



# Commission géologique du Canada

---

## Rapport sur les résultats et la livraison 2020-2021



# Ressources naturelles Canada

---

## Commission géologique du Canada Rapport sur les résultats et la livraison 2020-2021

Commission géologique du Canada

2022, Produit d'information générale 130f de RNCan

---

Pour obtenir des renseignements sur les droits de reproduction, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada à [copyright-droitdauteur@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:copyright-droitdauteur@nrcan-rncan.gc.ca).

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre des Ressources naturelles, 2022

No de cat. M41-1/5F-PDF (En ligne), ISSN 2816-2552  
Lien permanent : <https://doi.org/10.4095/328921>

Also available in English under the title: Geological Survey of Canada - Report on results and delivery 2020-2021

---

Canada

On vous demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet des documents reproduits ainsi que le nom de l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par Ressources naturelles Canada (RNCan) et que la reproduction n'a pas été faite en association avec RNCan ni avec l'appui de RNCan.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de RNCan. Pour de plus amples renseignements, communiquez avec RNCan à [copyright-droitdauteur@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:copyright-droitdauteur@nrcan-rncan.gc.ca).

La présente publication peut être téléchargée gratuitement à partir de GÉOSCAN (<https://geoscan.nrcan.gc.ca/>).





# Avant-propos

---

Tout au long de sa longue histoire, la Commission géologique du Canada (CGC) a fait face à d'innombrables défis et obstacles et a néanmoins réalisé des activités géoscientifiques de classe mondiale. Je suis fier de dire que l'année 2020-2021 n'a pas été différente.

L'année 2020 a marqué le début de la pandémie mondiale de COVID-19. En mars 2020, on a demandé aux employés fédéraux de travailler à distance, ce qui a bouleversé les plans de recherche soigneusement élaborés. Notre perspective a changé considérablement, alors que nous observions sur nos écrans d'ordinateur un monde rempli d'anxiété et de bouleversements. Nous avons pleuré la perte de nombreuses personnes, mais comme d'autres, nous nous sommes adaptés à une nouvelle réalité.

Avec l'aide de partenaires et de collaborateurs, nous avons pris des mesures pour surmonter les obstacles et avancer vers nos objectifs. En juin 2020, en collaboration avec des collègues de l'USGS (United States Geological Survey) et d'EuroGeosurveys, nous avons lancé la « Communauté mondiale des services géologiques ». Avec environ 80 collègues dirigeants de services géologiques, nous avons discuté de l'avenir des organisations de services géologiques dans un monde post-COVID et avons publié le webinaire qui en a résulté sur YouTube, entrant ainsi dans une nouvelle ère de travail à distance. Il s'agissait de l'un des nombreux webinaires et réunions par vidéoconférence qui ont eu lieu pendant la pandémie.

Le personnel de la CGC a soutenu l'effort déployé durant la COVID en fournissant de l'équipement de protection individuelle aux travailleurs essentiels, en adaptant les programmes d'échantillonnage et le travail sur le terrain, en s'appuyant sur les connaissances scientifiques existantes, en faisant appel à leurs collègues et à leurs réseaux et en respectant les principes de la CGC en matière de connaissances, d'excellence et d'intégrité. S'appuyant sur ces principes, les scientifiques de la CGC spécialisés dans les changements climatiques ont travaillé avec les résidents des communautés autochtones d'Aklavik, de Tuktoyaktuk et d'Inuvik pour déployer des instruments de fond marin afin d'assurer la continuité d'une série chronologique d'observations, tandis que grâce à notre partenariat avec l'Institut Hakai sur la côte ouest, nous avons déployé un nouveau sismomètre à un endroit stratégique pour l'étude des aléas géologiques en milieu marin. D'autres membres du personnel ont établi des partenariats solides avec les communautés autochtones locales afin de réaliser des travaux géoscientifiques sur le terrain pour appuyer la planification spatiale marine; les collaborations entre la CGC et le Service hydrographique du Canada ont permis de réaliser des levés marins dans les quatre biorégions du Canada. Nous avons également fait appel à des partenaires universitaires locaux pour recueillir des échantillons afin d'étudier le potentiel en ressources géothermiques au mont Meager. Grâce

à des initiatives de réseautage stratégique, les scientifiques de la CGC ont pu atteindre les objectifs du projet, en s'appuyant sur un réseau établi de précieux partenaires.

Avec ses laboratoires de partout au Canada également touchés par la COVID, le personnel de la CGC a fait preuve d'une grande capacité d'adaptation. Les scientifiques ont utilisé les données existantes et une modélisation numérique innovante pour produire des articles de revues scientifiques et des dossiers publics, et le personnel des laboratoires a mis à jour les documents de sécurité, les manuels de laboratoire, les méthodologies et les bases de données. En conséquence, 494 publications ont été diffusées par la CGC en 2020-2021 (disponibles par le biais de [GÉOSCAN](#)).

Le partage des connaissances géoscientifiques de la CGC va au-delà des publications. À la hauteur de notre réputation de centre international d'excellence en géosciences, le personnel de la CGC a contribué au cours de la dernière année à de nombreuses initiatives nationales et internationales de partage des connaissances. La CGC a transformé le colloque *Understanding Risk BC* en une série d'événements virtuels qui ont attiré plus de 1 000 participants. Le projet Canada en 3D a organisé un webinaire avec des partenaires internationaux sur la façon de répondre aux besoins sociétaux avec la géologie 3D. En collaboration avec nos partenaires fédéraux de TerraCanada, la CGC a lancé une série continue de causeries scientifiques virtuelles. Bien que le partage des connaissances se soit limité cette année aux espaces numériques, les scientifiques de la CGC intègrent déjà les leçons apprises dans la planification des futurs rassemblements virtuels, en personne et hybrides.

Des progrès ont été réalisés en ce qui concerne la gouvernance et l'infrastructure relatives aux données, aux systèmes d'information et aux collections de matériel géologique de la CGC, notamment le développement des capacités en matière d'informatique en nuage. Afin d'améliorer nos capacités numériques, les experts géoscientifiques

de la CGC travaillent avec MILA<sup>1</sup> pour intégrer l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique aux données de la CGC afin de soutenir l'exploration minérale au Canada. Alors que nous nous efforçons de rester à l'avant-garde et de profiter des nouvelles pratiques ainsi que d'extraire de nouvelles connaissances scientifiques de la transformation continue de l'environnement numérique, les actifs physiques de la CGC demeurent tout aussi importants. Une infrastructure physique moderne et accessible est essentielle au soutien des géosciences de la CGC. À Ottawa, le groupe des collections de matériel géologique a examiné, catalogué et déplacé plus de 1 200 palettes et 1 500 armoires d'échantillons de la CGC dans une nouvelle installation ultramoderne.

La CGC, par l'entremise du programme Géosciences des eaux souterraines, a contribué aux discussions en vue de la création de l'Agence canadienne de l'eau, notamment en rédigeant une ébauche de rapport d'évaluation sur la science des eaux douces et en contribuant à un répertoire de données pour l'évaluation des données.

La CGC est un acteur clé du groupe scientifique TerraCanada, qui fait partie de la stratégie d'une durée de 25 ans de Laboratoires Canada visant à renforcer la science à l'échelle fédérale au Canada. Réseau multipartenaires ancré dans une infrastructure moderne, TerraCanada attirera et retiendra des talents mondiaux et favorisera les occasions pour des chercheurs et étudiants variés en créant la prochaine génération de chefs de file scientifiques fédéraux. En tant que cochef de file des cinq partenaires fédéraux de TerraCanada, RNCan compte parmi ses participants des scientifiques de trois divisions de la CGC (Nord du Canada, Centre du Canada et Québec), ainsi que de CanmetMINES et CanmetMATÉRIAUX.

Cet accent mis sur l'excellence et l'expertise scientifiques continues se reflète dans l'investissement de 135 millions de dollars du gouvernement fédéral sur sept ans pour renouveler deux des programmes phares de la CGC :

---

<sup>1</sup> Institut québécois d'intelligence artificielle

Géocartographie de l'énergie et des minéraux (GEM-GéoNord) et l'Initiative géoscientifique ciblée (IGC). GEM-GéoNord et l'IGC appuient la relance des industries canadiennes des minéraux et des métaux, assurent la compétitivité du secteur minier canadien et soutiennent la participation des collectivités à l'aménagement du territoire. Pour la première fois dans l'histoire de la CGC, GEM-GéoNord a lancé un dialogue pour élaborer les priorités de recherche avec la participation de 10 provinces et territoires, et près de 60 gouvernements autochtones et organisations représentatives, en s'appuyant sur les solides relations établies au cours des 12 dernières années. Ce dialogue guidera le programme dans la fourniture de nouvelles données, connaissances et cartes géoscientifiques publiques pour le nord du Canada, en mettant l'accent sur les zones de développement économique des ressources naturelles et les infrastructures connexes, dans le contexte d'un climat changeant. Au cours de la dernière année, l'IGC a mené 34 études qui ont jeté les bases de recherches à plus long terme qui débiteront en 2021-2022. Les recherches de l'IGC sont axées sur l'amélioration de la compréhension des processus qui ont formé en profondeur les gîtes de métaux critiques et d'autres minéraux d'importance économique du Canada, grâce à l'élaboration de modèles géologiques de nouvelle génération, ainsi que de méthodes de pointe pour le ciblage de minéralisations qui guideront l'exploration dans les régions minières émergentes et établies.

À l'appui du Plan canadien pour les minéraux et les métaux (PCMM), lequel s'inscrit dans le cadre du Plan d'action fédéral, la CGC travaille en collaboration avec les services géologiques provinciaux et territoriaux à une Stratégie géoscientifique pancanadienne visant à produire de meilleures données pour trouver les mines de demain, réduire les risques

liés à l'exploration, stimuler la compétitivité, appuyer les décisions relatives à l'utilisation des terres et améliorer la sécurité publique en réduisant les risques liés aux dangers naturels.

La prochaine année en sera une de transition alors que nous envisageons l'avenir du travail à la CGC. Tout en veillant à la sécurité et au bien-être de notre dévoué personnel, nous devons également continuer à planifier le succès à long terme de la CGC. Nous continuerons à entretenir et à développer une main-d'œuvre résiliente et performante, fondée sur les principes de diversité, d'inclusion et de collaboration. Les travaux futurs de la CGC s'appuieront sur notre nouveau réseau de relations avec les Autochtones, conçu pour favoriser l'amélioration des relations avec les Autochtones par le biais de la géoscience collaborative. Nous continuerons à identifier les principales pressions liées à la gestion des ressources humaines, à évaluer les capacités et les ressources, et à façonner l'avenir du milieu de travail de la CGC.

La CGC ne serait rien sans le dévouement, la détermination et le dynamisme de son personnel. Merci à tous les membres du personnel de la CGC qui ont relevé les défis de l'année écoulée – appuyer le Canada et faire progresser le mandat de RNCan et de la CGC. Nous nous sommes entraînés, nous avons tendu la main aux communautés environnantes et virtuelles du Canada et du monde entier avec force, empathie et professionnalisme. Nos efforts ne sont pas passés inaperçus et nous pouvons tous être fiers d'aborder la prochaine année en continuant à faire de la CGC un centre mondial d'excellence en géosciences. Au nom de tout le personnel de la CGC, j'ai l'honneur de vous présenter ce rapport sur nos résultats et nos réalisations pour l'exercice 2020-2021.

---

### **Daniel Lebel, Ph.D.**

Directeur général de la Commission géologique du Canada  
Secteur des terres et des minéraux, Ressources naturelles Canada  
Ottawa, Canada

# Table des matières

Avant-propos.....	3
Table des matières.....	6
Liste des tableaux.....	8
Liste des figures.....	9
<b>Aperçu du rapport.....</b>	<b>12</b>
Mandat de la CGC.....	13
Mission de la CGC.....	14
Structure organisationnelle de la CGC.....	14
Personnel de la CGC.....	17
<b>Résultats et livraison.....</b>	<b>18</b>
Structure de rapport de la CGC au sein du gouvernement du Canada.....	18
Priorités stratégiques de la CGC.....	20
Programmes et initiatives scientifiques de la CGC.....	23
<b>Histoires de réussite de la CGC en matière de sciences et technologie.....</b>	<b>29</b>
Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada.....	30
Canada en 3D (C3D).....	30
Géocartographie de l'énergie et des minéraux-GéoNord (GEM-GéoNord).....	34
Programme de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS).....	36
Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable.....	38
Programme pour les nouvelles sources d'énergie (PGNSE) et Objectifs de conservation marine (OCM).....	38
Programme marines pour la planification spatiale marine (PGMPSM).....	46
Programme Géosciences des eaux souterraines (PGES).....	51
Programme Géosciences environnementales (PGE).....	54
Service d'évaluation d'impact environnemental (SEIE).....	57
Initiative géoscientifique ciblée (IGC).....	59
Priorité stratégique 3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada.....	65
Programme Géosciences pour la sécurité publique (PGSP).....	65
Programme Géosciences des changements climatiques (PGCC).....	69
Priorité stratégique 4 : Les géosciences pour la société.....	78
Réseau des géosciences ouvertes (RGO).....	78
Réseau des relations avec les Autochtones.....	81
Priorité stratégique 5 : Nos gens, notre science.....	85
Réseau de laboratoires scientifiques (RLS).....	85
Génération 8.....	90
TerraCanada et Laboratoires Canada.....	90



Stratégie géoscientifique pancanadienne.....	93
<b>Finances et dépenses budgétaires.....</b>	<b>94</b>
Dépenses budgétaires.....	94
Financement du Bureau de recherche et de développement énergétiques (BRDE).....	95
Autres sources de financement.....	95
<b>Annexe 1 : Aperçu de la structure de rapport.....</b>	<b>96</b>
Cadre ministériel des résultats de Ressources naturelles Canada (RNCa).....	96
Profils d'information sur le rendement.....	97
Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada.....	97
Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles..	101
Priorité stratégique 3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada.....	105
<b>Annexe 2 : Programmes, projets et activités scientifiques 2020-2021 de la CGC.....</b>	<b>108</b>
Programmes/services, projets et activités scientifiques 2020-2021 de la CGC.....	109
Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada.....	109
Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles..	112
Priorité stratégique 3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada.....	137
Priorité stratégique 4 : Les géosciences pour la société.....	145
Priorité stratégique 5 : Nos gens, notre science.....	149
<b>Annexe 3 : Acronymes.....</b>	<b>155</b>
<b>Annexe 4 : Ressources.....</b>	<b>158</b>





# Liste des tableaux

---

<b>Tableau 1</b> : Équipe de gestion de la Commission géologique du Canada (en date du 31 mars 2021)....	15
<b>Tableau 2</b> : Structure de rapport sur les résultats et la livraison de la Commission géologique du Canada.....	20
<b>Tableau 3</b> : Programmes et initiatives de la Commission géologique du Canada.....	24
<b>Tableau 4</b> : Dépenses du budget 2020-2021 de la Commission géologique du Canada.....	94
<b>Tableau 5</b> : Activités scientifiques 2020-2021 du programme GEM-GéoNord.....	109
<b>Tableau 6</b> : Activités scientifiques 2020-2021 du programme UNCLOS.....	110
<b>Tableau 7</b> : Activités scientifiques 2020-2021 liées à C3D.....	111
<b>Tableau 8</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du programme de l'IGC.....	113
<b>Tableau 9</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGE.....	117
<b>Tableau 10</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGES.....	125
<b>Tableau 11</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGNSE.....	128
<b>Tableau 12</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGMPSM.....	133
<b>Tableau 13</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du SEIE.....	136
<b>Tableau 14</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGSP.....	138
<b>Tableau 15</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGCC.....	142
<b>Tableau 16</b> : Projets et activités 2020-2021 du RGO.....	145
<b>Tableau 17</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du RLS.....	149
<b>Tableau 18</b> : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du Secrétariat des relations avec les Autochtones.....	153

# Liste des figures

---

<b>Figure 1</b> : Personnel équivalent temps plein (ETP) de la CGC, 2020-21.....	17
<b>Figure 2</b> : C3D : Page d'accueil du portail Web C3D.....	31
<b>Figure 3</b> : Présentation de l'interface actuelle ayant trait à la compilation des cartes géologiques du substratum rocheux de l'Arctique canadien.....	31
<b>Figure 4</b> : C3D : Représentation d'un réseau de neurones graphique.....	32
<b>Figure 5</b> : Les quatre régions géographiques prioritaires de GEM-GéoNord.....	35
<b>Figure 6</b> : PGNSE : L'énergie nette (au sommet) et la température de sortie après un an de fonctionnement.....	39
<b>Figure 7</b> : PGNSE : Carte montrant le gradient géothermique dans le Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien.....	40
<b>Figure 8a</b> : PGNSE : Distribution de H <sub>2</sub> S dans la formation de Montney dans le bassin sédimentaire de l'Ouest canadien (BSOC).....	40
<b>Figure 8b</b> : PGNSE : Image en électrons rétrodiffusées obtenue par microscopie électronique à balayage d'une pyrite polycristalline provenant d'une analyse δ <sup>34</sup> S in situ.....	40
<b>Figure 9</b> : PGNSE : Graphiques montrant les « empreintes » des hydrocarbures.....	41
<b>Figure 10</b> : PGNSE : Système de production de ressources énergétiques hybrides.....	42
<b>Figure 11</b> : PGNSE : Températures après 30 ans pour un système de 10 puits latéraux.....	43
<b>Figure 12a</b> : PGNSE : Suintements froids.....	44
<b>Figure 12b</b> : PGNSE : Acquisition de données sur le fond marin.....	44
<b>Figure 12c</b> : PGNSE : Morphologie du fond marin et suintements froids à plus de 2 000 m.....	44
<b>Figure 13</b> : OCM : Évaluation qualitative des ressources en hydrocarbures conventionnels.....	45
<b>Figure 14a</b> : PGMPSM : Texture du plancher océanique dans la biorégion de la mer des Salish.....	47
<b>Figure 14b</b> : PGMPSM : Carte de la géologie des formations superficielles de la biorégion de la mer des Salish.....	47
<b>Figure 15</b> : PGMPSM : Zone d'étude et quelques exemples d'ensembles de données et de méthodologies pour l'évaluation de l'état des fonds marins sur le plateau nord-est de Terre-Neuve.....	48
<b>Figure 16</b> : PGMPSM : Cartes bathymétriques et coupe géologique transversale basée sur des données de puits près de l'île de Sable.....	49
<b>Figure 17</b> : PGMPSM : Distribution des données de sismique-réflexion marine.....	50
<b>Figure 18</b> : PGES : Page d'accueil du RIES.....	52
<b>Figure 19</b> : PGES : Équipement pour effectuer des tests hydrauliques à haute résolution dans les puits pour l'étalonnage de l'outil RMN.....	53
<b>Figure 20</b> : PGES : Opérations de forage avec un appareil portatif à double rotation.....	53
<b>Figure 21</b> : PGE : Des carottes de tourbe, des échantillons de végétation et des mesures de la profondeur de la nappe phréatique dans la région visée par l'entente avec les Gwich'in.....	54

<b>Figure 22</b> : PGE : Discrimination de l'eau des bassins de décantation des sables pétrolifères dans les environnements naturels.....	55
<b>Figure 23</b> : PGE : Différence entre le terme de correction observé et prédit en fonction de la distance pour les séismes dans le Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien.....	56
<b>Figure 24</b> : SEIE : Contribution de la CGC au SEIE – Exercice 2020-2021.....	57
<b>Figure 25</b> : IGC : Résultats du modèle de prospectivité pour les systèmes minéralisés magmatiques à sulfures de nickel (Ni) [+ cuivre (Cu) + cobalt (Co) + éléments du groupe du platine (ÉGP)].....	59
<b>Figure 26</b> : IGC : Géologues de la CGC, de la Commission géologique du Yukon et d'ATAC Resources sur le terrain au Yukon, axe aurifère de Nadaleen, centre du Yukon.....	60
<b>Figure 27</b> : IGC : Résumé des caractéristiques et des contrôles sédimentologiques et structuraux sur la distribution de l'or dans la ceinture de Rackla, centre du Yukon.....	60
<b>Figure 28</b> : IGC : Les éléments essentiels de l'économiquement important système minéralisé associé aux coulées de lave riches en magnésium de très haute température et à leur système volcanique de conduits nourriciers.....	61
<b>Figure 29</b> : IGC : Intégration des données géophysiques, géochimiques, isotopiques, thermodynamiques et structurales pour générer un modèle de système minéralisé pour les gisements d'uranium du corridor du lac Patterson récemment découverts, dans le sud-ouest du bassin d'Athabasca.....	62
<b>Figure 30</b> : IGC : Chalcopyrite et molybdénite dans la tonalite de la phase « Mine » à la mine Gibraltar, dans le centre sud de la Colombie-Britannique.....	63
<b>Figure 31</b> : IGC : Minéralisation supergène de cuivre natif, de chalcocite et d'hématite à la mine New Afton, dans le centre sud de la Colombie-Britannique.....	63
<b>Figure 32</b> : PGSCP : Un rail et son modèle de ligne de transmission.....	65
<b>Figure 33</b> : PGSCP : Niveaux de menace des volcans canadiens comparés à ceux des volcans des États-Unis.....	66
<b>Figure 34</b> : PGSCP : Composantes du modèle national d'exposition aux dangers naturels.....	67
<b>Figure 35</b> : PGSCP : Processus par lequel la charge verticale d'un iceberg sur le fond marin déclenche un glissement de terrain sous-marin.....	68
<b>Figure 36</b> : PGCC : Un technicien assemble les atterrisseurs du fond marin de la CGC.....	70
<b>Figure 37</b> : PGCC : Profondeur maximale des lacs déterminée pour une région de Kivalliq au Nunavut et évaluation du rendement du modèle.....	70
<b>Figure 38a</b> : PGCC : Atlas de la glace de sol du Canada.....	72
<b>Figure 38b</b> : PGCC : Carton montrant un site à Sachs Harbour, T. N.-O.....	72
<b>Figure 39a</b> : PGCC : Imagerie aérienne à basse altitude d'un bas marais naturel avec des battures rouges.....	73
<b>Figure 39b</b> : PGCC : Stations d'instruments et quadrats de végétation sur un site de la baie de Fundy.....	73
<b>Figure 39c</b> : PGCC : Brise-lames nouvellement construits à Metlakatla.....	73
<b>Figure 40</b> : PGCC : Projection du changement relatif du niveau de la mer en 2100 pour le scénario RCP 8.5 à fortes émissions (95e percentile).....	74
<b>Figure 41</b> : PGCC : Panaches d'eau de fonte produits en été par le glacier Sverdrup, calotte glaciaire Devon, Nunavut, dans le détroit de Jones.....	75
<b>Figure 42a</b> : PGCC : Image Landsat de la fin de l'été 2020 du glacier Peyto dans le parc national Banff utilisée pour cartographier l'altitude de la ligne d'équilibre.....	75
<b>Figure 42b</b> : PGCC : Station météorologique avec télémétrie dans la réserve de parc national Nahanni, Territoires du Nord-Ouest.....	75
<b>Figure 43a</b> : PGCC : Bassins versants dans les basses terres de la baie d'Hudson.....	76
<b>Figure 43b</b> : PGCC : Changement dynamique du taux de récession des eaux souterraines avec la température inférieure au point de congélation accumulée en hiver.....	76



<b>Figure 43c</b> : PGCC : Débit des eaux souterraines modélisé et comparaison avec les résultats du modèle de l'USGS pour le bassin versant de la rivière Albany.....	76
<b>Figure 44</b> : RGO : Boîtes à carottes marines.....	78
<b>Figure 45</b> : RGO : Boîte à carottes de roche.....	78
<b>Figure 46</b> : RGO : Palettes d'échantillons physiques.....	80
<b>Figure 47</b> : RGO : Boîtes d'échantillons.....	80
<b>Figure 48</b> : RRA : Le Réseau des relations avec les Autochtones.....	82
<b>Figure 49</b> : RLS : Préparation d'échantillons de sédimentologie dans la cuisine.....	86
<b>Figure 50</b> : RLS : Abritant le seul laboratoire SHRIMP au Canada, la CGC a travaillé avec l'Australie et les États-Unis pour développer et lancer un nouveau logiciel (SQUID-3) pour l'analyse des données isotopiques SHRIMP.....	87
<b>Figure 51</b> : RLS : Développement de l'analyse à flux divisé – analyse simultanée des isotopes de Hf et des éléments traces du zircon.....	88
<b>Figure 52</b> : Génération 8 : Depuis 1842, la CGC est un atout stratégique pour le Canada. La Commission a bien évolué depuis pour répondre aux politiques publiques et aux besoins en matière de géosciences, en transformant son savoir en décisions et en réalisations concrètes.....	90
<b>Figure 53</b> : Modèle logique pour la PS 1 : Profil d'information sur le rendement concernant les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada.....	98
<b>Figure 54</b> : PS 1 (Les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada). Résultat 1 (Disponibilité des données et des connaissances géoscientifiques).....	99
<b>Figure 55</b> : PS 1 (Les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada). Résultat 2 (Engagement et collaboration).....	100
<b>Figure 56</b> : Modèle logique pour la PS 2 : Profil d'information sur le rendement concernant les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles.....	102
<b>Figure 57</b> : PS 2 (Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles). Résultat 1 (Engagement et collaboration).....	103
<b>Figure 58</b> : PS 2 (Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles). Résultat 2 (Données et connaissances géoscientifiques).....	104
<b>Figure 59</b> : Modèle logique pour la PS 3 : Profil d'information sur le rendement concernant les géosciences pour assurer la sécurité du Canada.....	106
<b>Figure 60</b> : PS 3 (Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada). Résultat 1 (Produits de connaissances géoscientifiques sur aléas géologiques et les changements climatiques).....	107



# Aperçu du rapport

---

La Commission géologique du Canada (CGC) est l'organisme national d'information et de recherche publiques dans le domaine géoscientifique au Canada. Partie intégrante du Secteur des terres et des minéraux (STM) de Ressources naturelles Canada (RNC), la CGC a comme mission de produire de l'information géoscientifique de pointe qui fait autorité. Son expertise est axée sur la mise en valeur durable des ressources minérales, énergétiques et hydriques du Canada; l'intendance de l'environnement du Canada; la gestion des aléas naturels de caractère géologique et autres dangers connexes; et à la promotion de l'innovation technologique et au renforcement de la compétitivité des ressources géologiques du Canada.

