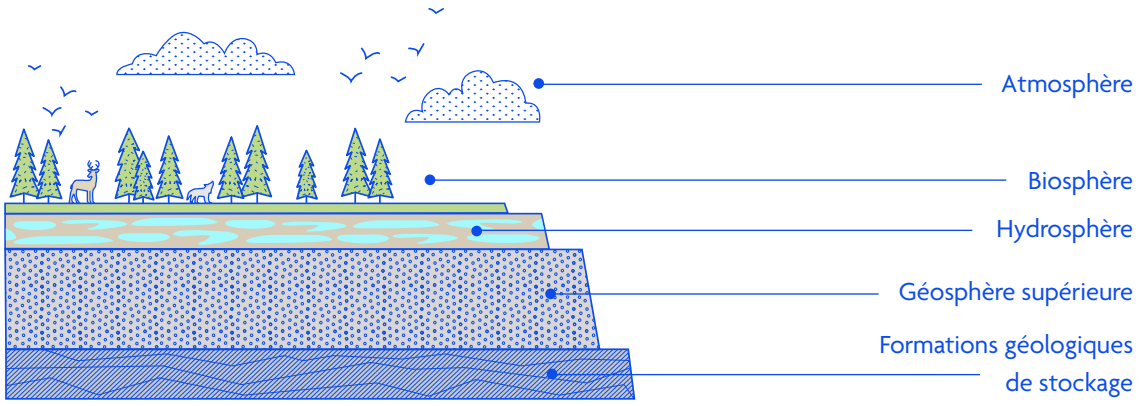
La vérification consiste à comparer les données de surveillance de l'injection du CO_2 aux prévisions du modèle. Le processus de vérification permet d'évaluer et d'adapter les prévisions du modèle pendant toute la durée de vie du projet.

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 CO_2 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 Pathways proposé, ce plan sera 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 sera élaboré pour gérer les risques, répondre aux exigences prévues par la loi et s'assurer que toutes les conditions d'approbation sont respectées. Il comprendra 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.



Visuel fourni à titre illustratif seulement. L'image n'est pas à l'échelle.

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 CO_2 en toute sécurité, ainsi que les formations situées au-dessus (les roches-couverture) qui maintiennent le CO_2 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 sera flexible et adaptable à mesure que la séquestration du CO_2 progressera. Les activités de SMV seront mises à jour au fil du temps en fonction de ce que nous apprendrons sur le site, des résultats obtenus, des nouvelles recherches sur le stockage du CO_2, des avancées technologiques et des changements dans la réglementation. Cela renforcera le confinement sûr et sécuritaire du CO_2.

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 promoteurs du Projet Pathways gèrent notamment les risques par l'entremise d'activités d'amélioration continue comme l'analyse d'incidents passés survenus au sein de diverses installations — les leurs ainsi que 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 CO_2 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 CO_2 à côté d'un injecteur, et protocoles de l'exploitant. Bien que le CO_2 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 seront 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 seront stratégiquement placés loin des sites d'injection pour surveiller les activités de stockage du CO_2. 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 seront également intégrées aux activités des puits d'injection, y compris des protocoles en cas de fuite présumée, ce qui réduira 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 CO_2. Puisque cette technologie est utilisée depuis des décennies, ses effets sont bien étudiés[2] et documentés.[3]

Qu'est-ce que le CO_2?
Le dioxyde de carbone, ou CO_2, 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 CO_2 dépendent de la concentration rejetée, de la durée d'exposition et des conditions environnementales.

Comment le CO_2 est-il capté?
En général, les technologies de captage sont installées sur une importante source d'émissions fixe (p. ex. chaudière, génératrice) et détournent le CO_2 avant qu'il n'atteigne l'atmosphère. Le gaz est ensuite comprimé et transformé en liquide, ce qui lui permet alors de circuler dans le réseau de pipelines jusqu'aux puits d'injection. Le CO_2 liquéfié est ensuite stocké profondément sous terre.

Qu'est-ce qui est stocké sous terre? Du gaz ou du liquide?
Le CO_2 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 CO_2 ne peut y pénétrer. Environ 10 % du CO_2 stocké se dissout dans l'eau salée présente dans la couche de stockage. Une partie du CO_2 stocké réagit avec le grès et se transforme en un minéral solide qui ne bouge pas du tout.

Qu'advient-il du CO_2 une fois qu'il est pompé sous terre?
Dans le cadre du Projet Pathways proposé, le CO_2 capté sera 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 CO_2. Ces alvéoles contiennent actuellement de l'eau salée. Lorsque le CO_2 pénètre dans la formation, une partie de ce CO_2 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 CO_2 peut même se solidifier et faire partie de la roche elle-même.[4]

Apprenez-en plus sur ProjetPathways.ca. Vous pouvez également nous écrire à Info@PathwaysProject.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'exactitude ni l'exhaustivité dans le présent document.

Le CO_2 stocké peut-il affecter mon eau potable?
Le réservoir de stockage du CO_2 se trouve entre 1000 et 2000 mètres sous la surface, tandis que les eaux souterraines se situent en moyenne à 150 mètres de profondeur. Plusieurs centaines de mètres de roches salines séparent le réservoir de stockage des sources d'eau douce souterraines, faisant ainsi office de scellant naturel. Des systèmes de surveillance seront également mis en place avant et pendant les activités dans le cadre du plan de SMV, y compris pour la surveillance des eaux souterraines. Ces systèmes devront être évalués et approuvés par l'Alberta Energy Regulator.

Qu'est-ce qui empêche le CO_2 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-couverture. Contrairement à la formation basale, ces dernières 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 CO_2 stocké de remonter, jouant ainsi le rôle d'un scellant naturel.[5] Une fois le CO_2 sous terre, l'imagerie et la surveillance montreront comment le CO_2 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 CO_2 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 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-couverture, 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-étanchéité[6] contribue à préserver l'intégrité du site de stockage.

Comment le CO_2 sera-t-il surveillé à l'avenir?
Un plan de SMV propre aux installations du Projet Pathways sera élaboré conformément à la directive 065 de l'Alberta Energy Regulator (AER). Ce plan comprendra 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 CO_2 pendant toute la durée de vie du projet.

La surveillance sera effectuée avant l'injection du CO_2 (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 débits d'injection du CO_2, 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 CO_2 dans la couche de stockage, et la surveillance sismique.

[2] « 20 Years of Carbon Capture and Storage ». Agence internationale de l'énergie, novembre 2016. iea.org/reports. (en anglais)
[3] « CO_2 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)
[5] Masserweh, O. and Abushaikha, A.S. "CO_2 Sequestration in Subsurface Geological Formations: A Review of Trapping Mechanisms and Monitoring Techniques." Earth-Science Reviews, Volume 253, June 2024. sciencedirect.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)