Dans ce *Rapport sur les résultats et la livraison* annuel, vous trouverez des informations sur :

- le mandat, la mission et la structure organisationnelle de la CGC (page 13);
- les priorités stratégiques de la CGC et les programmes et services associés (page 20);
- les histoires de réussites des projets de chaque programme pour 2020-2021 (page 29).

La plupart des programmes scientifiques de la CGC contribuent à l'élaboration des politiques fédérales ou sont des instruments de politique du gouvernement fédéral. Les annexes de ce rapport comprennent des informations détaillées sur :

- la façon dont la CGC appuie les obligations ministérielles de RNC en matière de rapports par le biais de trois profils d'information sur le rendement (PIR) (page 96);
- les programmes, projets et activités scientifiques (page 108).

Grâce à la prestation de services géoscientifiques dirigés, la CGC continue de veiller à ce que les terres et les ressources naturelles extracôtières du Canada soient gérées de façon efficace et durable selon les meilleures connaissances scientifiques et contribuent à assurer la sécurité des Canadiens.

## Mandat de la CGC

La CGC est assujettie à plusieurs obligations en vertu de différentes lois fédérales. Le mandat de la CGC comprend les exigences prévues par la loi suivantes :

- Mener une étude exhaustive et scientifique de la structure géologique du Canada et de la minéralogie canadienne (*Loi sur les levés et l'inventaire des ressources naturelles*, 1985);
- S'efforcer de faire valoir l'utilisation et l'exploitation rationnelles des ressources naturelles du pays et la compétitivité du Canada dans le domaine des produits liés aux ressources naturelles. (*Loi sur le ministère des Ressources naturelles*, 1994);
- Soutenir le développement et la gestion durables des ressources naturelles du Canada (*Loi sur le ministère des Ressources naturelles*, 1994);
- Fournir des informations spécialisées à l'appui des évaluations environnementales fédérales (*Loi sur l'évaluation d'impact*, 2019)).

La CGC produit des connaissances et des outils géoscientifiques en appui à son mandat fédéral. En constante évolution, elle innove et s'adapte aux nouvelles avancées scientifiques et aux priorités fédérales changeantes. De plus, la CGC offre un soutien au ministre des Ressources naturelles, ainsi qu'à d'autres ministres, afin de les aider à atteindre les objectifs décrits dans leurs lettres de mandat, les priorités interministérielles horizontales, les processus internationaux et les engagements fédéraux en matière de géosciences.



Pour mieux servir les Canadiens et rendre ses géosciences plus facilement accessibles, la CGC a lancé un site [Web remanié](#) en 2021. En plus des informations sur les programmes de la CGC, selon les domaines thématiques/principaux, le site Web comprend des articles populaires, des ressources (outils, données, recherche) ainsi que des articles en vedette.

La CGC contribue directement aux quatre grandes priorités énoncées dans le discours du Trône de 2020 et dans l'Énoncé économique de l'automne 2020 :

- Protéger la santé publique (PGSP; PGCC);
- Assurer une reprise économique forte (GEM-GéoNord; IGC);
- Promouvoir un environnement plus propre (PGNSE; PGE; PGES; SEIE);
- Défendre l'équité et l'égalité (RRA; Génération 8).

**PGCC** – Programme Géosciences des changements climatiques

**SEIE** – Service d'évaluation d'impact environnemental

**PGE** – Programme Géosciences environnementales

**PGES** – Programme Géosciences des eaux souterraines

**GEM-GéoNord** – Géocartographie de l'énergie et des minéraux – GéoNord

**PGNES** – Programme Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie

**RRA** – Réseau des relations avec les Autochtones

**PGSP** – Programme Géosciences pour la sécurité publique

**IGC** – Initiative géoscientifique ciblée



Pour appuyer l'engagement du Canada envers la science ouverte, les géosciences de la CGC sont publiées dans la base de données [GÉOSCAN](#). GÉOSCAN comprend plus de 85 000 enregistrements (divers rapports, cartes, présentations et données), ainsi que des enregistrements sur des publications externes rédigées par des scientifiques et des spécialistes de RNCan.

## Mission de la CGC

La mission de la CGC consiste à fournir des connaissances géoscientifiques qui font autorité afin d'éclairer l'intendance des terres continentales et extracôtières du Canada, de soutenir la mise en valeur responsable des ressources pour les générations à

venir et de protéger les Canadiens contre les aléas naturels et les risques qui s'y rattachent.

## Structure organisationnelle de la CGC

La CGC est gérée par un directeur général qui exerce un leadership global sur tous les dossiers de l'organisation. Six divisions régionales se partagent des responsabilités à l'échelle du Canada en ce qui concerne la prestation des programmes et la liaison avec les provinces et les territoires. Le CGC dispose également d'un bureau dirigé par un directeur dont la mission est d'aider le Canada à respecter ses engagements en vertu de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS).



**Tableau 1: Équipe de gestion de la Commission géologique du Canada (en date du 31 mars 2021).**

<b>DIRECTEUR GÉNÉRAL : DANIEL LABEL</b>				
<b>Division de la CGC</b>	<b>Directeur</b>	<b>Dossiers de programme / service</b>	<b>Liaison provinciale / territoriale</b>	<b>Liaison internationale</b>
<p><b>Division du Pacifique :</b></p> <p>9860 West Saanich Road Sidney BC V8L 4B2</p> <p>1500–605 Robson Street Vancouver BC V6B 5J3</p>	<p>Sonia Talwar</p> <p><a href="mailto:Sonia.Talwar@nrcan-rncan.gc.ca">Sonia.Talwar@nrcan-rncan.gc.ca</a></p>	<p>Géosciences pour la sécurité publique</p>	<p>Colombie-Britannique</p>	<p>Asie, Amérique latine</p>
<p><b>Division de Calgary :</b></p> <p>3303 33 Street NW Calgary AB T2L 2A7</p>	<p>Sonya Dehler</p> <p><a href="mailto:Sonya.Dehler@nrcan-rncan.gc.ca">Sonya.Dehler@nrcan-rncan.gc.ca</a></p>	<p>Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie; Objectifs de conservation marine</p>	<p>Alberta, Saskatchewan</p>	<p>Inde, Russie</p>
<p><b>Division du Nord du Canada :</b></p> <p>601, rue Booth Ottawa ON K1A 0E8</p> <p>Bureau géoscientifique Canada-Nunavut 1106 Ikaluktuutiak Drive Iqaluit NU X0A 0H0</p>	<p>Linda Richard</p> <p><a href="mailto:Linda.Richard@nrcan-rncan.gc.ca">Linda.Richard@nrcan-rncan.gc.ca</a></p>	<p>Géocartographie de l'énergie et des minéraux; Service d'évaluation d'impact</p>	<p>Nunavut, Territoires du Nord-Ouest, Yukon</p>	<p>Afrique</p>

**DIRECTEUR GÉNÉRAL : DANIEL LABEL**

<b>Division de la CGC</b>	<b>Directeur</b>	<b>Dossiers de programme / service</b>	<b>Liaison provinciale / territoriale</b>	<b>Liaison internationale</b>
<b>Division du Centre du Canada :</b>  601, rue Booth Ottawa ON K1A 0E8	Geneviève Marquis  <a href="mailto:Genevieve.Marquis@nrcan-rncan.gc.ca">Genevieve.Marquis@nrcan-rncan.gc.ca</a>	Initiative géoscientifique ciblée; Géosciences ouvertes; Canada en 3D	Ontario, Manitoba	Australie, États-Unis, Chine
<b>Division de Québec :</b>  490, rue de la Couronne Québec QC G1K 9A9	Réjean Couture  <a href="mailto:Rejean.Couture@nrcan-rncan.gc.ca">Rejean.Couture@nrcan-rncan.gc.ca</a>	Géosciences des eaux souterraines; Géosciences environnementales	Québec, Nouveau-Brunswick	Europe
<b>Division de l'Atlantique :</b>  1 Challenger Drive Dartmouth NS B2Y 4A2	Stephen Locke  <a href="mailto:Stephen.Locke@nrcan-rncan.gc.ca">Stephen.Locke@nrcan-rncan.gc.ca</a>	Géosciences des changements climatiques; Géosciences marines pour la planification spatiale marine	Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard, Terre-Neuve-et-Labrador	Initiatives océaniques, Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)
<b>Convention des Nations Unies sur le droit de la mer :</b>  1 Challenger Drive Dartmouth NS B2Y 4A2	Mary-Lynn Dickson  <a href="mailto:Mary-Lynn.Dickson@nrcan-rncan.gc.ca">Mary-Lynn.Dickson@nrcan-rncan.gc.ca</a>	Programme de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS)		Pays de l'A5 : Danemark, Norvège, Russie et États-Unis; Comité directeur de l'initiative de cartographie du fond des Grands Lacs des É.-U.; Initiative GEBCO-Seabed 2030

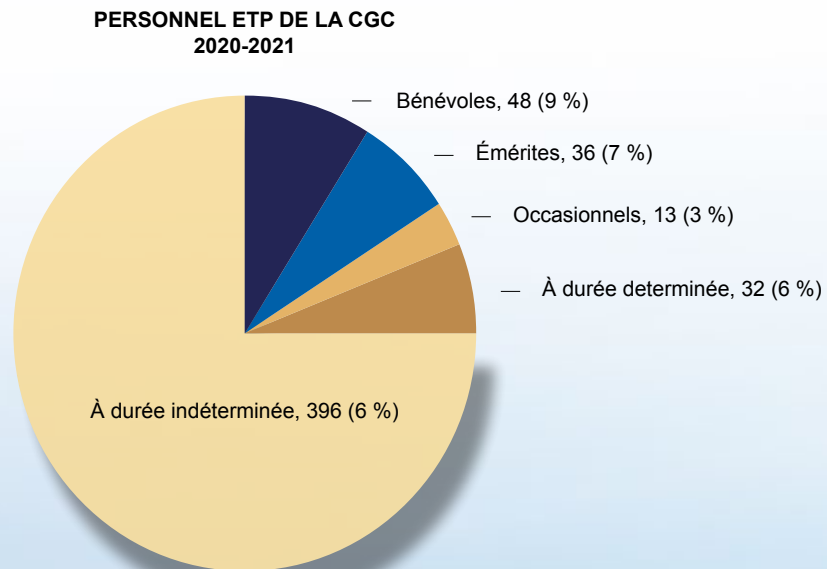


## Personnel de la CGC

La CGC s'engage à développer et à maintenir une main-d'œuvre résiliente, très performante et diversifiée et s'engage à mettre en œuvre les objectifs et les cibles d'équité en matière d'emploi du gouvernement du Canada. En 2020-2021, la CGC a employé 474 personnes à travers le Canada, dans le cadre de divers postes à temps partiel et à temps plein. En plus des employés permanents et contractuels, la CGC emploie également des étudiants dans le cadre d'une approche ciblée visant à former du personnel hautement qualifié. En outre, la CGC a l'honneur d'accueillir 35 scientifiques émérites – d'anciens

scientifiques de la CGC qui, entre autres, continuent d'encadrer des scientifiques de la CGC et de terminer des travaux qu'ils ont commencés lorsqu'ils étaient eux-mêmes des scientifiques de la CGC – ainsi que 48 bénévoles qui apportent des contributions variées pour soutenir l'organisation.

**Figure 1 :** *Personnel équivalent temps plein (ETP) de la CGC, 2020-21*



# Résultats et livraison

---

## Structure de rapport de la CGC au sein du gouvernement du Canada

La politique du gouvernement du Canada en matière de résultats énonce les exigences fondamentales de la responsabilisation des ministères fédéraux canadiens. Elle souligne l'importance des résultats et garantit l'ouverture et la transparence des rapports publics.

En vertu de la Politique sur les résultats, chaque ministère du gouvernement du Canada élabore un cadre ministériel des résultats (CMR) qui définit les principaux domaines de responsabilité. Les [rapports sur les résultats ministériels](#) sont des comptes rendus des ministères et organismes sur les résultats obtenus par rapport aux attentes en matière de rendement prévues, telles qu'elles sont énoncées dans les [plans ministériels](#) respectifs. Les trois principaux domaines de responsabilité de RNCan sont les suivants :

- Science des ressources naturelles et atténuation des risques;
- Valorisation novatrice et durable des ressources naturelles;
- Secteurs des ressources naturelles concurrentiels à l'échelle mondiale.

La CGC appuie la priorité de RNCan « [Science des ressources naturelles et atténuation des risques](#) » et fait rapport à ce sujet dans les profils d'information sur le rendement (PIR) de RNCan; plus précisément, la CGC rend compte des domaines suivants dans le cadre de cette priorité :

1. Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada;
2. Les géosciences pour le développement durable;
3. Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada.

La contribution de la CGC aux résultats et aux processus de livraison de Ressources naturelles Canada (RNCan) se trouve aux annexes I et II, comme suit :

Annexe I :

- [Cadre ministériel des résultats \(CRM\)](#);
- [Profils d'information sur le rendement \(PIR\)](#)

Annexe II :

- [Programmes/services et activités scientifiques de la CGC.](#)

Obtenez plus d'information sur les résultats, les ressources financières et humaines relatives au [plan ministériel 2019-2020](#).





## Priorités stratégiques de la CGC

Pour répondre aux exigences de ses rapports ministériels et orienter ses programmes et services, la CGC élabore un plan stratégique tous les cinq ans. Le plus récent [plan stratégique](#) énonce cinq priorités stratégiques pour la période 2018-2023, en plus de présenter les initiatives connexes qui favoriseront la mise en œuvre de ces priorités.

Les priorités stratégiques de la CGC pour 2018-2023 sont les suivantes :

1. Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada
2. Les géosciences pour le développement durable
3. Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada
4. Les géosciences pour la société
5. Nos gens, notre science

Les priorités 1, 2 et 3 sont liées aux principales contributions scientifiques se rattachant aux priorités stratégiques de Ressources naturelles Canada. Elles sont axées sur la production de nouvelles connaissances géoscientifiques et cadrent avec les priorités du CMR et des PIR du STM. Par ailleurs, les priorités 4 et 5 décrivent des objectifs organisationnels et opérationnels qui favorisent le maintien des capacités et la création d'un milieu de travail sain, des conditions essentielles à l'accomplissement d'un travail efficace et pertinent. Le tableau ci-dessous illustre les liens et l'harmonisation.

**Tableau 2 : Structure de rapport sur les résultats et la livraison de la Commission géologique du Canada.**

Responsabilité essentielle du CMR de RNCan	Programme du CMR de RNCan, PIR du STM et priorité stratégique (PS) de la CGC	Projet du PIR du STM	Programme / service scientifique de la CGC
Science des ressources naturelles et atténuation des risques	PS-1 : Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada	Géocartographie de l'énergie et des minéraux  Programme du plateau continental étendu du Canada	Géocartographie de l'énergie et des minéraux-GéoNord (GEM-GéoNord)  Programme de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS)  Canada en 3D (C3D)



Responsabilité essentielle du CMR de RNCan	Programme du CMR de RNCan, PIR du STM et priorité stratégique (PS) de la CGC	Projet du PIR du STM	Programme / service scientifique de la CGC
	PS-2 : Les géosciences pour le développement durable	<p>Études et évaluations environnementales</p> <p>Géosciences des eaux souterraines</p> <p>Initiative géoscientifique ciblée</p> <p>Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie</p>	<p>Service d'évaluation d'impact environnemental (SEIE)</p> <p>Programme Géosciences environnementales (PGE)</p> <p>Programme Géosciences des eaux souterraines (PGES)</p> <p>Initiative géoscientifique ciblée (IGC)</p> <p>Programme Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie (PGNSE)</p> <p>Programme Objectifs de conservation marine (OCM)</p> <p>Programme Géosciences marines pour la planification spatiale marine (PGMPSM)</p>
	PS-3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada	Géorisques et sécurité publique	<p>Programme Géosciences pour la sécurité publique (PGSP)</p> <p>Programme Géosciences des changements climatiques (PGCC)</p>

Responsabilité essentielle du CMR de RNCan	Programme du CMR de RNCan, PIR du STM et priorité stratégique (PS) de la CGC	Projet du PIR du STM	Programme / service scientifique de la CGC
s.o.	PS-4 : Les géosciences pour la société  *(Ne fait pas partie du CMR ni des PIR)		Réseau des géosciences ouvertes (RGO)  Réseau des relations avec les Autochtones (RRA)
	PS-5 : Nos gens, notre science  *(Ne fait pas partie du CMR ni des PIR)		Réseau de laboratoires scientifiques (RLS)  TerraCanada  Stratégie géoscientifique pancanadienne

Obtenez plus d'information sur les [Rapports sur les résultats ministériels](#).

## Programmes et initiatives scientifiques de la CGC

La CGC élabore des produits scientifiques et technologiques ainsi que d'autres outils d'information géoscientifique afin de soutenir les politiques gouvernementales, les décisions en matière de réglementation et la mise en œuvre des politiques. À l'instar d'autres instruments de politique, les S-T sont utilisées à des fins qui sont aussi variées que les politiques elles-mêmes. Ainsi, au fil des ans, les contributions scientifiques et technologiques de la CGC ont servi à :

- soutenir le développement économique;
- soutenir l'établissement de règlements et de politiques;
- démontrer la conformité à des accords internationaux;
- élaborer des normes nationales et internationales;
- offrir des produits et des services qui servent l'intérêt public;
- soutenir des initiatives de santé et de bien-être publics pour la sécurité civile et nationale, et favoriser la protection de l'environnement;
- produire des connaissances et des technologies visant à anticiper les priorités nationales et à leur donner suite rapidement;
- soutenir la diplomatie nationale et internationale;
- affirmer la souveraineté nationale;
- soutenir le renforcement de la nation;
- répondre à des obligations nationales et internationales;
- encourager les changements de comportement;
- assurer que les politiques internationales soient fondées sur des principes scientifiques

La CGC réalise ses activités de S-T en collaborant notamment avec des chercheurs canadiens et étrangers. Par exemple, au cours des cinq dernières années, les scientifiques de la CGC ont publié des articles évalués par des pairs en collaboration avec des coauteurs provenant de plus de 110 pays différents.

L'information scientifique produite par la CGC est publique et diffusée par l'entremise de [GÉOSCAN](#), une base de données bibliographiques du gouvernement du Canada, et de divers médias sociaux.

La CGC met en œuvre ses activités scientifiques par le biais de programmes/initiatives qui se traduisent en projets et activités (tableau 5; annexe II) :

**Tableau 3 : Programmes et initiatives de la Commission géologique du Canada.**

PROGRAMME / INITIATIVE	OBJECTIFS
<b>Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada</b>	
Canada en 3D (C3D)	Élaborer une compilation nationale de la géologie de surface et souterraine des matériaux superficiels, du substratum rocheux et du manteau du Canada afin de mieux comprendre les structures géologiques et les processus dynamiques sous le territoire canadien.
Géocartographie de l'énergie et des minéraux- GéoNord (GEM-GéoNord)	Produire et fournir de nouvelles données, connaissances et cartes géoscientifiques publiques pour le nord du Canada, en se concentrant sur les zones où le développement économique et/ ou d'infrastructures est susceptible de profiter aux communautés du Nord, et intégrer davantage de recherches complémentaires sur les changements climatiques dans les études afin d'améliorer notre compréhension de l'évolution rapide des environnements, des paysages et des zones côtières du Nord, et de la manière d'atténuer ces changements.
Programme de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS)	Respecter l'obligation du gouvernement du Canada, en tant que signataire de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS), de définir son plateau continental au-delà de 200 milles marins à l'aide de données scientifiques solides.



PROGRAMME / INITIATIVE	OBJECTIFS
<b>Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles</b>	
Programme Géosciences environnementales (PGE)	Distinguer les effets environnementaux de la mise en valeur des ressources naturelles de ceux produits par les processus naturels, et élaborer de nouvelles approches pour soutenir l'utilisation et le développement durables des ressources naturelles du Canada par une prise de décision éclairée.
Service d'évaluation d'impact environnemental (SEIE)	Évaluer l'information géoscientifique dans les études d'impact environnemental (EIE), gérer la coordination des examens fédéraux d'évaluation environnementale (EE) qui nécessitent une expertise géoscientifique, assurer la prestation efficace et en temps opportun d'information et de conseils géoscientifiques conformément aux obligations du Ministère prévues par la loi.
Programme Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie (PGNSE)	Appuyer les stratégies de transition vers une économie future sobre en carbone par la recherche et le développement de géosciences sur les énergies propres et la promotion de ressources énergétiques non polluantes et à faibles émissions en recourant aux progrès relatifs à la compréhension fondamentale du sous-sol des masses continentales du Canada.
Programme Géosciences des eaux souterraines (PGES)	Mieux comprendre la distribution, la quantité et la dynamique de l'écoulement des eaux souterraines dans les modèles intégrés de l'eau pour une gestion durable de l'eau et la mise en valeur des ressources naturelles.
Programme Objectifs de conservation marine (OCM)	Fournir des évaluations des ressources pour les zones extracôtières et côtières faisant l'objet de mesures de conservation à l'appui de la Stratégie de conservation marine (SCM). Le programme OCM a reçu l'approbation du Conseil du Trésor du Canada pour une prochaine phase de financement en septembre 2021.

PROGRAMME / INITIATIVE	OBJECTIFS
<b>Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles</b>	
Programme Géosciences marines pour la planification spatiale marine (PGMPSM)	Élaborer de nouvelles cartes et analyses de la géologie des fonds marins et des processus actifs sur ceux-ci afin d'étayer les décisions fondées sur des données probantes concernant l'aménagement de l'espace marin et les évaluations environnementales régionales, ainsi que les évaluations des effets cumulatifs.
Initiative géoscientifique ciblée (IGC)	Fournir des géosciences publiques novatrices pour aider l'industrie de l'exploration minérale à identifier et à mettre en valeur les gîtes minéraux dans les régions minières émergentes et existantes de tout le pays, renforçant ainsi la réputation du Canada comme destination pour les investissements en exploration. En se concentrant sur les systèmes minéralisés importants et sur des méthodes d'analyse, de laboratoire et de prospection améliorées, l'IGC améliore l'efficacité de l'exploration minérale grâce à de la modélisation géologique de nouvelle génération, ainsi qu'à des outils de pointe, des techniques novatrices et des modèles prédictifs.
<b>Priorité stratégique 3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada</b>	
Programme Géosciences des changements climatiques (PGCC)	Mieux comprendre les impacts des changements climatiques au Canada en fournissant de l'information et des données de pointe pour améliorer notre compréhension de la façon dont la masse continentale du Canada est affectée par les changements climatiques afin de soutenir la planification de l'utilisation des terres et le développement des infrastructures et d'aider l'industrie et les collectivités à risque à s'adapter.
Programme Géosciences pour la sécurité publique (PGSP)	Développer des connaissances et des outils nouveaux et novateurs pour soutenir la gestion des urgences, le développement, la planification et les décisions réglementaires qui augmentent la résilience et diminuent les risques afin de protéger les Canadiens contre les tremblements de terre, les glissements de terrain terrestres et sous-marins, les volcans, les tsunamis, les inondations côtières et la météorologie spatiale.

PROGRAMME / INITIATIVE	OBJECTIFS
<b>Priorité stratégique 4 : Les géosciences pour la société</b>	
Réseau des géosciences ouvertes	Rendre les résultats géoscientifiques facilement et aisément accessibles aux Canadiens avec un minimum de restrictions grâce à cinq pôles : pôle du libre accès et de la mobilisation du public; pôle des systèmes d'information et des données; pôle de la technologie de l'information; pôle des collections; pôle de la gouvernance et de la collaboration.
Réseau des relations avec les Autochtones	Travailler avec les communautés autochtones afin d'accroître notre compréhension commune des géosciences, notamment par l'entremise des organismes consultatifs, des organisations de chasseurs et de trappeurs et des conseils de gestion du gibier, ainsi que des aînés et autres détenteurs de savoir. La CGC accroît et renforce sa capacité interne en matière de relations avec les Autochtones et élabore des méthodes éthiques et respectueuses pour développer conjointement des projets avec les communautés autochtones.
<b>Priorité stratégique 5 : Nos gens, notre science</b>	
Génération 8	<p>S'assurer que la science de la CGC demeure pertinente et a un impact grâce à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une pertinence et un impact accrus sur les politiques en matière de sciences;</li> <li>• des partenariats/collaborations stratégiques;</li> <li>• des besoins ciblés des utilisateurs;</li> <li>• un personnel habilité (innovation, développement et renouvellement);</li> <li>• de nouvelles approches, méthodes et idées;</li> <li>• des systèmes et infrastructures efficaces et efficaces;</li> <li>• l'amélioration des communications internes et externes.</li> </ul>
Stratégie géoscientifique pancanadienne	Travailler en collaboration avec les différentes administrations sur des priorités communes afin de fournir de l'information géoscientifique qui soutient la mise en valeur responsable des ressources géologiques du Canada et sert le bien public.

PROGRAMME / INITIATIVE	OBJECTIFS
<b>Priorité stratégique 5 : Nos gens, notre science</b>	
Réseau de laboratoires scientifiques	Fournir un leadership innovant en matière de recherche en laboratoire ainsi que des analyses et des interprétations de pointe pour tous les programmes de la CGC, en augmentant l'efficacité, la connectivité et l'efficience des laboratoires de la CGC. Le Réseau de laboratoires scientifiques (RLS) est composé de cinq groupes de laboratoires fonctionnels et horizontaux répartis dans les six divisions de la CGC.
TerraCanada	Fournir de nouveaux bâtiments et de nouvelles infrastructures de laboratoire par l'entremise du groupe de science et d'innovation TerraCanada afin de réunir cinq partenaires fédéraux (dont la CGC et RNCan), dont les mandats sont complémentaires, pour expérimenter, découvrir et développer conjointement des connaissances et des solutions scientifiques.





# Histoires de réussite de la CGC en matière de sciences et technologie

---

Les histoires de réussite scientifique et technologique décrites ci-après se sont produites en 2019-2020. Elles correspondent aux priorités stratégiques de la CGC ([annexe I](#)) et illustrent, à certains égards, la contribution scientifique et technologique que la CGC apporte aux objectifs du gouvernement du Canada en matière de politiques. [L'Annexe II](#) offre un aperçu de haut niveau des programmes/initiatives de la CGC.

## Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada

Trois programmes de S-T de la CGC sont visés par la priorité stratégique 1 :

- Géocartographie de l'énergie et des minéraux-GéoNord (GEM-GéoNord);
- Programme de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS); et
- Canada en 3D.

### Canada en 3D (C3D)

#### *Description du programme*

Les connaissances géoscientifiques de base sont essentielles à la gestion d'ensemble de la masse continentale du Canada et à la prise de décisions liées à la mise en valeur des ressources naturelles. Les scientifiques du programme Le Canada en 3D (C3D) travaillent à l'élaboration d'une compilation nationale en surface et en profondeur de la géologie des formations superficielles, du substratum rocheux et du manteau du Canada afin de mieux comprendre les structures géologiques et les processus dynamiques sous le territoire canadien. C3D est le fruit d'une collaboration entre les services géologiques fédéral, provinciaux et territoriaux du Canada, sous les auspices du Comité national des commissions géologiques (CNCG). Pour produire cette compilation, les scientifiques de la CGC collaborent avec des partenaires nationaux et internationaux sur la prochaine génération d'outils de modélisation géologique 3D et sur de nouvelles approches de visualisation des données. La CGC fait également en sorte que C3D puisse être consulté publiquement en ligne, et disponible gratuitement et librement pour le téléchargement. C3D crée ainsi une synthèse de la géologie du Canada et sert de passerelle en ligne pour son accès et son utilisation.

**Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :**

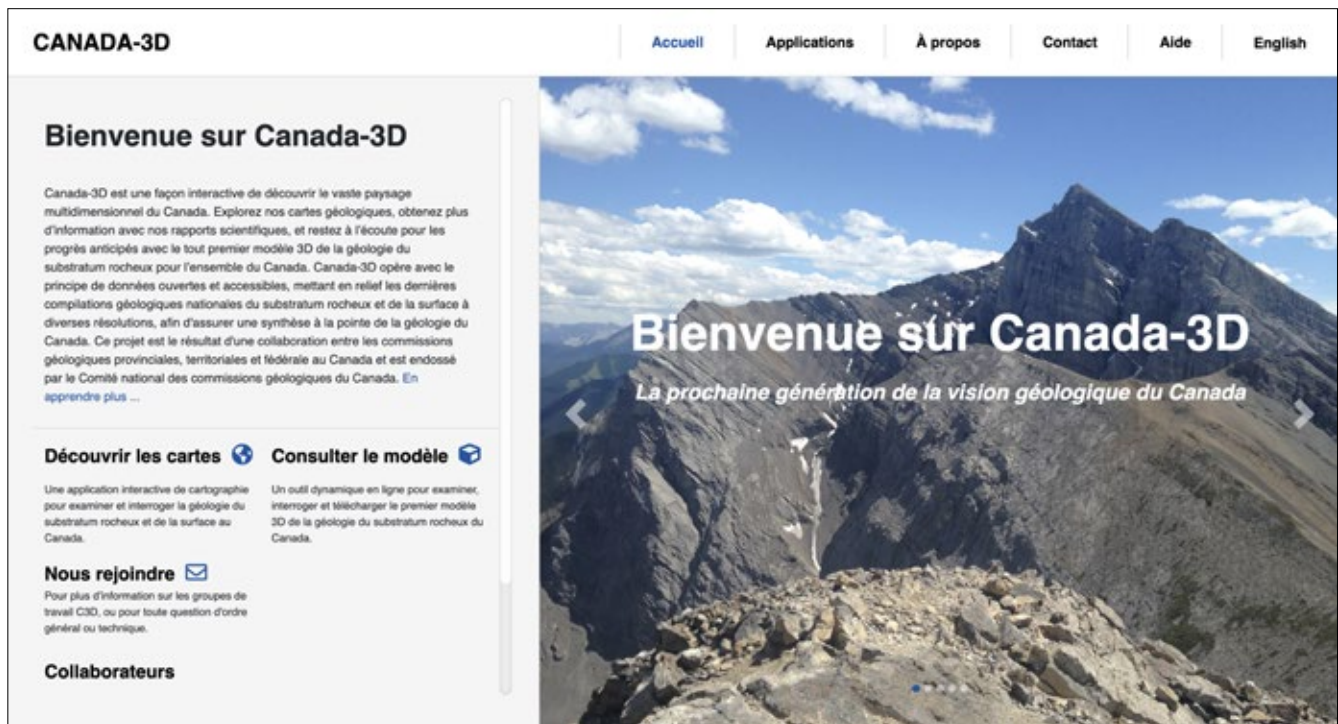
#### *Réingénierie du portail Web Canada-3D*

Avec la transition vers l'environnement de l'informatique en nuage, le [portail Web de C3D](#) a subi un remaniement important en 2020-2021. Le lancement du portail se fera par étapes en 2021-2022, en collaboration avec les partenaires provinciaux et territoriaux.

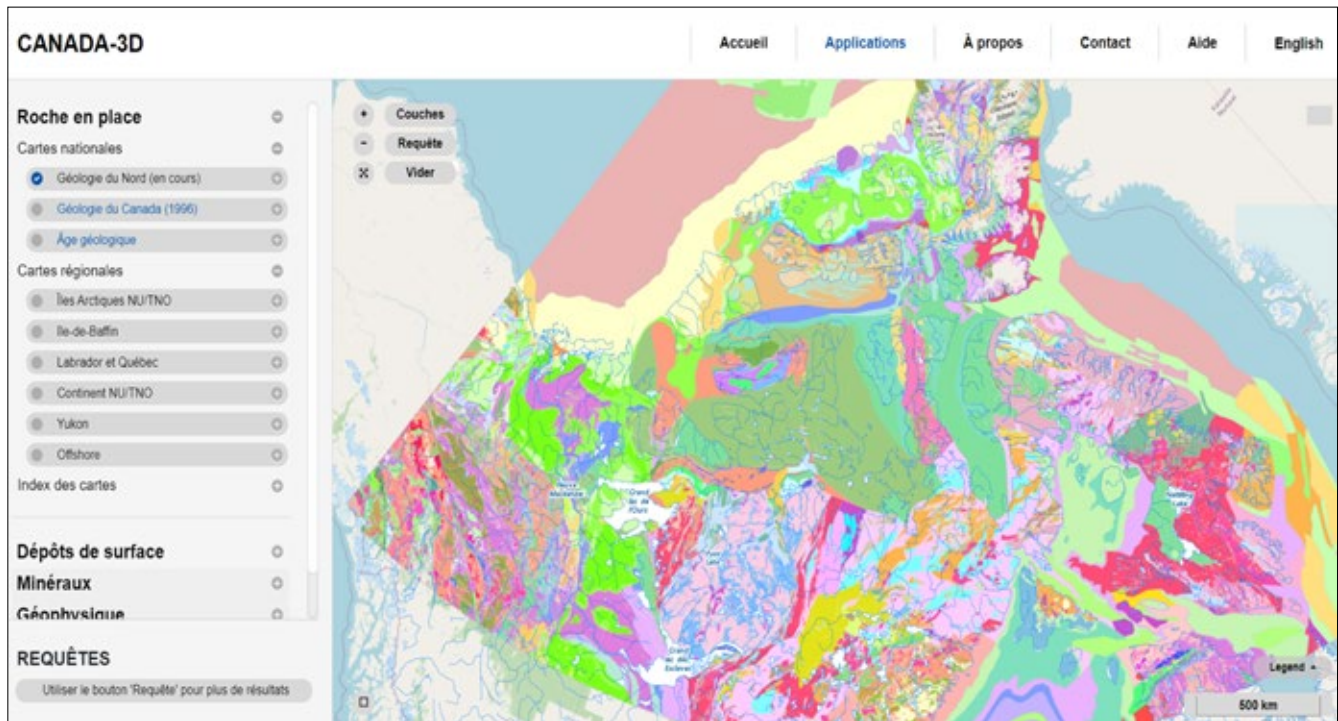
#### *Achèvement des nouvelles cartes en ligne de la géologie du substratum rocheux et des formations superficielles du Nord*

Les experts de la CGC ont compilé plus de 200 cartes de la géologie du substratum rocheux et des formations superficielles pour créer une nouvelle synthèse de la géologie du Nord sur la plateforme interactive en ligne. Ce travail a combiné des méthodes scientifiques et techniques avancées afin de générer une compréhension scientifique uniforme, ainsi qu'une base de données homogène et bien décrite de la géologie du Nord. En tant qu'application évolutive, la synthèse sera continuellement mise à jour avec les nouvelles données cartographiques de la CGC et de ses homologues provinciaux et territoriaux.

**Figure 2 :** Page d'accueil du portail Web C3D qui offre un point d'entrée à la fourniture de cartes interactives et à du contenu bibliographique hyperlié.



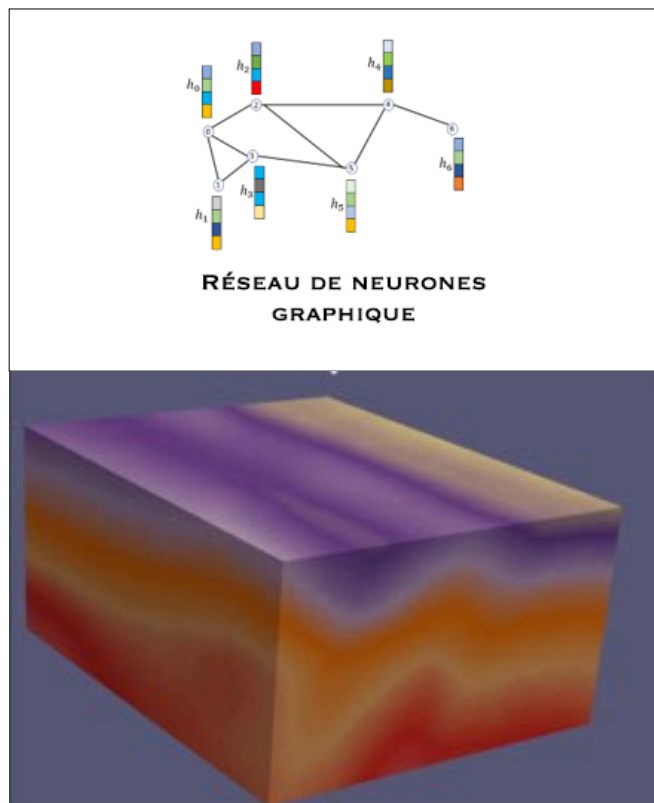
**Figure 3 :** Présentation de l'interface actuelle ayant trait à la compilation des cartes géologiques du substratum rocheux de l'Arctique canadien.



### Faire progresser les méthodes 3D

En plus des représentations cartographiques de la géologie du Canada, les scientifiques de la CGC travaillent à l'élaboration d'un modèle national en 3D du sous-sol afin de représenter la distribution spatiale et temporelle la plus récente de la géologie du pays. Pour ce faire, les scientifiques de la CGC mettent au point des méthodes avancées d'IA (réseau de neurones graphique) pour la modélisation 3D afin d'aider à remplir les zones où les données sont rares avec les riches connaissances trouvées dans les cartes, les rapports et d'autres sources. Ces méthodes seront essentielles pour surmonter les obstacles importants à la modélisation et à la visualisation des quantités massives de données géologiques disponibles pour un pays de la taille du Canada.

**Figure 4 :** Représentation d'un réseau de neurones graphique.



### Mise à jour du modèle régional 3D du sud de l'Ontario

Les scientifiques de la CGC du programme Géosciences des eaux souterraines (PGES) et l'équipe C3D ont collaboré à l'élaboration d'un modèle 3D du sud de l'Ontario couvrant 110 000 kilomètres carrés. Le modèle englobe à la fois la géologie phanérozoïque et supporte un modèle des eaux souterraines et des eaux de surface entièrement couplé.

L'élaboration de ce modèle plus sophistiqué a permis d'obtenir un financement de 500 000 \$ de la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) pour le projet C3D, dans le but d'appuyer un contexte impartial à l'échelle régionale pour des activités plus adaptées à un site et pour la communication publique.

### Partage des connaissances en modélisation 3D à travers le monde

Les membres de l'équipe C3D ont partagé les résultats de leurs travaux dans de nombreux forums au cours de la dernière année. Il s'agit notamment de conférences internationales qui ont eu lieu au Canada, aux États-Unis, en Europe et en Australie. Les scientifiques de la CGC ont organisé et présenté des webinaires internationaux pour la communauté géoscientifique mondiale. La publication des résultats de recherche, ainsi que de données et de développement de modèles, ont été réalisés par le biais d'articles de revues évalués par des pairs et de rapports de dossiers publics de la CGC. Le travail de C3D a contribué à l'avancement de normes internationales de données et d'ontologies, plaçant la CGC dans une position d'influence et assurant que nos intérêts soient bien représentés au niveau mondial.



### Quelles perspectives pour C3D?

Au cours de l'année à venir, C3D poursuivra ses efforts de recherche sur le développement de méthodes et de modèles 3D et déploiera ces méthodes pour faire progresser le premier modèle géologique 3D complet du sous-sol canadien, en mettant l'accent sur un modèle géologique intégré des Prairies.

C3D continuera également à héberger en ligne la synthèse du programme Géocartographie de l'énergie et des minéraux, et augmentera le contenu de ce programme disponible sur le portail. Cette synthèse constitue un compendium de toutes les données et informations géoscientifiques recueillies au cours du programme et présente une description cohérente de la géologie du Nord canadien. La synthèse est organisée en « Bulletins de la CGC », qui comprennent des rapports sur la géologie du substratum rocheux et des formations superficielles.



## Géocartographie de l'énergie et des minéraux-GéoNord (GEM-GéoNord)

En septembre 2020, le programme Géocartographie de l'énergie et des minéraux (GEM) a été renouvelé pour un montant de 100 millions de dollars sur 7 ans (2020-2027). GEM-GéoNord produira et fournira de nouvelles données, connaissances et cartes géoscientifiques publiques pour le nord du Canada, en se concentrant sur les zones où le développement économique et/ou d'infrastructures est susceptible de bénéficier aux collectivités du Nord. Cette recherche nationale, multidisciplinaire et collaborative contribuera à éclairer les décisions relatives à l'utilisation des terres, à l'exploration des ressources géologiques et minérales et aux évaluations environnementales. Le résultat final souhaité de GEM-GéoNord est l'attrait que représente le Nord canadien pour le développement économique des ressources minérales dans un contexte de changements climatiques.

De plus, les scientifiques de GEM-GéoNord intégreront davantage de recherches complémentaires sur les changements climatiques dans leurs études, ce qui améliorera notre compréhension de l'évolution rapide des environnements, des paysages et des zones côtières dans le Nord, et de la façon d'atténuer ces changements. Cette recherche complémentaire sur les changements climatiques tiendra compte des infrastructures existantes et futures liées à la mise en valeur des ressources minérales, ainsi que des projets connexes. Depuis l'automne 2020, GEM-GéoNord élabore ses priorités de recherche en collaboration avec les provinces et territoires et les organismes autochtones de gouvernance (OAG). Représentant une première pour la Commission géologique du Canada de RNCAN, cette approche formelle de collaboration répond aux commentaires reçus des gouvernements, organisations et institutions nordiques et autochtones concernant les premières versions du programme GEM.

## Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :

### *L'élaboration conjointe des priorités de recherche avec les territoires de compétence et les groupes autochtones*

S'appuyant sur les solides relations établies au cours de ses 12 dernières années de recherche géoscientifique, GEM-GéoNord collabore activement avec dix provinces et territoires (PT), ainsi qu'avec 60 gouvernements autochtones (GA) et organisations autochtones (OA), afin de créer un nouveau processus formel d'élaboration conjointe des priorités de recherche. L'approche d'élaboration conjointe du programme comporte plusieurs étapes et est itérative :

- 1. Création d'un cadre de travail :** GEM-GéoNord et les directeurs des services géologiques provinciaux et territoriaux se rencontrent régulièrement pour créer une approche collaborative et transparente en matière de codéveloppement.
- 2. Détermination des priorités de recherche :** En 2020, GEM-GéoNord a organisé une série d'ateliers régionaux avec des scientifiques fédéraux, provinciaux et territoriaux afin de déterminer un premier ensemble de priorités géographiques et thématiques provisoires. Par conséquent, GEM-GéoNord a divisé le Nord canadien en quatre régions géographiques prioritaires (Ouest, Centrale, ouest de la baie d'Hudson et Est), auxquelles s'ajoutent des priorités thématiques (voir la figure 5). Ces priorités ont orienté la première série d'activités de recherche internes (étape 3) et continuent de guider le dialogue avec les GA et les OA (étape 4).



**Figure 5 :** Les quatre régions géographiques prioritaires de GEM-GéoNord.



3. **Établissement des premières activités de recherche :** RNCa a lancé un premier appel de propositions à l'hiver 2021, ouvert à tous les scientifiques de RNCa, afin de déterminer une première série d'activités de recherche qui sont transitoires/essentielles pour le programme et qui s'alignent sur les priorités provisoires définies en collaboration avec les provinces et territoires (étape 2). Cet appel de propositions initial a donné lieu à 64 propositions provenant de quatre secteurs de RNCa. Trente-six propositions ont été approuvées pour un financement pour l'exercice 2021-2022. D'autres appels de propositions suivront au fur et à mesure que le dialogue sur l'établissement des priorités avec les GA et les OA se poursuivra.
4. **Dialogue avec les GA et les OA :** Les praticiens de GEM-GéoNord et de la mobilisation des Autochtones des provinces et territoires ont identifié des GA et des OA pour collaborer à l'établissement des priorités provisoires. Ce dialogue visera à inclure les points de vue et les priorités des OAG intéressés et à maximiser les avantages pour les résidents du Nord dans le cadre du mandat de GEM-GéoNord, et à établir une relation de collaboration fructueuse qui pourra se poursuivre tout au long du cycle de vie du programme.

5. **Ajouter des domaines de collaboration et de recherche :** GEM-GéoNord et les provinces et territoires ont convenu de poursuivre leur dialogue de collaboration sur l'établissement des priorités. Les nouvelles ébauches de priorités seront incluses dans le dialogue avec les GA et les OA et dans les futurs appels de propositions.
6. **Poursuite du dialogue :** Cette nouvelle approche avec les provinces et territoires, les GA et les OA, ainsi que son évaluation régulière, se poursuivront pendant toute la durée de GEM-GéoNord et pourront éclairer la conception des programmes futurs.

Cette approche collaborative et itérative a déjà été saluée par les provinces et les territoires pour son ouverture et sa transparence dans le processus d'établissement des priorités.

### **Réunir 400 géoscientifiques**

En octobre 2020, les scientifiques de la CGC ont organisé l'atelier « Cordillères Geoscience : A 2020 Perspective » en collaboration avec la Commission géologique de la Colombie-Britannique, la Commission géologique du Yukon et Affaires mondiales Canada. Cet événement virtuel était consacré aux dernières recherches sur la géologie, la géophysique, la métallogénie et les gîtes minéraux de la Cordillère. L'atelier a mis en lumière les travaux géoscientifiques menés dans la Cordillère, tant au niveau fédéral que provincial et territorial, et a permis d'identifier des lacunes dans les connaissances scientifiques actuelles et des pistes potentielles pour des recherches futures.

### Quelles perspectives pour GEM-GéoNord?

GEM-GéoNord poursuivra les étapes 4 à 6 du nouveau processus d'établissement des priorités en collaboration avec les provinces et territoires, les GA et les OA, en tenant compte des diverses perspectives et priorités afin de maximiser les avantages pour les résidents du Nord dans le cadre du mandat de GEM-GéoNord.

GEM-GéoNord continuera également à réunir un groupe consultatif de gens du Nord (GCGN), qui représente la diversité du Nord (organisations autochtones de développement socioéconomique, secteur privé et gouvernements territoriaux). Cette approche s'appuie sur le rôle du GCGN dans les versions précédentes du programme. Le GCGN continuera à fournir des conseils clés sur l'établissement de relations respectueuses et durables avec les peuples, les communautés et les organisations autochtones et nordiques, ainsi que sur l'optimisation de l'utilisation des données et des connaissances par les gens du Nord.

## Programme de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS)

### Description du programme

Le Canada a ratifié la [Convention des Nations Unies sur le droit de la mer](#) (UNCLOS) en 2003 et, en tant que partie au traité, il a l'obligation juridique de définir son plateau continental au-delà de 200 milles marins en présentant des demandes, en effectuant des présentations officielles et en interagissant avec la Commission des limites du plateau continental tout au long du processus d'examen. Le programme est la responsabilité conjointe d'Affaires mondiales Canada (AMC), de Ressources naturelles Canada (RNCAN) et de Pêches et Océans Canada (MPO). Le programme au sein de la CGC est établi à l'[Institut océanographique de Bedford](#) à Dartmouth, en Nouvelle-Écosse, où le personnel scientifique possédant une expertise en géologie et en géophysique conseille AMC sur les questions scientifiques et techniques liées au plateau continental.

En plus de définir avec précision les limites extérieures de leur plateau continental selon les critères énoncés à l'article 76 de la Convention, les demandes des États côtiers doivent comprendre des données et des arguments scientifiques solides démontrant que leur plateau continental s'étend au-delà de 200 milles marins et qu'il constitue une composante et un prolongement naturels de leur masse continentale. Les deux demandes du Canada (celle de l'océan Atlantique, déposée en 2013, et celle de l'océan Arctique, déposée en 2019) montrent que le Canada a droit à 2,4 millions de km<sup>2</sup> de fond marin et de sous-sol, ce qui en fait l'une des plus grandes superficies considérées par les Nations Unies dans le cadre de l'UNCLOS. La reconnaissance internationale des limites extérieures permettra au Canada d'établir ses dernières frontières sur les cartes, conférant des droits souverains sur les ressources biologiques et non biologiques du fond marin et de son sous-sol.



## **Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :**

### ***Renforcement de la collaboration au niveau national et international***

Le programme UNCLOS a entrepris de vastes consultations avec AMC et MPO sur les questions scientifiques liées au plateau continental étendu dans l'océan Arctique. Les travaux ont progressé en ce qui concerne l'élaboration de la présentation du Canada sur sa demande concernant l'océan Arctique qui sera soumise à la Commission des limites du plateau continental des Nations Unies lors d'une prochaine session plénière. Les scientifiques du programme continuent de travailler avec des collaborateurs internationaux du United States Geological Survey, du Geological Survey of Denmark and Greenland, de l'Université Dalhousie (Canada) et de l'Université d'Oslo (Norvège).

### ***Contribution continue à d'importantes recherches marines***

Parmi les articles scientifiques publiés l'année dernière :

- Boggild, K., Mosher, D.C., Travaglini, P., Gebhardt, C. et Mayer, L. 2020. Mass wasting on Alpha Ridge in the Arctic Ocean: new insights from multibeam bathymetry and sub-bottom profiler data. Geological Society, London, Special Publications, 500, 323–340, <https://doi.org/10.1144/SP500-2019-196>
- Dossing, A., Gaina, C., Jackson, H.R. et O.B. Andersen. 2020. Cretaceous ocean formation in the High Arctic. Earth and Planetary Science Letters, 551: 116552
- Jakobsson, M., Mayer, L.A., Bringensparr, C. et al. 2020. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean Version 4.0. Sci Data 7, 176, <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0520>

### **Quelles perspectives pour le programme UNCLOS?**

Le programme UNCLOS continuera de donner des conseils sur les questions scientifiques et techniques liées au plateau continental étendu, d'entreprendre des recherches géoscientifiques marines et de poursuivre les deux demandes du Canada dans le cadre de l'UNCLOS. Le programme continuera également à entreprendre des activités scientifiques, à finaliser la présentation du Canada sur l'océan Arctique pour l'ONU, à faciliter la collaboration avec les partenaires scientifiques internationaux et à conseiller le gouvernement sur les questions relatives au plateau continental.

## Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable

Sept programmes de S-T de la CGC sont visés par la priorité stratégique 2 :

- Initiative géoscientifique ciblée (IGC)  
Programme Géosciences environnementales (PGE)
- Programme Géosciences des eaux souterraines (PGES)
- Programme Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie (PGNSE)
- Programme Géosciences marines pour la planification spatiale marine (PGMPSM)
- Programme Objectifs de conservation marine (OCM)
- Service d'évaluation d'impact environnemental (SEIE)

### Programme pour les nouvelles sources d'énergie (PGNSE) et Objectifs de conservation marine (OCM)

#### Description du programme

L'objectif du programme [Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie](#) (PGNSE) est d'appuyer les stratégies de transition vers une future économie sobre en carbone par la recherche et le développement en géosciences de l'énergie propre et la promotion de ressources énergétiques non émettrices ou à faibles émissions en utilisant les progrès de la compréhension fondamentale du sous-sol des masses continentales du Canada.

Les partenariats et les collaborations en matière de recherche sont essentiels à la réussite des programmes de la CGC. Par exemple, les collaborations du PGNSE ont donné lieu à un soutien direct et en nature considérable de la part de l'industrie et d'autres organismes. Ces fonds et les ensembles de données permettent au programme d'étendre son champ d'action à des domaines novateurs et passionnants tels que l'informatique en nuage, l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle, une base de connaissances nationale accrue pour l'exploitation de l'énergie géothermique

et la cartographie des ressources énergétiques en milieu extracôtier grâce à un partenariat avec la province de la Nouvelle-Écosse. Les collaborations permettent également aux chercheurs du PGNSE d'accéder aux connaissances d'autres institutions scientifiques nationales et internationales.

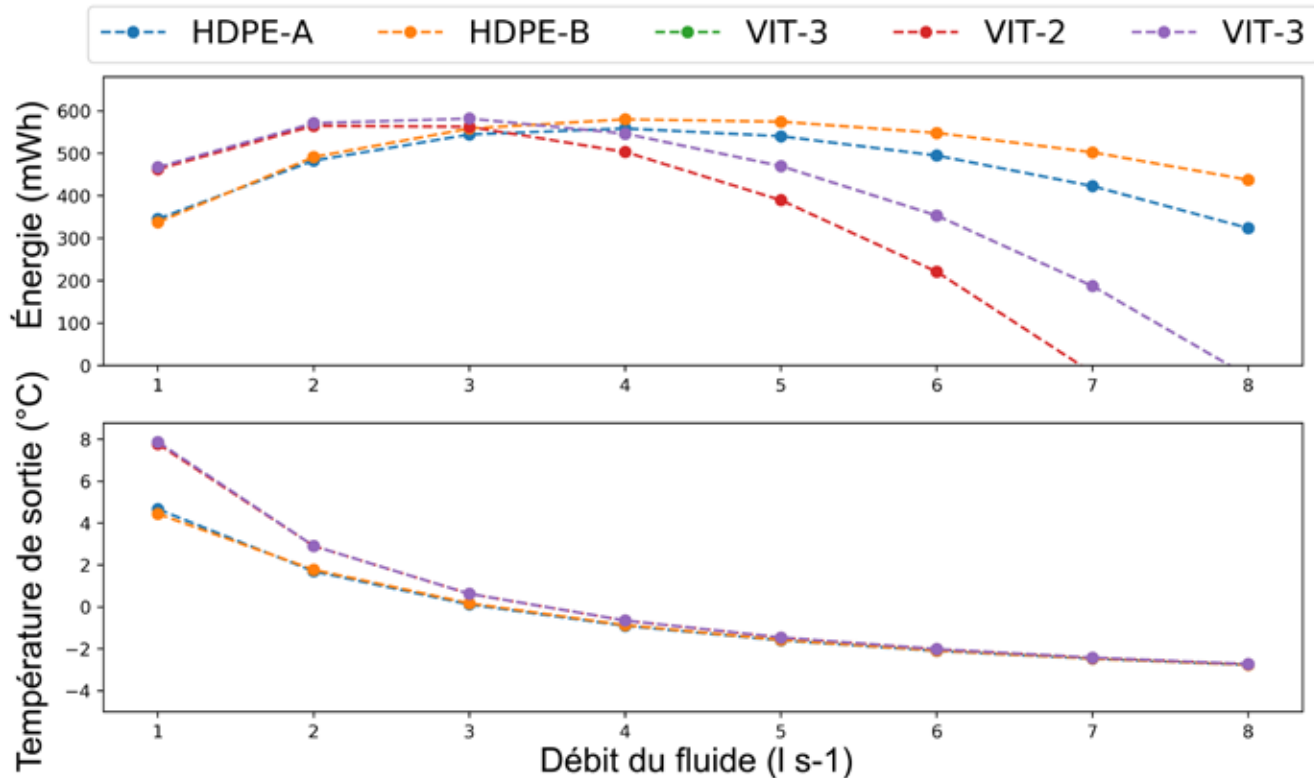
Le programme propose également à des partenaires universitaires de participer à des projets, en s'appuyant sur des protocoles d'entente. La formation de personnel hautement qualifié (PHQ) et le partage des capacités de laboratoire contribuent grandement à la réalisation de travaux scientifiques novateurs et se poursuivront pendant les trois années restantes du programme.

#### Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :

##### *Réutilisation de puits de pétrole et de gaz pour le chauffage géothermique*

Ce projet a permis d'étudier le potentiel de [production de chaleur](#) dans les bassins sédimentaires à faible gradient géothermique. Les chercheurs de la CGC se sont concentrés sur les échangeurs de chaleur en puits profonds dans les basses terres du Saint-Laurent (Bécancour), au Québec. Le projet a démontré que la preuve de concept pour la réaffectation et la modernisation d'un puits de pétrole ou de gaz pour le chauffage [géothermique](#) est réalisable en utilisant l'infrastructure de puits existante.

**Figure 6 :** L'énergie nette (au sommet) et la température de sortie après un an de fonctionnement (à la base) simulées à partir du cas suivant : un puits de pétrole ou de gaz inactif de 1 500 m avec un tubage de 1 000 m et un diamètre minimal de 152 mm réaffecté à un échangeur de chaleur en puits profond. L'énergie nette correspond à l'énergie produite par l'échangeur de chaleur moins l'énergie utilisée pour faire fonctionner la pompe.

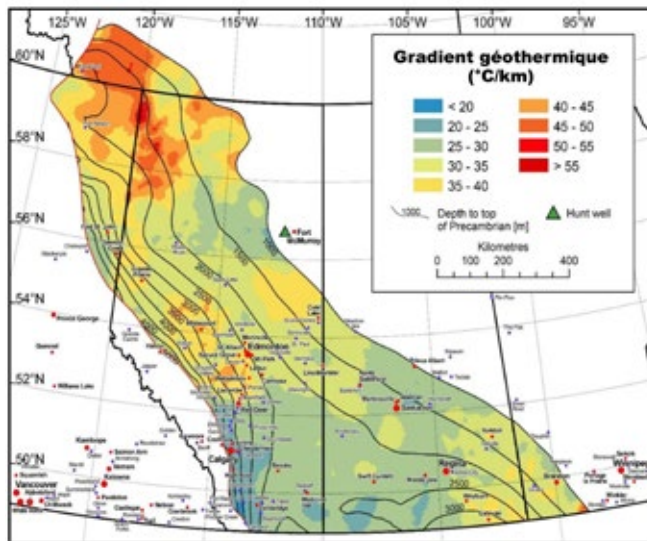


### Évaluation du potentiel en énergie géothermique dans l'Ouest canadien

Les chercheurs de la CGC ont mené [une étude de faisabilité](#) sur l'énergie géothermique du Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien (BSOC) pour répondre aux besoins des collectivités (de plus de 3 000 habitants) du nord-est de la Colombie-Britannique, du sud-ouest des Territoires du Nord-Ouest, du sud de la Saskatchewan, du sud-est du Manitoba et des collectivités de l'Alberta déjà étudiées. Le potentiel en énergie géothermique du BSOC est largement déterminé par la géométrie du bassin; l'épaisseur des accumulations sédimentaires varie généralement de 0 m à l'est à plus de 6 km à l'est des Rocheuses canadiennes. Le chauffage géothermique direct est le plus prometteur dans

les parties ouest et sud du bassin. La production d'énergie électrique est limitée aux parties les plus profondes du BSOC (sud-ouest des Territoires du Nord-Ouest, nord-ouest de l'Alberta, nord-est de la Colombie-Britannique et sud-est de la Saskatchewan). Pour les régions où la production d'énergie électrique est possible, les estimations indiquent que des puissances géothermiques allant jusqu'à 2 MW (électrique) et 20 MW (thermique) sont possibles.

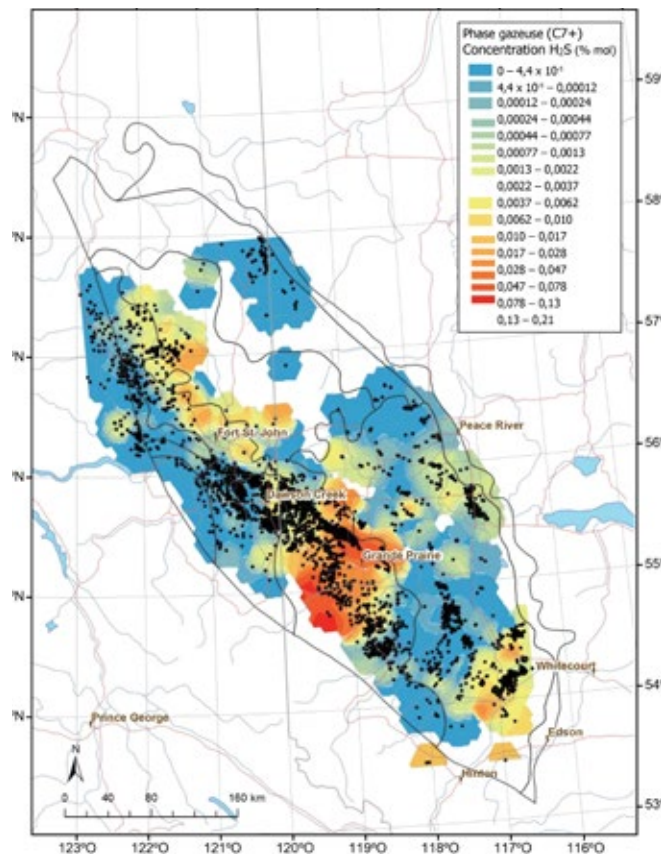
**Figure 7 :** Carte montrant le gradient géothermique dans le Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien.



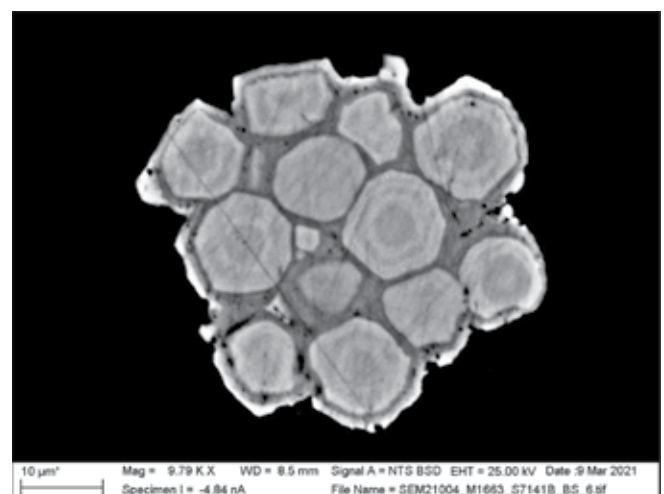
**Comprendre la source et la formation du sulfure d'hydrogène pour évaluer les problèmes économiques et d'impact environnemental**

Pour comprendre l'impact du sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ), en ce qui concerne la santé publique et la gestion environnementale et économique de l'industrie, nous devons comprendre les principes fondamentaux des sources et des voies de migration de ce gaz dangereux dans le sous-sol. Les scientifiques de la CGC ont produit la première carte de distribution transprovinciale du  $H_2S$  dans la Formation de Montney en Alberta et en Colombie-Britannique en compilant et en examinant de façon critique de vastes ensembles de données publiques, dont des données sismiques et géophysiques, ainsi qu'en analysant la géochimie élémentaire et isotopique de 600 échantillons provenant de trois carottes complètes. La réussite de ce projet est le fruit d'une collaboration étroite avec l'Université de Calgary et de la formation par la CGC de plusieurs étudiants du Programme des adjoints de recherche, tant au niveau du doctorat que de la maîtrise.

**Figure 8a :** Distribution du  $H_2S$  dans la Formation de Montney dans le Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien (BSOC).



**Figure 8b :** Image en électrons rétrodiffusés obtenue par microscopie électronique à balayage d'une pyrite polycristalline provenant d'une analyse  $\delta^{34}S$  in situ.





## Identification des sources d'hydrocarbures par des méthodes améliorées de chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (CG-SM)

Il est essentiel de définir « l'empreinte » des hydrocarbures afin d'en identifier les sources et de suivre leur migration à partir de déversements. Les scientifiques de la CGC ont collaboré avec Schlumberger Canada pour améliorer les méthodes classiques d'empreintes des hydrocarbures et développer une nouvelle méthodologie de CG-SM. Cette nouvelle méthodologie améliore la séparation des molécules d'hydrocarbures de structures et de propriétés chimiques différentes – mais très proches. Les informations supplémentaires obtenues permettent de mieux identifier les sources d'hydrocarbures, qu'il s'agisse d'un gisement souterrain ou d'un déversement de pétrole en surface.

## Transformation des ressources en pétrole de réservoirs peu perméables et en gaz non conventionnel en énergie géothermique renouvelable

Dans nos tentatives d'atteindre les objectifs du Canada en matière de carboneutralité en 2050, il sera important d'optimiser et d'intégrer les systèmes énergétiques complets disponibles à un site d'extraction d'énergie (p. ex., un site de puits de gaz naturel auquel s'ajoute l'extraction d'énergie géothermique). Les chercheurs de la CGC ont développé un modèle de coproduction d'hydrocarbures et de ressources géothermiques à partir d'un puits horizontal de gaz de shale existant. Cette étude examine l'ensemble du rendement énergétique en utilisant des installations de production d'hydrocarbures existantes. Les chercheurs ont utilisé le modèle numérique pour effectuer des simulations combinant la production de gaz de shale avec l'extraction de chaleur à partir d'eau chaude et de gaz naturel selon divers scénarios visant à augmenter les ressources géothermiques.

**Figure 9 :** Graphiques montrant les « empreintes » des hydrocarbures qui sont utilisées pour identifier et suivre la migration des hydrocarbures.

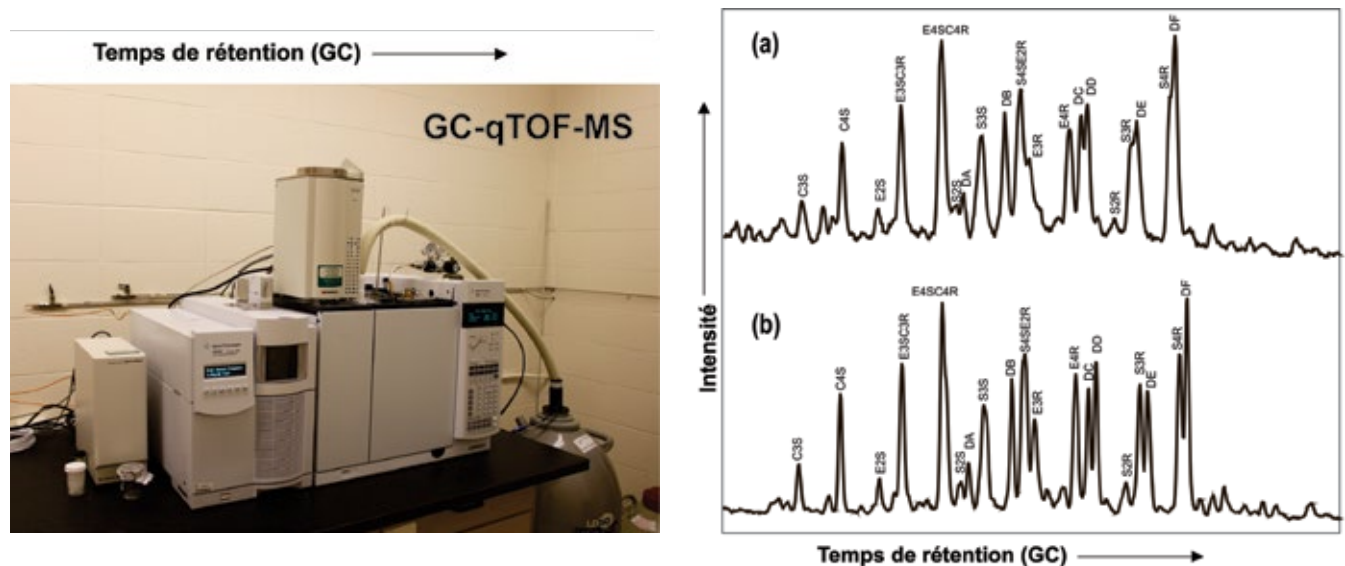
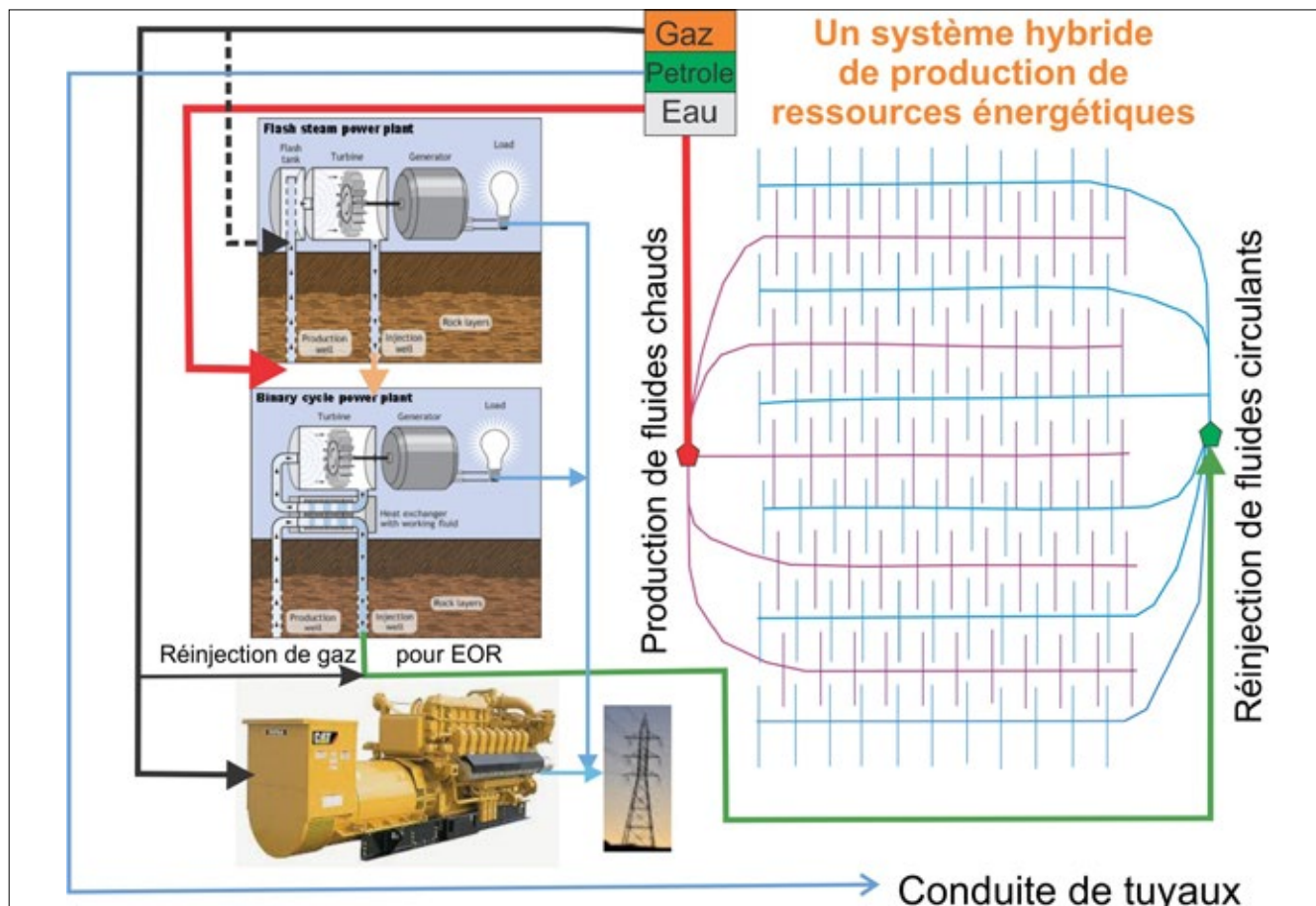


Figure 10 : Système hybride de production de ressources énergétiques.

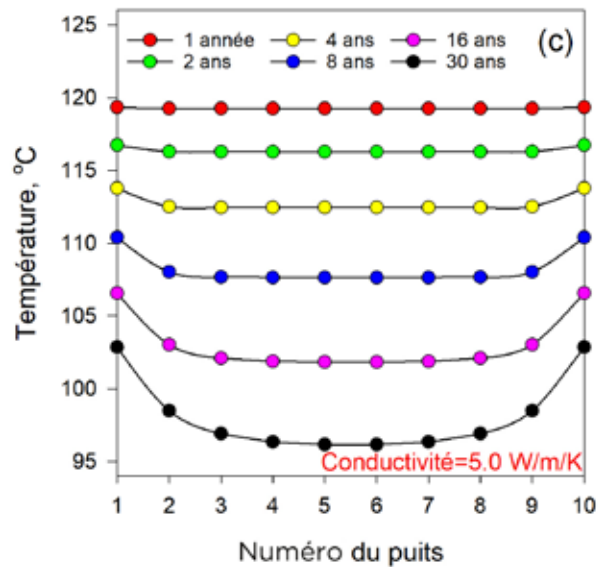
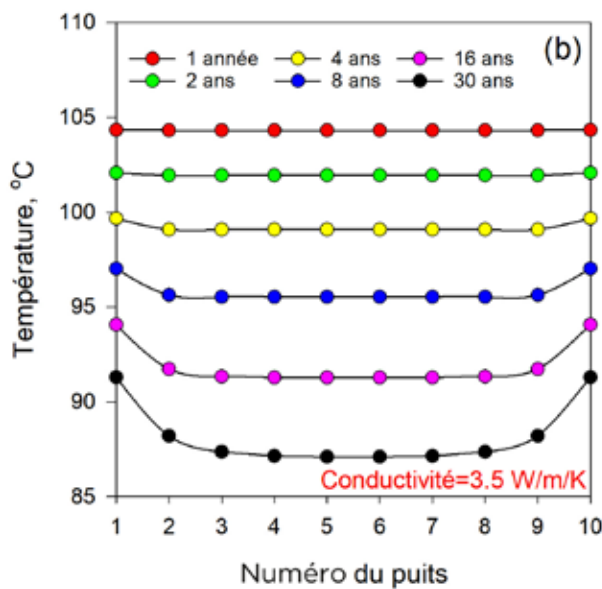
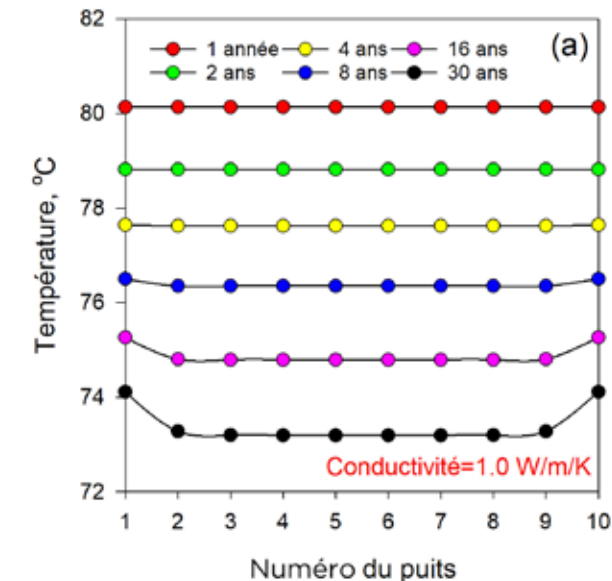


### Récupération en boucle fermée de l'énergie géothermique de systèmes profonds

Pour améliorer les chances de succès du développement industriel des ressources géothermiques au Canada, il faut comprendre les informations géoscientifiques fondamentales concernant la conduction thermique souterraine et l'influence des **eaux d'injection** plus froides. L'interaction entre les eaux d'injection plus froides et le réservoir de chaleur géothermique en profondeur déterminera la durée de vie et la rentabilité d'une production géothermique viable. En modélisant ces interactions, les chercheurs de la CGC fournissent des informations à nos collaborateurs de l'industrie concernant la conception et l'impact de leurs technologies de récupération géothermique en boucle fermée sur les ressources thermiques de la Terre. Les chercheurs de la CGC ont développé

un modèle en boucle fermée pour la production de chaleur par échange thermique en faisant circuler un fluide de production dans un puits de forage horizontal long et profond, puis ont appliqué des simulations numériques dans différents contextes géologiques et conceptions de puits dans les bassins sédimentaires de l'Alberta. Cette recherche a permis d'évaluer l'efficacité de ce système et d'identifier les facteurs clés affectant la production d'énergie géothermique et sa durée de vie. Les résultats de ce projet fournissent des informations utiles pour appuyer les décisions de financement de projets gouvernementaux destinés à l'industrie au Canada et ailleurs.

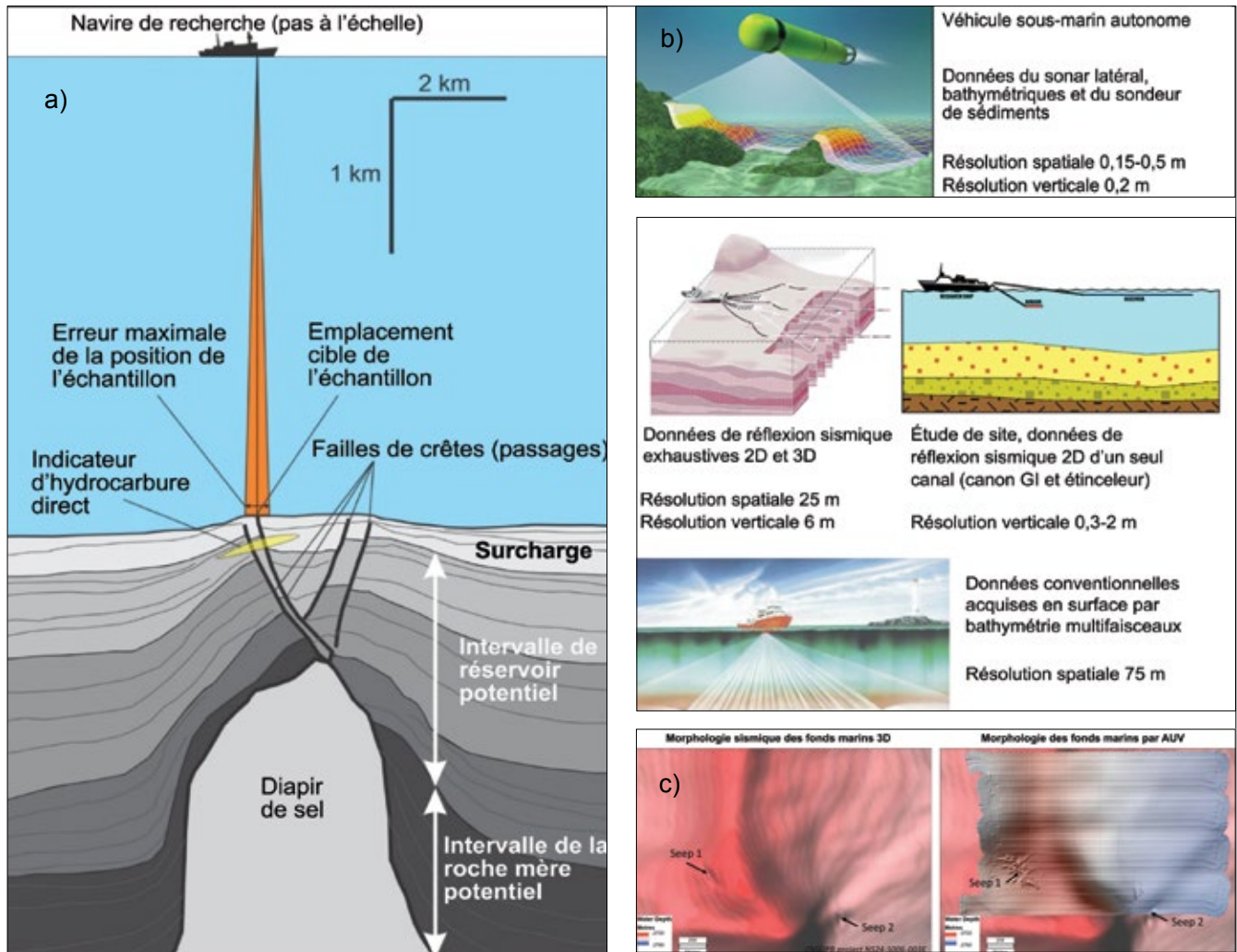
**Figure 11 :** Températures après 30 ans pour un système de 10 puits latéraux avec un espacement de 25 m entre les puits et a) une conductivité thermique de 1 W/m/K; b) une conductivité thermique de 3,5 W/m/K; et c) une conductivité thermique de 5 W/m/K.



**Acquérir des données de qualité supérieure grâce aux études menées par des véhicules sous-marins autonomes (VSA)**

Les **suintements froids** sont des caractéristiques géologiques mal connues qui abritent des écosystèmes uniques, contribuent à l'instabilité des fonds marins et servent de conduits pour les fluides des réservoirs qui migrent des profondeurs vers les fonds marins. L'analyse des fluides migrants constitue une méthode peu coûteuse pour évaluer les aspects du système pétrolier et ses impacts sur l'environnement et l'écosystème locaux. En 2018, la CGC a mené avec succès une étude de preuve de concept qui a démontré la supériorité des données sur la **morphologie des fonds marins** acquises à l'aide de **VSA** (véhicule sous-marin autonome) par rapport aux méthodes d'étude classiques. En 2020, la CGC et le ministère de l'Énergie et des Mines de la Nouvelle-Écosse se sont appuyés sur cette base fructueuse et ont collaboré à l'étude de 15 emplacements de **suintements froids** dans des profondeurs d'eau de 2 000 à 3 000 mètres. Ces données seront utilisées pour planifier un programme d'échantillonnage de **suintements** par véhicule sous-marin téléguidé (VTG) prévu pour l'été 2021.

**Figure 12 :** a) Suintements froids; b) acquisition de données sur le fond marin; c) morphologie du fond marin et suintements froids à plus de 2 000 m.





### Quelles perspectives pour le PGNSE?

Le PGNSE continuera à travailler avec des partenaires externes pour étudier la porosité et les voies de circulation des fluides, applicables au captage, à l'utilisation et au stockage du carbone et aux applications connexes. Le programme continuera à explorer les sources et les voies de migration des émissions de gaz H<sub>2</sub>S par une analyse détaillée des contrôles structuraux et stratigraphiques sur sa distribution/migration dans la Formation de Montney en Colombie-Britannique et en Alberta.

Outre les recherches géothermiques menées dans la ceinture volcanique de Garibaldi (géothermie électrique) et dans les basses terres du Saint-Laurent (chaleur géothermique), le PGNSE explorera d'autres options géothermiques telles que l'extraction de chaleur des eaux. Les scientifiques étudieront également la nature, l'étendue et le potentiel d'extraction d'eau chaude des graviers basaux en collaboration avec le projet géothermique Deep Earth Energy Production (DEEP) en Saskatchewan.

Nous continuerons à améliorer notre compréhension fondamentale de la chimie des eaux de reflux de la fracturation hydraulique et de ses impacts environnementaux en collaborant avec l'industrie et CanmetÉNERGIE à Devon.

La CGC a mis sur pied un groupe de travail sur les géosciences de l'énergie afin de déterminer les thèmes et les projets énergétiques prioritaires dans l'ensemble des programmes.

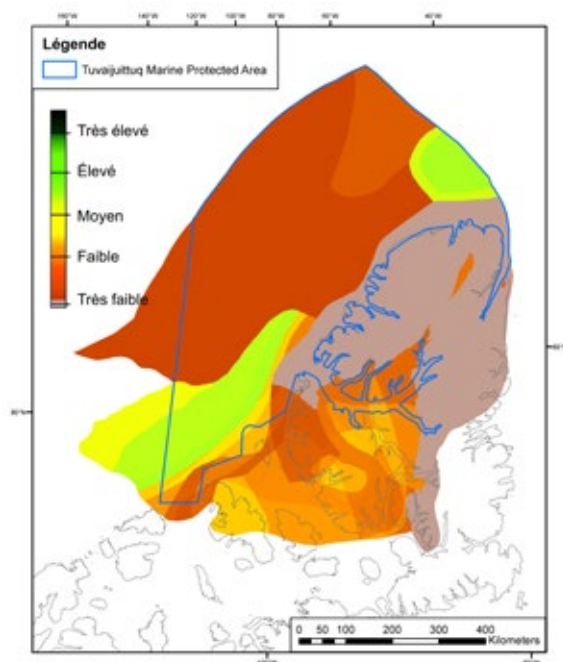
La CGC continuera de préparer des évaluations des ressources dans le cadre du programme Objectifs de conservation marine afin d'aider le MPO, ECCC et l'APC à déterminer et à établir des zones de conservation et de protection pour aider le Canada à atteindre ses objectifs pour 2025.

### Appuyer les zones marines protégées par des évaluations des ressources

L'équipe d'évaluation des ressources du programme Objectifs de conservation marine (OCM) a compilé et évalué des ensembles de données disparates provenant de l'océan Arctique, au nord des îles d'Ellesmere et Axel Heiberg, afin de produire une évaluation complète de la présence potentielle d'hydrocarbures à divers endroits. La CGC continue de travailler avec le MPO et l'APC pour fournir des renseignements sur les ressources afin d'éclairer les décisions en matière de conservation.

Les évaluations des ressources du programme OCM influencent directement l'évaluation et la promotion des zones marines et côtières protégées par le MPO et l'Agence Parcs Canada (APC). Ces efforts représentent la contribution de RNCan aux engagements du Canada envers les Nations Unies, soit une cible de conservation de 25 p. 100 et de 30 p. 100 d'ici 2025 et 2030 respectivement.

**Figure 13 :** Évaluation qualitative des ressources en hydrocarbures conventionnels. Le vert indique un potentiel en ressources plus élevé, le rouge un potentiel plus faible. Les zones grises n'ont aucun potentiel.



### **Quelles perspectives pour le programme OCM?**

Le programme Objectifs de conservation marine a reçu un financement de cinq ans dans le budget de 2021 pour continuer à élaborer des évaluations des ressources afin de contribuer aux objectifs de conservation du Canada, soit une cible de 25 p. 100 des régions extracôtières/côtières d'ici 2025, et de 30 p. 100 d'ici 2030.

La CGC travaillera avec d'autres groupes de RNCan pour fournir des évaluations des ressources pétrolières, minérales et autres pour les zones extracôtières identifiées par le MPO, l'APC et ECCC en vue de leur conservation.

Le financement comprend le salaire de 10 employés de la CGC (5 ETP la première année) et les coûts d'exploitation pour effectuer l'analyse et l'interprétation des données, pour un total de 9,5 millions de dollars sur 5 ans.

Les géosciences marines de la CGC appuient également les processus d'évaluation environnementale régionale et d'évaluation des effets cumulatifs. Le PGMPMS produit de nouvelles cartes de la géologie des fonds marins pour la zone extracôtière de la Colombie-Britannique (mer des Salish et côte nord du Pacifique) et la zone extracôtière du Canada atlantique (Terre-Neuve-et-Labrador et Nouvelle-Écosse) qui seront téléversées dans [Cartes ouvertes Canada](#)/ la Plateforme géospatiale fédérale et accessibles par l'intermédiaire de l'Infrastructure de données spatiales marines.

Dans l'ensemble, la CGC produira des résultats géoscientifiques marins à l'échelle biorégionale (morphologie, géologie et stabilité des fonds marins), ainsi que des études plus ciblées visant à éclairer des objectifs spécifiques de planification spatiale marine dans les zones extracôtières de l'Atlantique et du Pacifique. Le résultat général du PGMPMS consiste à utiliser les connaissances géoscientifiques marines de la CGC pour appuyer les décisions fondées sur des données probantes concernant l'utilisation sûre, efficace et durable des fonds marins.

### **Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :**

#### ***Un « guichet unique » pour la prise de décision dans la biorégion de la mer des Salish***

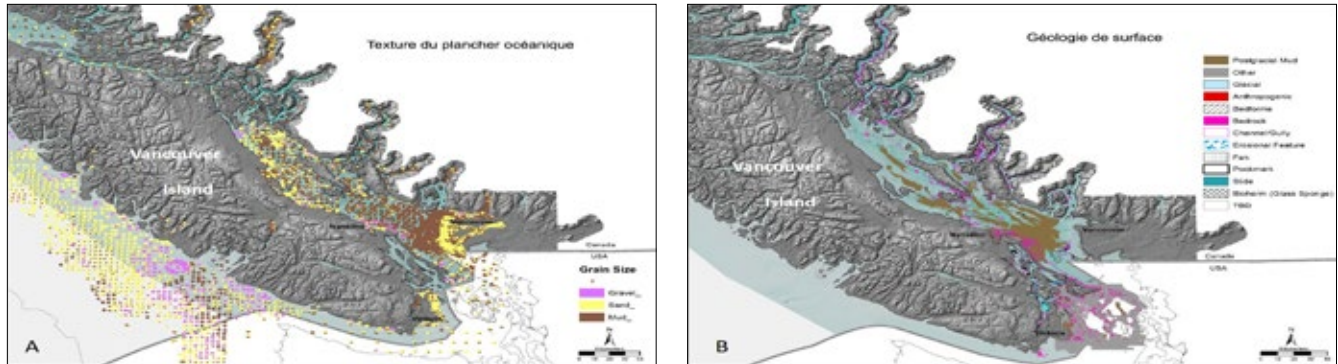
Environ sept millions de personnes vivent à proximité de la biorégion de la [mer des Salish](#) en Colombie-Britannique. Le PGMPMS a créé des couches de base de la géologie des formations superficielles en milieu marin de la biorégion en intégrant les données granulométriques de plus de 14 000 échantillons existants, les données d'autres échantillons géologiques et des données bathymétriques à haute résolution. Ces produits cartographiques et les données associées créent un « guichet unique » pour les connaissances géoscientifiques à l'appui des décisions relatives à l'utilisation des terres dans la biorégion, y compris celles liées aux ressources minérales et aux projets d'énergie renouvelable en mer.

## **Programme Géosciences marines pour la planification spatiale marine (PGMPMS)**

### ***Géosciences marines pour la planification spatiale marine (PGMPMS)***

Le programme Géosciences marines pour la planification spatiale marine (PGMPMS) de la CGC élabore de nouvelles cartes et analyses de la géologie des fonds marins et des processus actifs sur ceux-ci afin d'éclairer les décisions fondées sur des données probantes concernant la [planification de l'espace marin](#) et les évaluations environnementales régionales. Le PGMPMS contribue aux efforts du ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) pour élaborer des plans et des atlas et de l'espace marin pour quatre des treize grandes zones extracôtières que le MPO définit comme les biorégions du Canada.

**Figure 14 :** a) *Texture du plancher océanique dans la biorégion de la mer des Salish, dérivée des données granulométriques d'échantillons distincts du fond marin;* b) *carte de la géologie des formations superficielles de la biorégion de la mer des Salish basée sur l'intégration d'une bathymétrie détaillée, ainsi que de données provenant d'un sondeur de sédiments et d'échantillons du fond marin.*

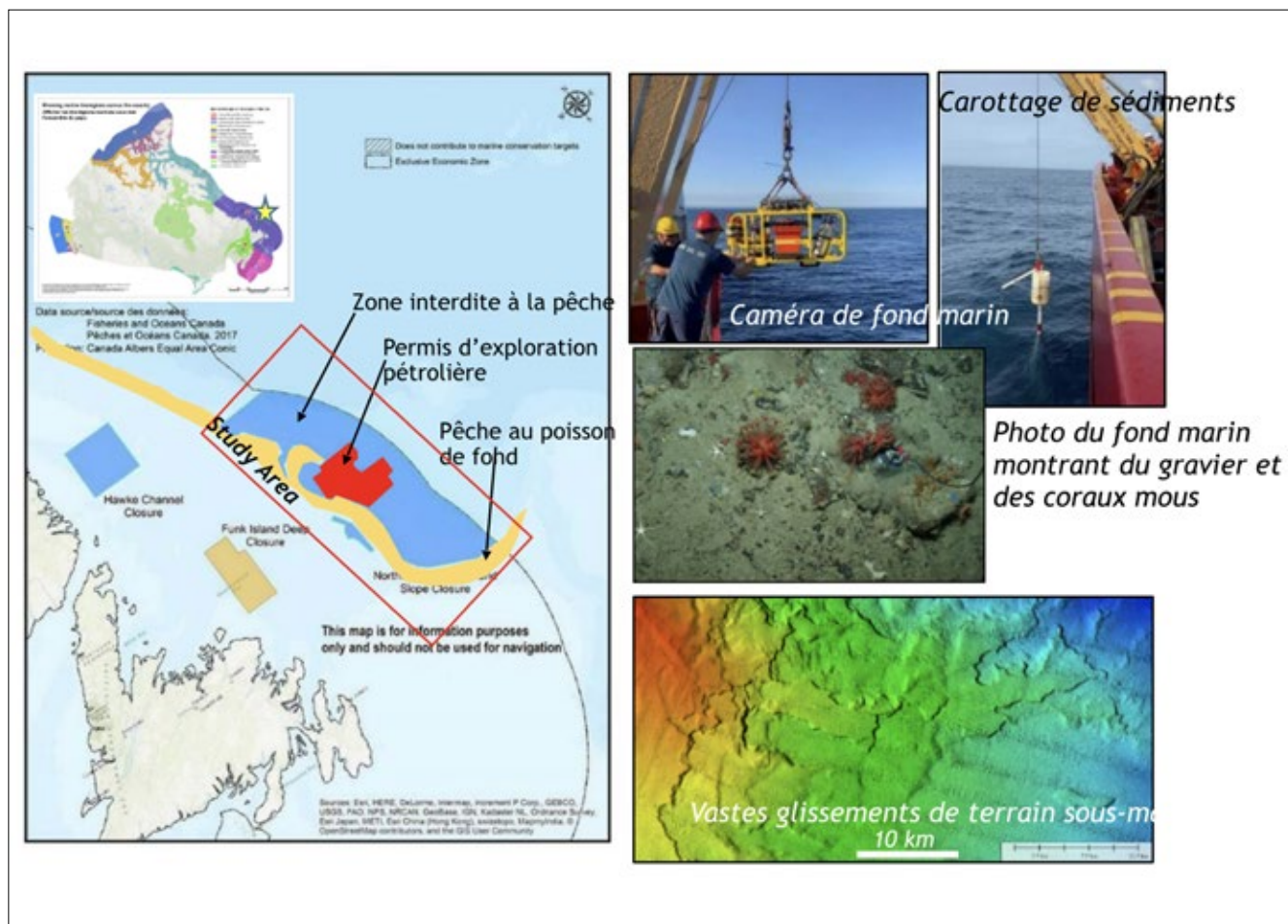


**Évaluation des conditions des fonds marins sur le plateau nord-est de Terre-Neuve**

Le plateau nord-est de Terre-Neuve, qui fait partie de la biorégion des plateaux de Terre-Neuve, est soumis à des intérêts qui se chevauchent en ce qui concerne l'utilisation de l'espace des fonds marins. Il s'agit notamment d'une importante pêche commerciale de fond, de ressources potentielles en pétrole et en gaz, et de la conservation marine. De plus, la région se trouve dans un environnement géologique complexe situé dans un cadre de plateforme-talus continental près

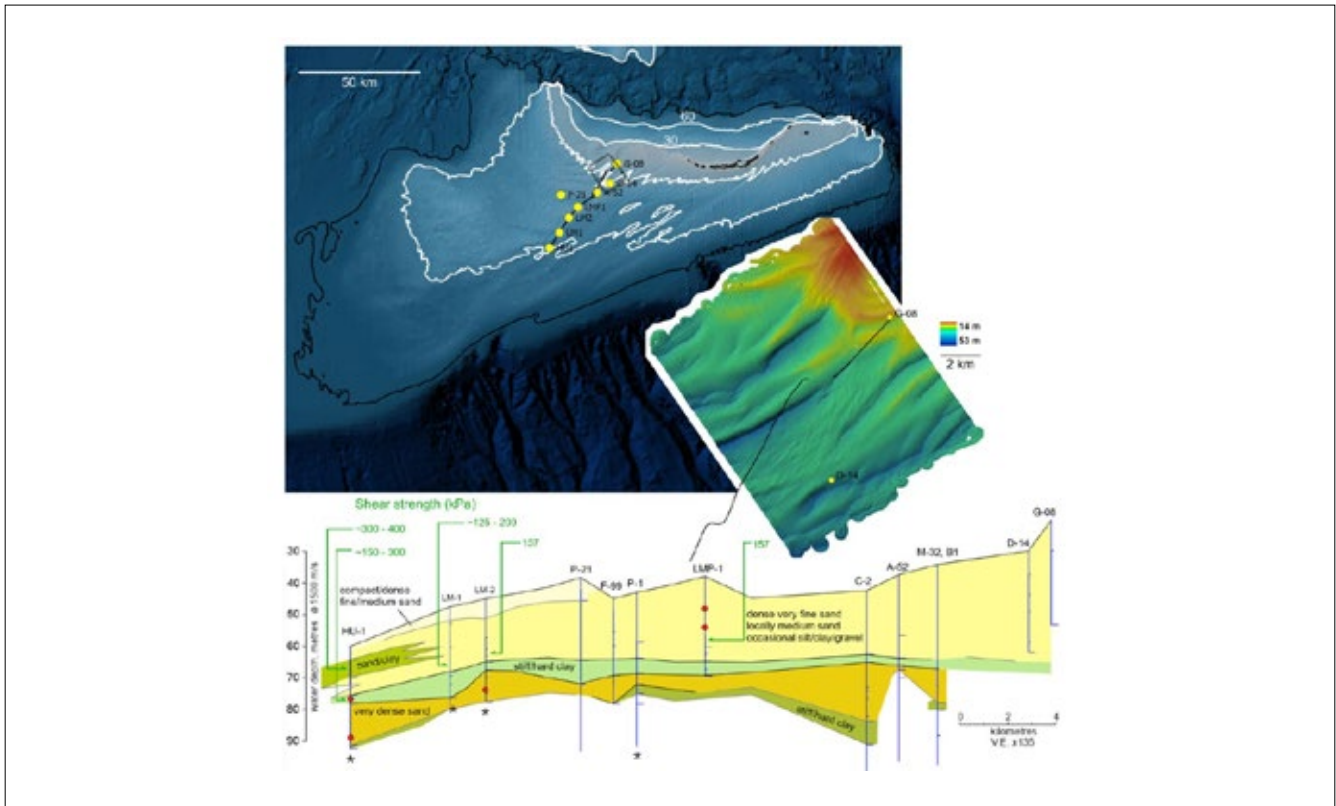
de la limite de la zone économique exclusive (ZEE) du Canada. Le programme GMPSM a cartographié 5 900 km<sup>2</sup> de fonds marins et établi 50 stations d'échantillonnage du plancher océanique dans cette zone en 2020. Malgré l'importance socioéconomique de la région, c'est la première fois que des données détaillées de cartographie des fonds marins sont acquises dans cette zone, ce qui a permis de générer des informations fondamentales sur la morphologie, la géologie et la stabilité des fonds marins pour soutenir la planification spatiale marine (figure 15).

**Figure 15 :** Zone d'étude et quelques exemples d'ensembles de données et de méthodologies pour l'évaluation de l'état des fonds marins sur le plateau nord-est de Terre-Neuve.





**Figure 16 :** Cartes bathymétriques et coupe géologique transversale basée sur des données de puits près de l'île de Sable montrant les propriétés physiques du sous-sol. La figure a été modifiée de *Eamer et al. (2020)*.

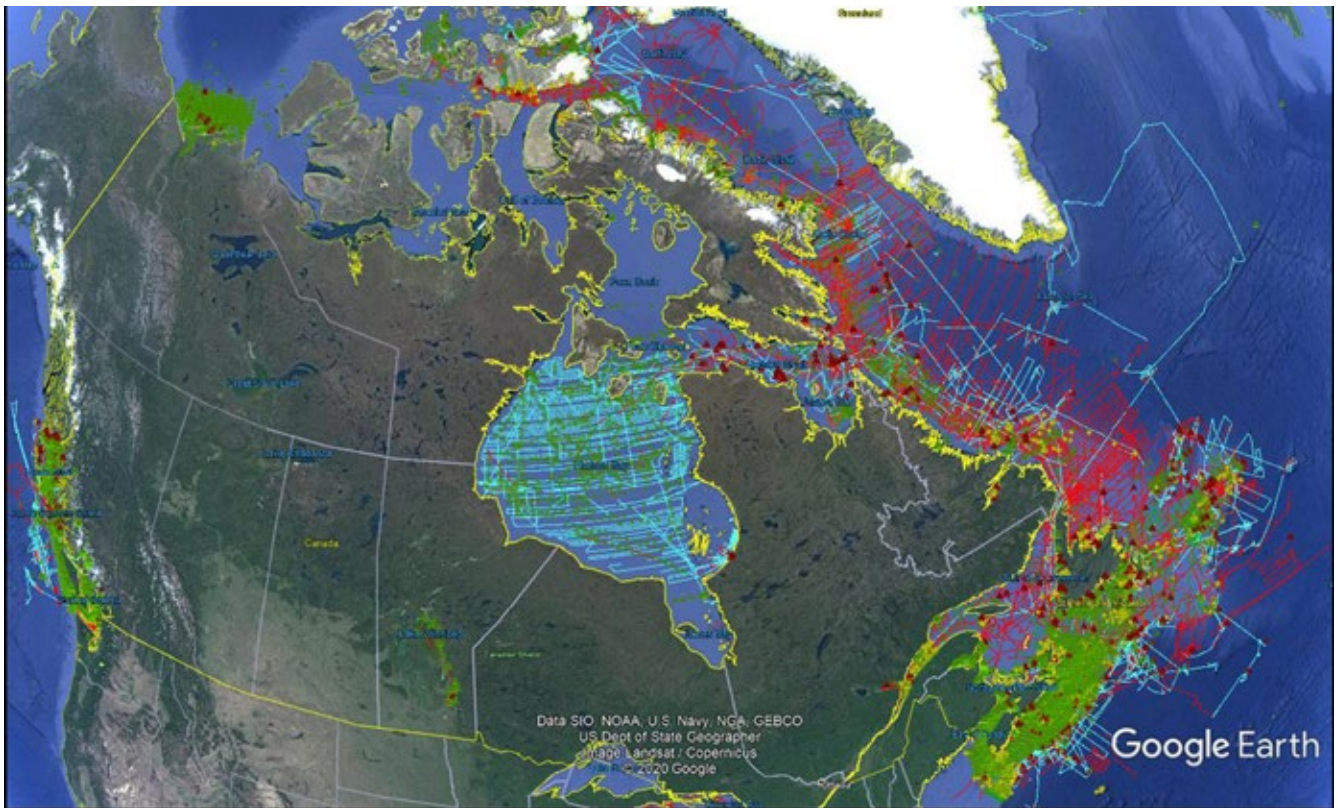


**La géologie variable des Maritimes pose des défis pour l'énergie éolienne potentielle en mer**

Au Canada, l'énergie éolienne en mer n'en est qu'à ses débuts; cependant, elle représente une part croissante de la capacité de production d'électricité mondiale. L'énergie éolienne en mer pourrait contribuer à l'avenir sobre en carbone du Canada. La géologie des fonds marins est une contrainte importante à la mise en valeur de l'énergie éolienne

en mer. Le PGMPSM a effectué une évaluation des conditions des fonds marins des plateaux continentaux des Maritimes, montrant que la géologie des plateaux est très variable et que les zones se prêtant aux systèmes d'ancrage classiques peuvent être relativement limitées. L'industrie de l'énergie éolienne en mer et une organisation de ressources naturelles utilisent actuellement ces connaissances et ces données pour la planification et l'évaluation de projets (figure 16).

**Figure 17 :** Distribution des données de sismique-réflexion marine colorées par type de données affichées dans Google Earth.



***Faire tomber les barrières pour fournir des données géoscientifiques marines***

L'un des aspects essentiels du PGMPMS est de supprimer les obstacles à la découverte en fournissant des données géoscientifiques marines solides et des connaissances scientifiques pour appuyer la prise de décisions fondée sur des données probantes. En diffusant quatre importants jeux de données existants

sur [Cartes ouvertes](#), plus de 50 ans de recherche – y compris des analyses de la granulométrie des fonds marins, des photographies du plancher océanique, des datations au radiocarbone et des données de sismique-réflexion marine – sont maintenant accessibles au public.

## Collaboration nouvelle et continue avec Pêches et Océans Canada

La CGC et le MPO ont une longue histoire de collaboration, et le PGMP SM continue de contribuer à cet héritage. En 2020-2021, la CGC et le MPO ont conjointement organisé plus de 35 réunions axées sur les priorités de la planification de l'espace marin, et la CGC a établi de nouveaux liens avec les services d'océanographie et d'écologie de l'habitat du MPO. Des accords interministériels formels et informels ont permis d'acquérir d'importantes données de terrain dans les quatre biorégions du PGMP SM, dans des domaines d'intérêt commun, et le MPO utilise actuellement les connaissances et les données de la CGC pour la planification spatiale marine, l'examen préalable des projets et les décisions en matière de conservation marine.

### Quelles perspectives pour le PGMP SM?

Pour le moment, le PGMP SM se termine en 2023. L'objectif à court terme est de générer des produits de connaissances et des livrables pour les intervenants du programme. À plus long terme, il s'agit d'élaborer de nouveaux plans de recherche liés à des études ciblées dans les quatre biorégions actuelles et de les étendre à d'autres biorégions, de concert avec le MPO. L'annonce de la [Stratégie de l'économie bleue](#) du gouvernement du Canada est un indicateur fort que le PGMP SM est aligné sur les priorités émergentes du gouvernement et qu'il entraînera une demande accrue de décisions fondées sur des données probantes quant à l'utilisation de l'espace marin.

## Géosciences des eaux souterraines (PGES)

L'objectif du programme [Géosciences des eaux souterraines](#) (PGES) est de mieux comprendre la distribution, la quantité et la dynamique de l'écoulement des eaux souterraines dans le cadre de [modèles intégrés des eaux](#) pour une gestion durable de l'eau.

Le PGES pour la phase 2019-2024 est axé sur cinq activités : (1) [Aquifères archétypaux](#) (incluant Canada One Water [Canada 1 Eau] ou C1W); (2) Systèmes aquifères de [Fox Creek](#); (3) Caractérisation et modélisation des ressources en eau; (4) [Réseau d'information sur les eaux souterraines](#) (RIES); et, (5) Évaluation régionale pour le [Cercle de feu](#). Ces activités sont associées à des thèmes de recherche qui sont définis comme étant les inventaires des eaux souterraines, les effets cumulatifs, les méthodes d'évaluation des eaux souterraines, la modélisation des données et la diffusion. À court terme, l'objectif du PGES est de fournir des connaissances, des outils et de l'information géoscientifiques pour comprendre les systèmes aquifères, et d'encourager les gouvernements et les clients à utiliser ces outils. Le résultat à moyen terme est d'intégrer des réglementations et une surveillance plus efficaces/efficientes, et le résultat final est de parvenir à une meilleure gestion des ressources en eau souterraine par les autorités responsables.

## Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :

### **Favoriser un dialogue national sur la science des eaux souterraines**

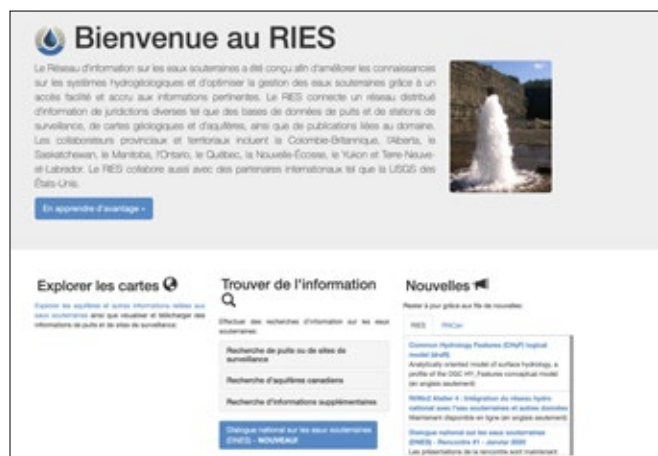
Le Dialogue national sur les eaux souterraines (DNES), une collaboration continue avec les provinces et territoires canadiens, permet de mieux comprendre la science des eaux souterraines au Canada et d'y collaborer. Les scientifiques de la CGC se sont réunis tous les deux mois avec les provinces, les territoires et d'autres ministères fédéraux afin de partager leurs connaissances sur les travaux des différentes autorités et du PGES. Le matériel de réunion est disponible sur le [site GitHub du DNES](#) et fournit des informations sur les objectifs du DNES.

### **Développer un Système mondial d'information sur les eaux souterraines**

Avec des partenaires internationaux, les scientifiques de la CGC contribuent au Système mondial d'information sur les eaux souterraines (SMIES), une base de données pour l'information sur les eaux souterraines, en utilisant le [Réseau d'information sur les eaux souterraines](#) (RIES). Après avoir suivi le développement du GWML (langage de balisage des données sur les eaux souterraines) au cours des dernières années, l'IGRAC (International Groundwater Resources Assessment Centre) de l'UNESCO a récemment informé la CGC de son intention de mettre en œuvre le GWML dans le SMIES. Le plan de l'IGRAC est de réorganiser le SMIES pour stocker les données relatives aux eaux souterraines et définir une méthodologie standard pour l'échange d'information relative aux eaux souterraines entre les agences. La dernière version de GWML, GWML2, a été créée par des collaborateurs du Canada, des États-Unis, de l'Australie, de la France et de l'Allemagne, et a été officiellement reconnue par l'OMM (Organisation météorologique mondiale).

SMIES : Système mondial d'information sur les eaux souterraines  
RIES : Réseau d'information sur les eaux souterraines  
GWML : langage de balisage des données sur les eaux souterraines  
IGRAC : International Groundwater Resources Assessment Centre  
UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture  
OMM : Organisation météorologique mondiale

Figure 18 : Page d'accueil du RIES.



### **Appuyer la création d'une nouvelle agence fédérale au Canada**

Dans le budget fédéral de 2021, le gouvernement fédéral s'est engagé à créer l'Agence canadienne de l'eau (ACE) afin de renforcer la collaboration entre le gouvernement fédéral, les provinces et territoires, les peuples autochtones et d'autres partenaires pour trouver les meilleurs moyens de sauvegarder notre eau douce. Les publications de A. Rivera, Ph. D., hydrogéologue en chef de la CGC aujourd'hui à la retraite, lesquelles explorent les questions liées aux ressources en eau partagées et à la sécurité de l'eau entre le Canada et les États-Unis, ont été utilisées dans un [document](#) d'étude de l'ACE pour documenter la mise en place de l'ACE.



La CGC a apporté son expertise en matière d'eau douce à la création de l'ACE, en contribuant à l'examen des [documents de discussion](#), en participant à des groupes de travail, des comités et des ateliers internes et externes, et en conseillant la haute direction sur le dossier de l'eau douce.

### **Partager les géosciences de pointe sur les eaux souterraines**

La résonance magnétique nucléaire (RMN) est un outil émergent en hydrogéologie, qui permet d'estimer facilement les propriétés des aquifères. Sachant que les scientifiques de la CGC produisent une science de pointe en matière de RMN, le directeur de la recherche et des politiques de Freshwater (une ONG) a contacté la CGC pour obtenir plus d'information sur l'efficacité de la RMN. Les scientifiques de la CGC ont fourni des [recherches publiées](#) et de l'information complémentaire afin que Freshwater puisse fournir de l'information supplémentaire au Minnesota Geological Survey (MGS). La CGC poursuit le développement de méthodes relatives à la technique de RMN pour les eaux souterraines par le biais d'une collaboration avec le groupe G360 de l'Université de Guelph (PE) et l'utilisation du site d'étalonnage du substratum rocheux de Bells Corners de RNCan.

**Figure 19 :** *Essai hydraulique à haute résolution dans un puits pour l'étalonnage de l'outil RMN dans le système d'esker de Vars-Winchester à Embrun, en Ontario.*



**Figure 20 :** *Installation de puits non conventionnel*



### **Quelles perspectives pour le PGES?**

Le PGES poursuivra son dialogue avec toutes les provinces et tous les territoires, ainsi qu'avec d'autres ministères fédéraux, afin d'accroître les connaissances scientifiques sur les eaux souterraines au Canada pour la sécurité des Canadiens. Le PGES fournira également de l'information à ses homologues d'ECCE et d'AAC et collaborera avec eux au développement de la nouvelle ACE.

Le PGES mettra en œuvre le projet C1W car il permettra de mieux comprendre l'effet des changements climatiques sur les ressources en eau de surface et souterraine au Canada. C1W est une initiative de collaboration entre RNCan, AAC, Aquanty Inc. et les universités de Toronto et de Waterloo. Le projet est cofinancé par le Programme canadien de sûreté et de sécurité (PCSS) de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC).

## Programme Géosciences environnementales (PGE)

L'objectif du programme **Géosciences environnementales** (PGE) est de distinguer les effets environnementaux de la mise en valeur des ressources naturelles de ceux produits par les processus naturels, et d'élaborer de nouvelles approches pour soutenir l'utilisation et le développement durables des ressources naturelles du Canada par une prise de décisions éclairées.

Le résultat visé du PGE est d'accroître l'efficacité et l'efficience de la réglementation et de la surveillance environnementales au Canada. En développant des géosciences novatrices pour l'intendance de l'environnement et en augmentant l'accès des secteurs public et privé aux résultats de la recherche, les décideurs ont une plus grande capacité et sont plus habilités à effectuer et à examiner les évaluations environnementales.

### **Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :**

#### ***S'adapter aux défis liés à la COVID grâce à des partenariats autochtones***

Le projet du bassin du fleuve Mackenzie fournira des connaissances sur la variabilité naturelle à long terme de la qualité et de la quantité d'eau de référence du plus grand bassin hydrographique du Canada, le **bassin du fleuve Mackenzie** (BFM). Le BFM a connu la plus forte augmentation de température au Canada au cours du dernier demi-siècle. Le réchauffement a affecté le débit des cours d'eau et provoque le dégel du pergélisol et de la glace de sol, ce qui modifie le transfert terre-eau douce-océan des particules, des éléments et du carbone organique. En raison des restrictions imposées par la COVID-19, les scientifiques de la CGC n'ont pas été en mesure d'effectuer des travaux sur le terrain dans le cadre du projet. Les scientifiques ont établi un partenariat solide avec les communautés autochtones locales pour mener à bien l'ensemble du programme de terrain (correspondant au prélèvement de 4 carottes de tourbe et de plus de 100 échantillons de végétation). L'engagement dans un partage bidirectionnel des

connaissances entre l'équipe de recherche, les membres de la communauté, les décideurs et les intervenants a permis de s'assurer que la recherche répondait aux besoins des gens du Nord et des utilisateurs finaux. Les possibilités de formation conçues pour les gens du Nord sont un élément clé de ce projet. Cette capacité accrue contribuera à une meilleure connaissance et à de meilleures prévisions des changements futurs en matière de qualité et de quantité d'eau pour les scénarios de réchauffement.

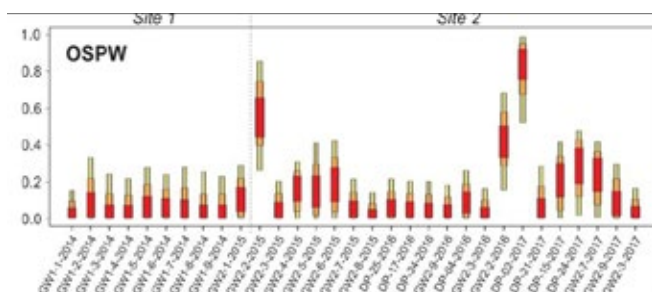
**Figure 21 :** Sarah Lord du Conseil des ressources renouvelables gwich'in (CRRG) pendant la saison estivale 2020. Chipesia et Lord ont recueilli des carottes de tourbe, des échantillons de végétation et des mesures de la profondeur de la nappe phréatique dans la région visée par l'entente avec les Gwich'in. Ces échantillons forment un ensemble de données qui nous renseignent sur la relation entre les communautés d'amibes et l'hydrologie. Avec suffisamment d'échantillons, cette relation peut être quantifiée statistiquement et fournira une base à la CGC pour reconstituer comment l'hydrologie a changé dans le bassin au cours des quelques centaines ou milliers d'années.



## **Soutien aux études environnementales sur les bassins de résidus qui fuient grâce à une science novatrice**

Les bassins de résidus en Alberta contiennent des eaux usées, du sable, du silt et des déchets pétrochimiques provenant des procédés **d'exploitation minière des sables pétrolifères**. En 2020, la Commission nord-américaine de coopération environnementale (CNACE) a lancé une enquête à la suite d'une plainte selon laquelle le gouvernement fédéral laissait de l'eau toxique se déverser dans la rivière Athabasca. La CNACE a notamment utilisé les données et les interprétations de la CGC pour évaluer les profils environnementaux des bassins de résidus et quatre articles scientifiques publiés par la CGC entre 2012 et 2018 sont cités. Le rapport conclut qu'il existe des preuves solides que le liquide des bassins s'infiltre dans les eaux souterraines des environs. Les travaux de la CGC sont toujours en cours sur les bassins de résidus. Un article publié en 2020 et portant sur les outils permettant de distinguer la source naturelle de la source anthropique de contaminants peut être trouvé ici : Ahad et al., 2020. (<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06875>)

**Figure 22** : Discrimination de l'eau des bassins de décantation des sables pétrolifères dans les environnements naturels.



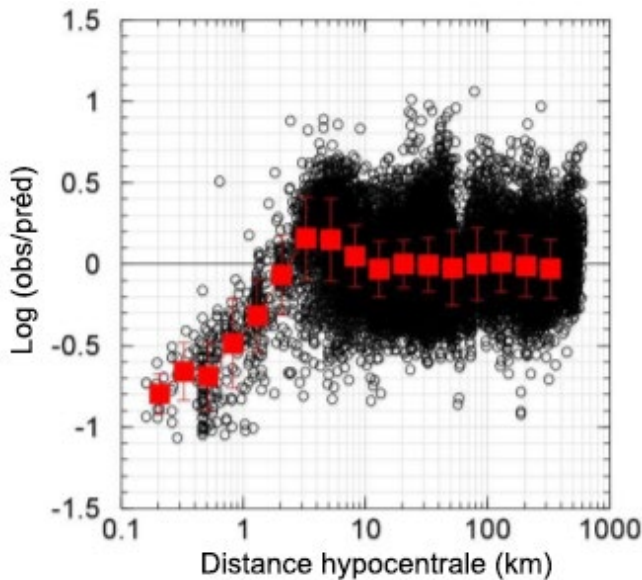
## **Créer un scénario gagnant-gagnant-gagnant pour l'industrie pétrolière et gazière, les régulateurs et le public**

Le projet de **recherche sur la sismicité induite** (RSI) a une portée nationale, comprenant des membres de l'équipe des bureaux de RNCan à Sidney, Ottawa et Québec. Le projet établit une collaboration étroite avec les secteurs public et privé, y compris les

gouvernements provinciaux et locaux, les sociétés d'État, les organisations professionnelles et le milieu universitaire, afin de combler des lacunes importantes dans les connaissances relatives au processus à la source des séismes induits et de fournir des données scientifiques fondées sur l'observation pour améliorer la réglementation sur la mise en valeur des ressources en **hydrocarbures non conventionnels**. La détermination fiable de la magnitude locale ( $M_L$ ) est cruciale pour la surveillance de la **sismicité induite**. Étant donné que les valeurs de magnitude rapportées par RNCan sont couramment utilisées par les organismes de réglementation de l'Alberta et de la Colombie-Britannique pour assurer une évaluation et une atténuation appropriées de l'aléa sismique causé par la sismicité induite, il était important et nécessaire de modifier la formule de magnitude de Richter pour mieux refléter les caractéristiques d'atténuation locale du Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien (BSOC). Dans cette étude, nous présentons une mise à jour de la formule  $M_L$  en utilisant l'ensemble de données le plus complet sur les séismes survenus dans le BSOC entre 2014 et 2018. La formule  $M_L$  révisée fournit une estimation cohérente de la  $M_L$  à partir de stations situées sur une large distance et une large gamme de magnitude. L'industrie de l'énergie et les organismes de réglementation utilisent cette valeur de magnitude dans le cas d'un séisme induit significatif/ressenti pour décider si la ou les opérations d'injection responsables doivent être arrêtées ou suspendues. En éliminant ou en minimisant le risque d'ordres d'arrêt ou de suspension controversés, les scientifiques de la CGC ont directement amélioré les réglementations sur les opérations pétrolières et gazières, permettant à l'industrie de l'énergie de réduire ses coûts d'exploitation tout en assurant la sécurité publique.



**Figure 23** : Différence entre le terme de correction observé et prédit en fonction de la distance pour les séismes dans le Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien.



**Publication d'orientations très attendues concernant le stockage géologique du carbone**

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) injecté est utilisé dans les opérations de récupération assistée du pétrole et d'autres hydrocarbures et pour le stockage géologique du carbone. Les scientifiques de la CGC ont contribué à la rédaction du document [ISO 27916 Preuve de stockage](#), récemment utilisé par le Département du Trésor américain pour sa proposition de réglementation concernant le crédit pour la séquestration de l'oxyde de carbone. Ce projet de directives, attendu depuis longtemps, concerne le stockage géologique sûr à long terme du CO<sub>2</sub> injecté.

**Quelles perspectives pour le PGE?**

En mai 2021, cinq scientifiques du PGE ont présenté un exposé public en direct sur le Web à un groupe de 89 personnes. Ces présentations publiques ont lieu chaque année; la prochaine aura lieu en mai 2022. Selon la tradition annuelle, les présentations seront publiées sur la [page YouTube du PGE](#) et disponibles dans GEOSCAN.



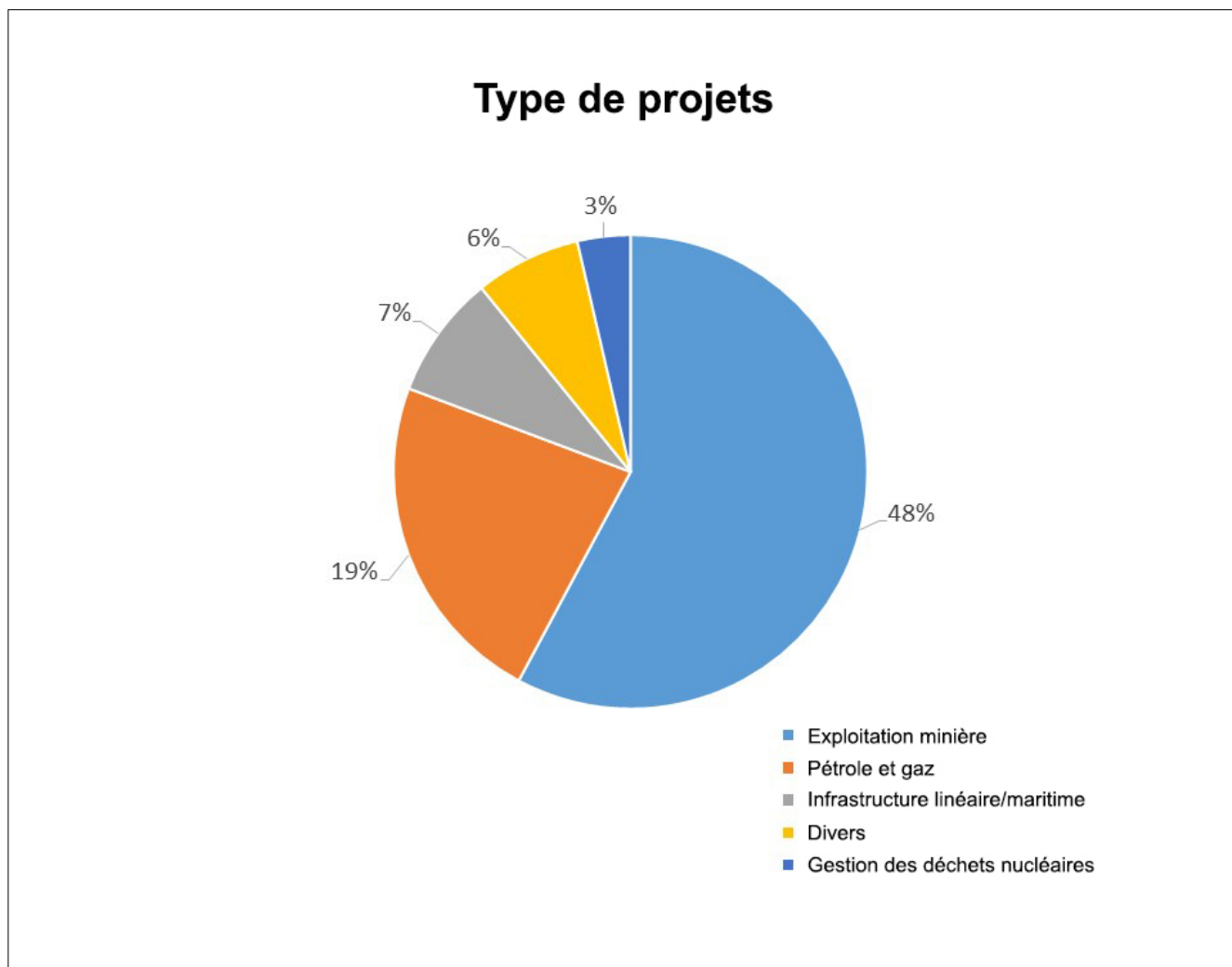
## Service d'évaluation d'impact environnemental (SEIE)

L'évaluation d'impact est un outil fédéral de planification et de prise de décisions utilisé pour évaluer les effets positifs et négatifs des projets proposés sur l'environnement, l'économie, la santé et la société, ainsi que les impacts sur les groupes autochtones et les droits des peuples autochtones. La *Loi sur l'évaluation d'impact* décrit un processus d'évaluation des impacts des grands projets. Avec la mise en œuvre de la nouvelle *Loi sur l'évaluation d'impact* (LEI 2019), certains projets continuent d'être

évalués en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (2012) antérieure à 2019.

La CGC est l'organisme fédéral responsable de l'évaluation de l'information géoscientifique dans les énoncés d'impact environnemental (EIE). Elle est chargée de gérer la coordination des études fédérales en matière d'évaluation environnementale qui nécessitent une expertise géoscientifique, en veillant à ce que des conseils approfondis, impartiaux et opportuns soient fournis avant que les projets n'aillent de l'avant pour les régimes d'évaluations environnementales (EE) du Nord et les évaluations environnementales du Sud en application à l'Agence d'évaluation d'impact du Canada, conformément

**Figure 24 :** Contribution de la CGC au SEIE – Exercice 2020-2021



aux obligations du Ministère prévues par la loi. Le SEIE fournit également des conseils et un soutien technique aux experts qui participent aux commissions d'examen conjoint quasi-judiciaires à la suite des évaluations d'impact.

Le Service d'évaluation d'impact environnemental (SEIE) de la CGC fournit des données scientifiques impartiales (intermédiaire impartial) et favorise la planification de l'utilisation des terres et la mise en valeur des ressources respectueuse de l'environnement, tant sur terre que dans nos eaux côtières et en mer.

En 2020-2021, la CGC a apporté son expertise géoscientifique à 38 projets à différentes étapes de leur cycle de vie. Elle répond également aux besoins des clients et contribue à un processus décisionnel fédéral éclairé en matière économique et environnementale.

## **Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :**

### ***Soutien à la sécurité et à la durabilité dans le secteur minier du Canada***

Le projet de mine Grassy Mountain, une exploitation à ciel ouvert couvrant 2 800 hectares en Alberta, devrait produire 4,5 millions de tonnes de charbon par an pendant sa durée de vie de 25 ans. Les scientifiques de la CGC ont fourni une expertise scientifique sur l'hydrogéologie, les dangers du terrain et la sismicité lors des audiences de la commission d'examen conjoint (CEC) en octobre 2020.

### ***Protéger les aquifères sur les terres autochtones***

Le projet d'agrandissement du réseau Trans Mountain (TMX) est soumis à 156 conditions exécutoires, conçues pour atténuer les risques, respecter les droits des personnes directement touchées et fonctionner en toute sécurité. Un hydrogéologue de la CGC a fourni un examen scientifique post-environnemental pour satisfaire à la condition n°39 – une étude hydrogéologique relative à l'aquifère de la réserve indienne de Coldwater en Colombie-Britannique, y compris la quantification des risques posés aux réserves d'eau souterraine en cas de fuites, d'accidents ou de défaillances.



### **Quelles perspectives pour le SEIE de la CGC**

Le SEIE de la CGC continuera de répondre en temps opportun à tous les aspects géoscientifiques des évaluations environnementales, à la demande de l'Agence d'évaluation d'impact du Canada et d'autres organismes ou ministères. Cela comprend tous les éléments techniques ainsi que les aspects non techniques, législatifs et politiques liés aux EE tout au long du cycle de vie d'un projet.

## Initiative géoscientifique ciblée (IGC)

### Description du programme

L'Initiative géoscientifique ciblée (IGC) répond aux priorités continues du gouvernement, qui consistent à favoriser une forte croissance économique et une mise en valeur responsable des ressources. Le programme fournit des données géoscientifiques publiques novatrices pour aider l'industrie de l'exploration minière à identifier et à mettre en valeur les gîtes minéraux dans les régions minières émergentes et existantes du pays, améliorant ainsi la réputation du Canada en tant que destination pour les investissements en exploration. En septembre 2020, l'IGC a reçu le renouvellement de son programme sur une base permanente à un niveau de financement supplémentaire d'environ 5 millions de dollars par année, en mettant l'accent sur les minéraux et les métaux critiques.

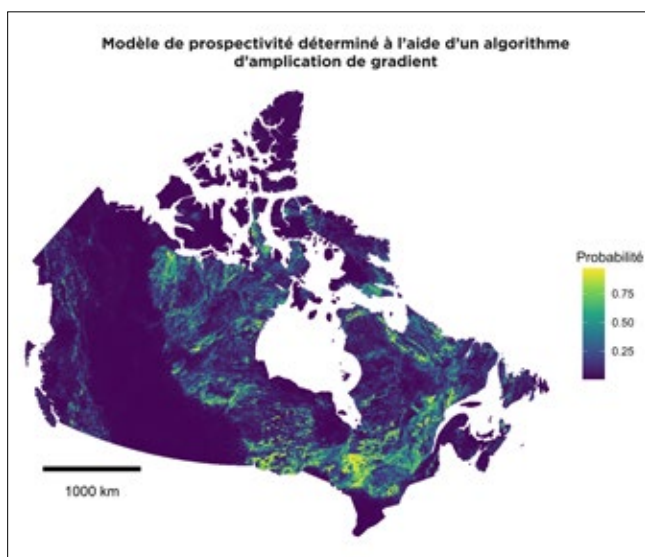
Les résultats souhaités de l'IGC sont les suivants : l'utilisation par les intervenants des nouvelles géosciences contribue à l'élaboration de méthodes d'exploration minière et à la prise de décisions en matière de gestion des ressources naturelles; les intervenants utilisent les résultats du programme pour mener leurs propres recherches géoscientifiques (p. ex., pour produire des modèles prédictifs du potentiel minéral), avec le résultat final souhaité – l'attrait du Canada pour les investissements dans l'exploration et la mise en valeur durables des ressources minérales.

L'IGC soutient le secteur minier canadien en réduisant le risque d'investissement par la prestation de services géoscientifiques publics de classe mondiale qui favorisent l'innovation, la compétitivité mondiale et les pratiques respectueuses de l'environnement. En se concentrant sur les principaux systèmes minéralisés et sur des méthodes d'analyse, de laboratoire et de terrain améliorées, l'IGC rehausse l'efficacité de l'exploration minière grâce à la modélisation géologique de la prochaine génération, ainsi qu'à des outils de pointe, des techniques novatrices et des modèles prédictifs.

Pour suivre le rythme des progrès scientifiques et des technologies émergentes liées aux données,

l'IGC met également l'accent sur la diffusion efficace des données publiques et sur les applications de l'intelligence artificielle et des technologies perturbatrices connexes. L'IGC s'appuie sur ses recherches sur les systèmes minéralisés et exploite les ressources de données élaborées par le programme pour créer des systèmes numériques destinés au public, capables de créer des modèles prédictifs et des cartes du potentiel minéral du Canada pour les principaux produits de base.

**Figure 25 :** Résultats du modèle de prospectivité pour les systèmes minéralisés magmatiques à sulfures de nickel (Ni) [+ cuivre (Cu) + cobalt (Co) + éléments du groupe du platine (ÉGP)] en utilisant un algorithme d'amplification de gradient (gradient boosting machine [GBM]) (Lawley et al. 2021). Les résultats du modèle sont basés sur des ensembles de données géophysiques, géologiques et géochimiques accessibles au public. Les gîtes magmatiques de nickel sont indiqués à titre de référence (Good et al. 2015).



**Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :**

**Exploitation de l'intelligence artificielle (IA) pour créer un moteur de potentiel minéral**

À la fin du mois de mars 2021, les scientifiques de la CGC ont mené à bien l'un des contrats les plus importants pour le service public en utilisant l'IA pour

le traitement du langage naturel. Les travaux ont porté sur des méthodes innovantes pour rechercher et trier avec précision de grandes bibliothèques de données de publications scientifiques textuelles (3 millions de mots dans des dizaines de milliers de publications), en utilisant la recherche sémantique, la prédiction de mots clés et la similarité entre documents dans un délai quasi instantané. Les résultats ont démontré, pour la première fois, que l'utilisation des modèles linguistiques basés sur l'IA avec une bibliothèque de publications spécifiques à la géologie améliorerait considérablement les résultats de recherche et augmentait l'accès à l'information et aux données. Ce projet, qui fait suite à un engagement avec l'industrie de l'exploration minière, contribuera à la croissance de l'économie canadienne en encourageant l'industrie à débloquer ses propres données textuelles non structurées et en continuant à accroître l'accès aux connaissances géoscientifiques de pointe.

**Synthèse de la recherche géoscientifique pour mettre en valeur cinq années de succès**

Au cours de l'exercice 2020-2021, l'IGC a terminé cinq [rapports de synthèse](#) présentant les résultats de cinq années de recherche dans le cadre des cinq projets de recherche de l'IGC-5. À ce jour, deux dossiers publics et un bulletin ont été publiés (disponibles dans GEOSCAN) et deux autres bulletins sont sous presse. Vous trouverez ci-dessous des détails concernant chaque bulletin :

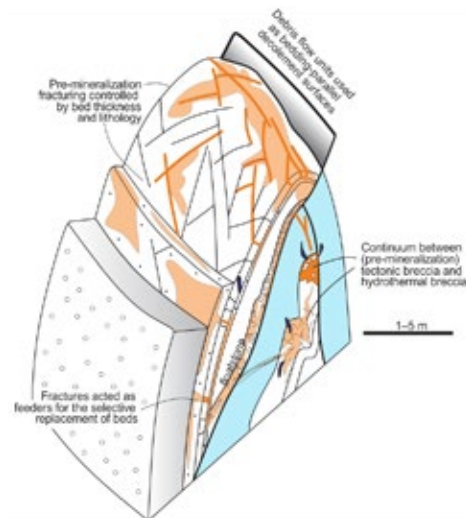
- Projet sur l'or de l'IGC-5 : [A summary of contributions to the understanding of Canadian gold systems](#)** (Dossier public 8712. Éditeurs : Mercier-Langevin, P.; Lawley, C.J.M.; Castonguay, S.) : Ce volume de synthèse contient 20 articles individuels qui traitent des caractéristiques des gisements [aurifères](#) à une échelle s'échelonnant du craton au gisement, ainsi que des documents de soutien relatifs au projet sur l'or de l'IGC-5, qui s'est étalé sur cinq ans. Ce rapport fournit des outils transformateurs qui aideront à la découverte d'or et à l'exploration des minéraux critiques associés dans un plus grand nombre de contextes géologiques que ceux connus jusqu'à présent. Les résultats

de ces travaux généreront de nouvelles possibilités d'exploration, ce qui soutiendra l'industrie de l'exploration minière du Canada et contribuera à la croissance économique. Une critique fortement positive de ce rapport a été publiée dans *Economic Geology* en février 2021.

**Figure 26 :** Géologues de la CGC, de la Commission géologique du Yukon et d'ATAC Resources sur le terrain au Yukon, axe aurifère de Nadaleen, centre du Yukon. Photo : P. Mercier-Langevin (CGC).



**Figure 27 :** Résumé des caractéristiques et des contrôles sédimentologiques et structuraux sur la distribution de l'or dans la ceinture de Rackla, centre du Yukon. Tiré de Pinet et al. (2020), synthèse du projet sur l'or de l'IGC-5, Dossier public 8712.

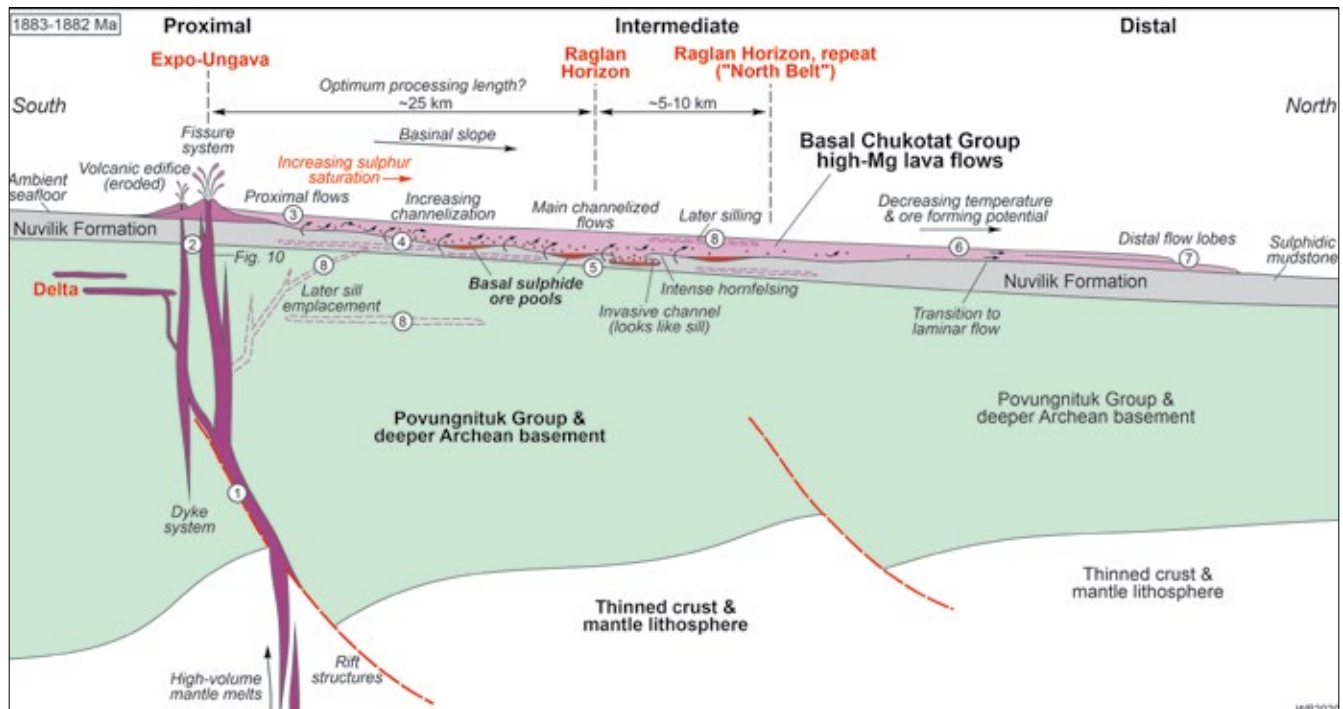




- IGC-5 : Advances in the understanding of Canadian Ni-Cu-PGE and Cr ore systems - Examples from the Midcontinent Rift, the Circum-Superior Belt, the Archean Superior Province, and Cordilleran Alaskan-type intrusions** (Dossier public 8722. Éditeurs : Bleeker, W. et Houlié, M.G.) : Ce volume de synthèse contient neuf articles individuels qui traitent de divers exemples canadiens relatifs au projet sur les minéralisations de nickel-cuivre-éléments du groupe du platine-chrome (Ni-Cu-ÉGP-Cr) de l'IGC-5, de l'échelle d'un gisement jusqu'aux éléments constitutifs

fondamentaux des systèmes magmatiques. Cette publication présente les principaux résultats de cinq années de recherche à travers le pays sur les gisements canadiens de nickel, de cuivre, de platine (et autres éléments du groupe du platine) et de chrome. Ces gisements forment l'épine dorsale de camps miniers établis et émergents et tous sont considérés comme critiques et essentiels pour les nouvelles technologies, les véhicules électriques à énergie propre et un avenir sobre en carbone.

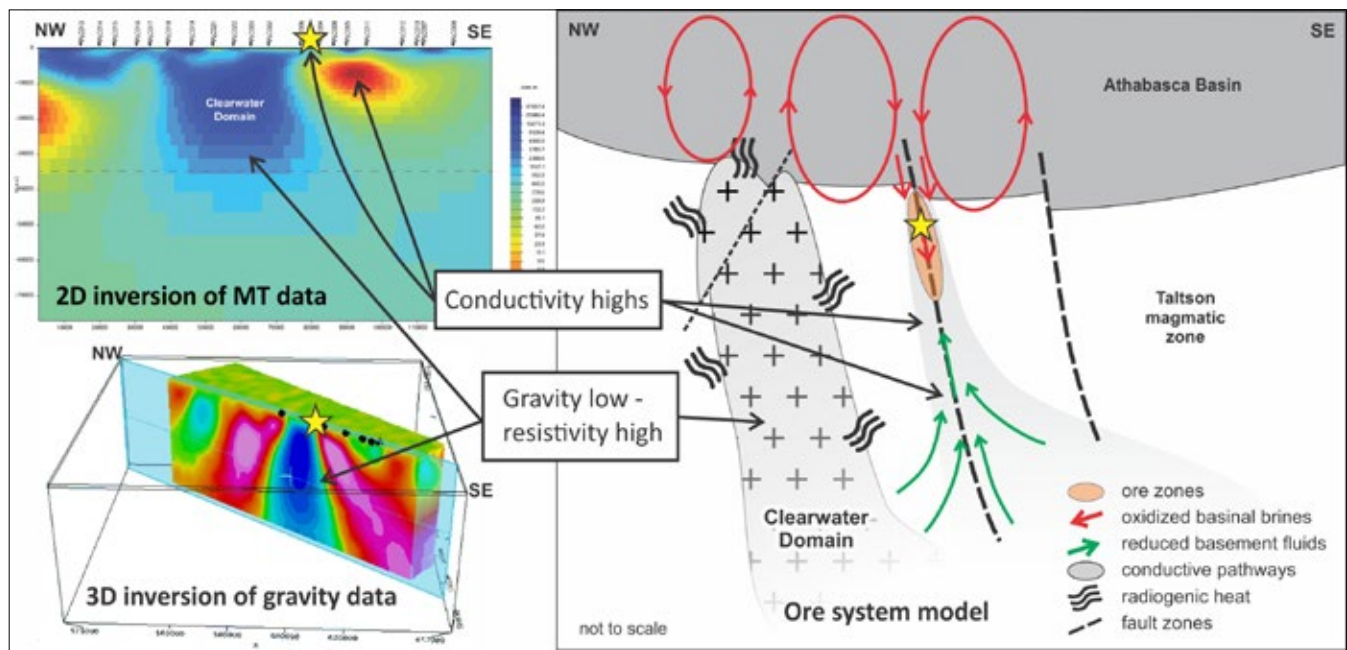
**Figure 28 :** Les recherches de l'IGC-5 ont permis de reconstituer les éléments essentiels de l'économiquement important système minéralisé associé aux coulées de lave riches en magnésium de très haute température et à leur système volcanique de conduits nourriciers. Des lentilles de minerai sulfuré (lentilles rouges sur l'image) à haute teneur en Ni-Cu-ÉGP et à quantité mineure de Co se forment dans des dépressions à la base de ces coulées de lave à écoulement turbulent, en raison de l'interaction des coulées de lave avec les roches sédimentaires sous-jacentes riches en soufre (Formation de Nuvilik), qui formaient le fond marin ambiant à l'époque, il y a 1 882 millions d'années. Le système magmatique de fusion du manteau profond ayant produit les coulées de lave s'étendait sur des milliers de kilomètres et a formé des gisements de ce type dans le nord du Québec (Raglan) et au Manitoba (Thompson). Référence : Bleeker, W. et Kamo, S., 2020. Structural-stratigraphic setting and uranium-lead (U-Pb) geochronology of Ni-Cu-Co-PGE ore environments in the central Cape Smith Belt, Circum-Superior Belt; in Targeted Geoscience Initiative 5: Advances in the understanding of Canadian Ni-Cu-PGE and Cr ore systems – Examples from the Midcontinent Rift, the Circum-Superior Belt, the Archean Superior Province, and Cordilleran Alaskan-type intrusions, (éd.) W. Bleeker et M.G. Houlié; Commission géologique du Canada, Dossier public 8722, p. 65–98.



- **IGC-5 : Integrated multidisciplinary studies of unconformity-related uranium deposits from the Patterson Lake corridor, northern Saskatchewan** (Bulletin 615. Éditeurs : Potter, E G; Tschirhart, V.; Powell, J.W.; Kelly, C.J.; Rabiei, M.; Johnstone, D.; Craven, J.A.; Davis, W.J.; Pehrsson, S.; Mount, S.M.; Chi, G.; Bethune, K.M.) : Ce rapport met en évidence les résultats de cinq années d'étude dans le corridor du lac Patterson. Situé le long de la marge sud-ouest du bassin

d'Athabasca en Saskatchewan, le corridor abrite des gisements d'uranium à haute teneur (Triple R et Arrow) qui diffèrent des gisements d'uranium classiques du bassin d'Athabasca. Les résultats de l'étude appuient la classification des gisements comme étant du type gîtes liés à une discordance, mais mettent en lumière le rôle des intrusions granitiques à forte production de chaleur dans l'activation des cellules de fluides hydrothermaux qui ont formé les gisements.

**Figure 29 :** Intégration des données géophysiques, géochimiques, isotopiques, thermodynamiques et structurales pour générer un modèle de système minéralisé pour les gisements d'uranium du corridor du lac Patterson récemment découverts, dans le sud-ouest du bassin d'Athabasca. Modifié de Tschirhart et al. (2019) et Potter et al. (2020). Emplacement du gisement d'Arrow indiqué par une étoile dans les transects géophysiques.



- **IGC-5 : Contributions to the understanding and exploration of porphyry deposits** (Sous presse. Éditeurs : A. Plouffe et E. Schetselaar) : Les gîtes porphyriques sont des sources importantes d'une variété de métaux, dont le cuivre, le molybdène, l'étain et le tungstène. Neuf des dix articles de cette synthèse décrivent des projets menés dans la Cordillère canadienne, où se trouvent la plupart des gîtes porphyriques canadiens, et un article porte sur des gisements similaires, mais plus anciens, dans les Appalaches

du Canada atlantique. L'objectif principal de ces recherches de l'IGC était de mieux définir les conditions géologiques où se forment les gîtes porphyriques et de mettre à l'essai des techniques de détection des gîtes porphyriques enfouis à l'appui de l'exploration minérale. Les résultats de ces études présentent des méthodes novatrices pour la découverte de cuivre, d'or et d'autres substances utiles dans la Cordillère canadienne et la région des Appalaches.

**Figure 30 :** *Chalcopyrite et molybdénite dans la tonalite de la phase « Mine » à la mine Gibraltar, dans le centre sud de la Colombie-Britannique.*



**Figure 31 :** *Minéralisation supergène de cuivre natif, de chalcocite et d'hématite à la mine New Afton, dans le centre sud de la Colombie-Britannique.*



- **IGC-5 : Volcanic and sediment hosted massive sulfide deposit genesis and exploration methods** (Sous presse. Éditeurs : Peter, J.M. et Gadd, M.G.) : Cette contribution résume les résultats d'une étude de cinq ans sur de multiples types de gîtes minéraux : shales noirs surenrichis à minéralisation polymétallique; gîtes exhalatifs de plomb-zinc (Pb-Zn) dans des roches sédimentaires; gîtes de Pb-Zn et de magnésite dans des roches carbonatées; gîtes de remplacement contrôlé par des fractures à minéralisation de Zn-Pb et d'élément de terres rares-fluor-baryum; et gîtes de sulfures massifs volcanogènes. Les études ont utilisé la géologie de terrain, combinée à des méthodes géochimiques (lithogéochimie, isotopes stables et radiogéniques, inclusions fluides et chimie minérale) et géophysiques (propriétés des roches, magnétotellurique et sismique). Collectivement, la recherche fournit des modèles génétiques et d'exploration avancés pour les gîtes de métaux communs dans des roches volcaniques et des roches sédimentaires, ainsi que de nouvelles techniques de laboratoire, géophysiques et de terrain.

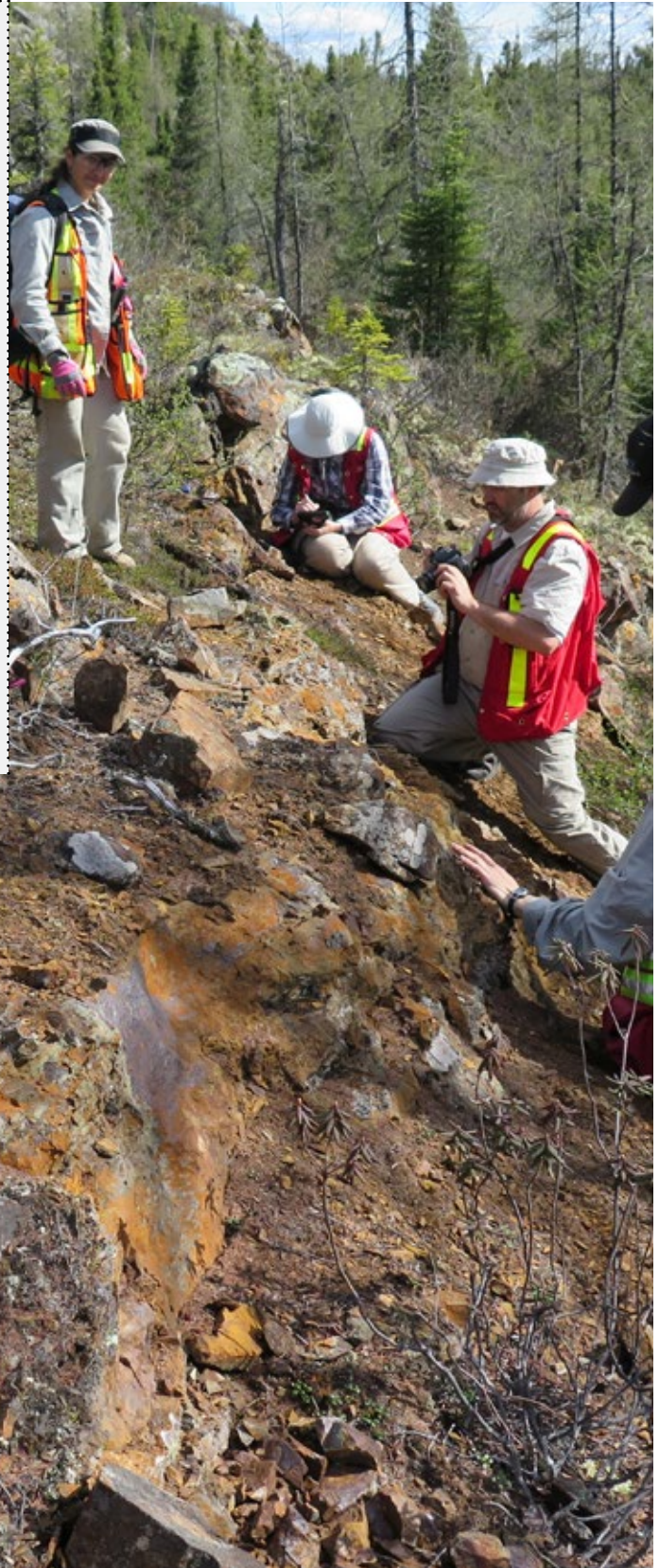
#### **Planification d'une nouvelle phase de recherche géoscientifique**

- L'IGC a réalisé une évaluation du programme au cours de l'exercice 2020-2021. En réponse aux recommandations du rapport d'évaluation, l'IGC a élaboré les documents suivants : une proposition de moteur d'intelligence minérale; un plan d'action pour la gestion de l'information/technologie de l'information (GI/IT) de l'IGC; un plan de mobilisation des parties prenantes de l'IGC; et un plan de gestion du rendement de l'IGC. Ces documents permettront d'orienter la recherche, les processus, la mobilisation et les rapports du programme, lequel entre dans une nouvelle phase.



### Quelles perspectives pour l'IGC?

Avec le renouvellement du programme à l'automne 2020, l'IGC a commencé des études à court terme pour jeter les bases de la recherche à plus long terme du programme qui débutera au cours de l'exercice 2021-2022 dans le cadre de deux piliers de recherche : le projet sur les systèmes minéralisés et le projet sur les géosciences numériques et le développement de méthodes. Au début de 2020, le programme a également lancé un appel de propositions pour son programme de subventions, qui soutiendra des études complémentaires menées par des institutions externes et se déroulant jusqu'en mars 2023. Ces projets de recherche soutiendront les objectifs de l'IGC, étendant la portée du programme et élargissant ses résultats.





## Priorité stratégique 3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada

Deux programmes de S-T de la CGC sont visés par la priorité stratégique 3 :

- Programme Géosciences pour la sécurité publique (PGSP)
- Programme Géosciences des changements climatiques (PGCC).

### Programme Géosciences pour la sécurité publique (PGSP)

Le programme Géosciences pour la sécurité publique (PGSP) développe des connaissances et des outils nouveaux et innovateurs pour appuyer la gestion des urgences, le développement, la planification et les décisions réglementaires qui augmentent la résilience et diminuent les risques afin de garder les Canadiens en sécurité contre les tremblements de terre, les glissements de terrain terrestres et sous-marins, les volcans, les tsunamis, les inondations côtières et la météorologie spatiale. Le programme travaille en étroite collaboration avec Sécurité publique Canada et d'autres ministères fédéraux à l'élaboration du Profil de risque national, une toute première image à l'échelle nationale des risques de catastrophes au Canada, afin de soutenir les investissements stratégiques dans la réduction des risques. La contribution du programme consiste à fournir une base de données probantes pour comprendre les pertes potentielles dues aux tremblements de terre dans tout le pays.

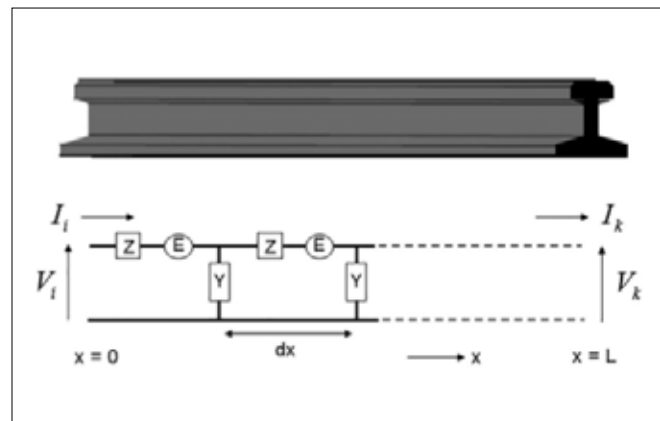
Le résultat à court terme du PGSP est que les décideurs fédéraux, provinciaux, territoriaux, municipaux et industriels (tels que les décideurs politiques, les promoteurs de projets, les gestionnaires d'urgence, les planificateurs communautaires, les propriétaires de services publics) disposent de preuves scientifiques et d'outils quantitatifs pour évaluer les risques liés aux aléas géologiques, ce qui permet à tous les niveaux de gouvernement et aux communautés autochtones de prendre des décisions fondées sur des preuves pour réduire les risques, le résultat final étant que le Canada est plus résilient aux dangers naturels.

**Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :**

### Étude des interférences géomagnétiques sur les signaux ferroviaires

Le PGSP a cherché à comprendre les vulnérabilités du système ferroviaire face à la météorologie spatiale et à aider les opérateurs ferroviaires à réduire les risques. Les signaux ferroviaires sont activés par des circuits dans les voies ferrées qui détectent la présence d'un train dans une section de rail particulière. Cependant, il existe un certain nombre d'exemples où des champs électriques induits géomagnétiquement ont interféré avec le fonctionnement des circuits de voie, affichant ainsi un signal ferroviaire incorrect. Les scientifiques de la CGC ont élaboré un nouveau modèle pour le fonctionnement des circuits de voie ferrée afin d'inclure les champs géoélectriques induits produits par les variations du champ géomagnétique. Ce modèle permet de comprendre les conditions qui produisent des problèmes de signalisation et fournit des outils pour évaluer les aléas géomagnétiques.

**Figure 32 :** Un rail et son modèle de ligne de transmission (de Boteler, D. H. (2021). Modeling geomagnetic interference on railway signaling track circuits. *Space Weather*, 19, <https://doi.org/10.1029/2020SW002609>).

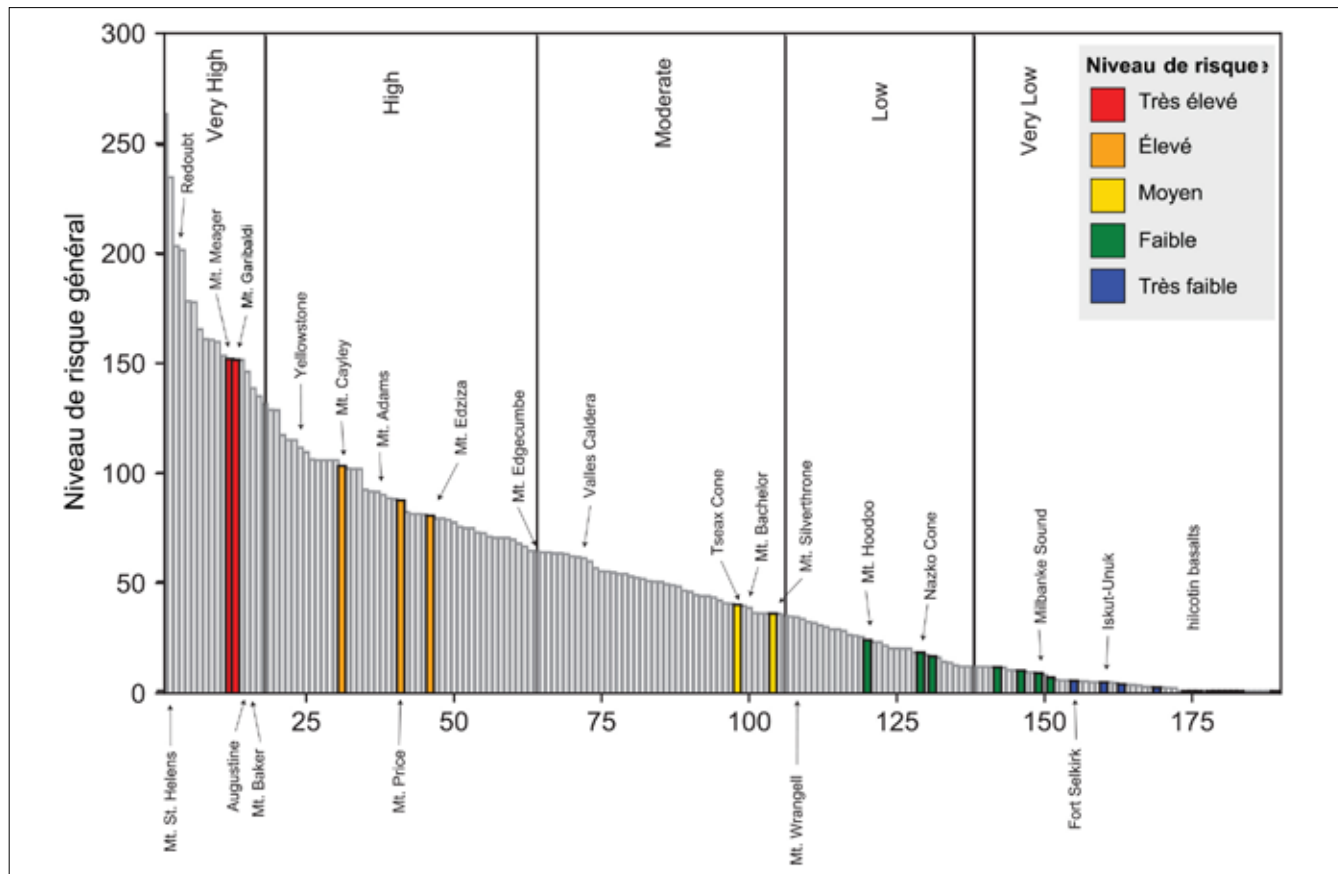


### Évaluation des menaces posées par les volcans canadiens

Il existe des centaines de volcans potentiellement actifs dans l'ouest du Canada, dont une cinquantaine sont entrés en éruption au cours des 10 000 dernières années. Les scientifiques de la CGC ont adapté une méthodologie de l'United States Geological Survey (USGS) pour évaluer 28 volcans canadiens et ont déterminé que deux volcans – le mont Meager et le mont Garibaldi – ont une cote de menace « très élevée » presque identique à celle de Lassen Peak en Californie et de St. Augustine en Alaska, tous deux considérés comme très actifs et ayant connu plusieurs grandes éruptions au XX<sup>e</sup> siècle. Les volcans qui présentent une menace élevée, comme le mont Cayley, le mont Edziza et le mont Price, ont une cote de menace semblable à celle du mont

Churchill en Alaska et du mont Adams dans l'État de Washington. On pense que le mont Churchill est la source des cendres de White River (env. 1250 BP), un dépôt de téphra qui couvre une grande partie du nord du Canada. La dernière éruption du mont Adams remonte à environ mille ans et son histoire récente est marquée par de grands lahars et des coulées de débris. Ce [document de 2021](#) aide à comprendre la menace relative des volcans canadiens et à prioriser les recherches et la surveillance futures, et à contribuer à l'avenir au Profil de risque national du Canada dans le cadre de la Stratégie de sécurité civile.

**Figure 33 :** Niveaux de menace des volcans canadiens (en couleur) comparés à ceux des volcans des États-Unis.

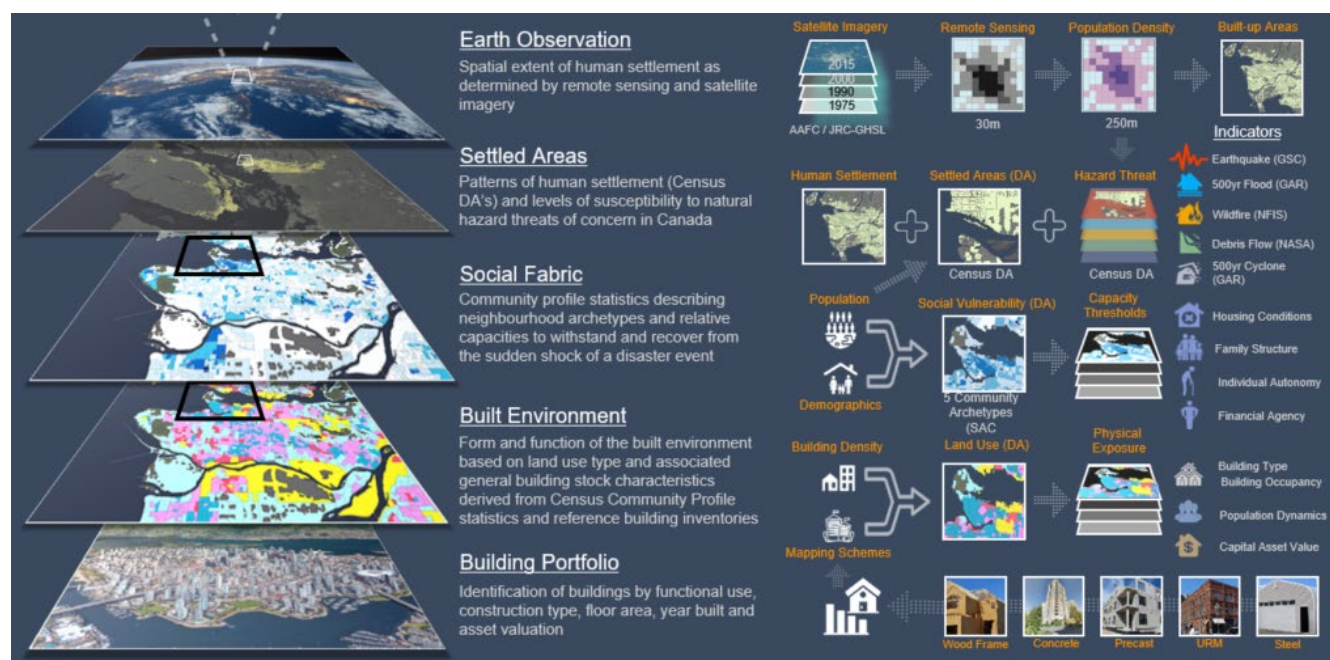


## Comprendre ce qui est menacé

Afin d'évaluer les impacts potentiels de la manifestation des aléas, nous devons comprendre ce qui est exposé à ces événements dangereux. Pour répondre à ce besoin fondamental dans l'évaluation des risques, les chercheurs de la CGC ont élaboré une couche SIG nationale qui fournit des renseignements sur les bâtiments et les personnes au niveau du quartier. Cette couche de données est basée sur l'imagerie satellitaire qui délimite l'étendue des lieux habités partout au Canada; les limites des aires de

diffusion de Statistique Canada; les statistiques sur le profil des collectivités tirées des données du recensement; l'information sur le type d'utilisation des terres; et les caractéristiques du parc immobilier dérivées des études sur les sites. Cela fournit les données nécessaires pour comprendre qui et quoi sont exposés aux dangers naturels, et quelle pourrait être leur vulnérabilité potentielle à ces dangers. Cette couche est fondamentale pour la modélisation des risques liés aux dangers naturels et a été élaborée à une échelle qui pourrait favoriser la planification et la gestion des urgences au niveau communautaire.

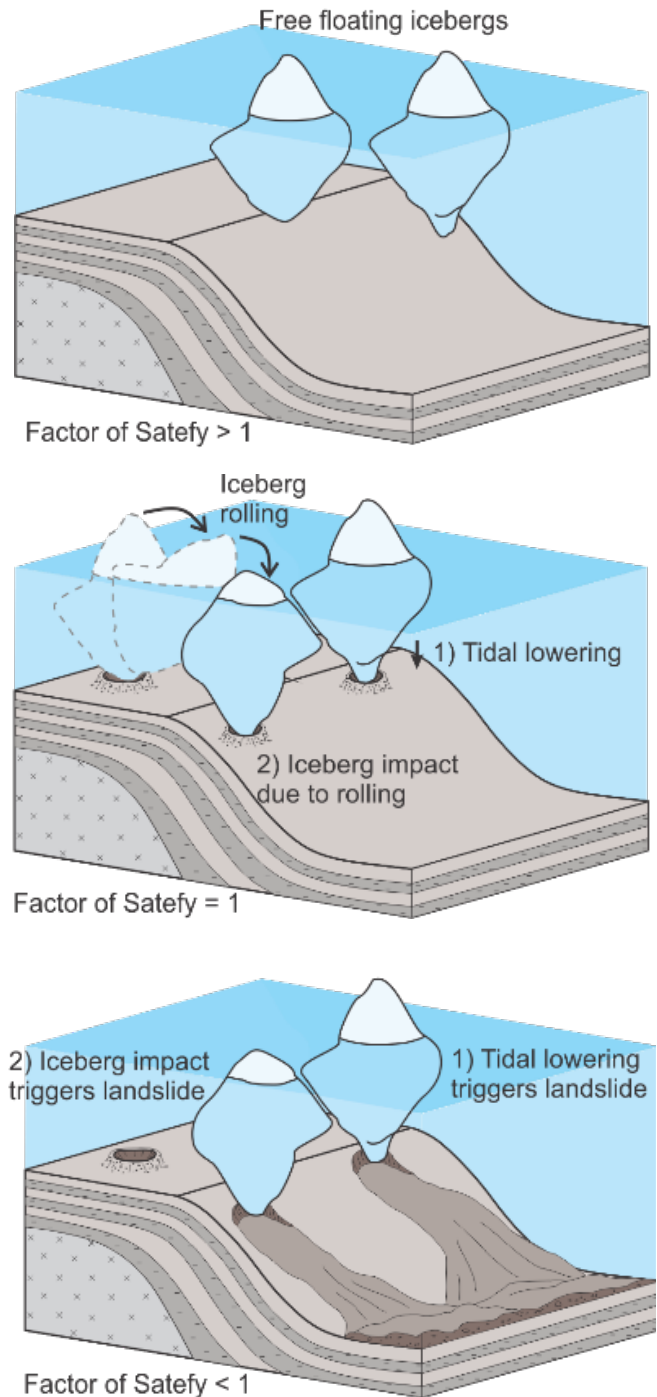
**Figure 34 :** Composantes du modèle national d'exposition aux dangers naturels et information géospatiale fondamentale pour étayer l'évaluation des risques.



**Nouvelle découverte sur les impacts des icebergs sur le plancher océanique**

Dans le cadre des recherches menées par la CGC dans la baie de Baffin et soutenues par Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada pour évaluer les aléas géologiques près des collectivités côtières de l'île de Baffin, on a observé pour la première fois la trace d'un glissement de terrain sous-marin déclenché par un iceberg étant entré en collision avec le plancher océanique. Un glissement de terrain sous-marin déclenché par l'échouage d'un iceberg est une découverte importante, car les icebergs s'échouent dans de nombreux fjords et sur la marge continentale de la baie de Baffin, ce qui représente un danger jusqu'alors inconnu sur le plancher océanique à une profondeur supérieure à celle de la quille de l'iceberg. Ces résultats montrent que les environnements arctiques sont des endroits où des processus sont actifs sur les fonds marins, lesquels peuvent avoir des conséquences sur les futures infrastructures maritimes ainsi que sur les collectivités voisines. La compréhension des éléments déclencheurs des aléas géologiques marins permettra aux parties prenantes et aux décideurs de gérer correctement les infrastructures côtières et du plancher océanique et de protéger les collectivités dans un environnement marin actif et en changement.

**Figure 35 :** Processus par lequel la charge verticale d'un iceberg sur le fond marin déclenche un glissement de terrain sous-marin.





### **Quelles perspectives pour PGSP?**

Le PGSP s'efforcera d'inclure une optique des changements climatiques afin de comprendre la nature changeante des dangers et des risques qui leur sont associés. Le programme élaborera également des lignes directrices à l'intention des collectivités côtières du Canada afin de comprendre et d'atténuer les aléas d'inondation côtière. Les scientifiques du PGSP amélioreront les techniques de prévision des effets de la météorologie spatiale, de surveillance des glissements de terrain et de localisation des tremblements de terre, et lanceront un profil du risque sismique à source ouverte pour le Canada à l'échelle du quartier dans le cadre du Profil de risque national de la Stratégie de sécurité civile du Canada. Toujours dans le cadre du Profil de risque national, le programme collabore avec Sécurité publique Canada afin de fournir de l'information sur les scénarios sismiques fondés sur des données probantes à l'appui de leurs séances d'évaluation des risques et des capacités. Ces séances destinées à l'ensemble de la société permettront de comprendre les risques et les lacunes dans le domaine de la gestion des urgences au Canada. Cette nouvelle perspective sera intégrée à un rapport public sur le profil de risque national en 2022.

### **Programme Géosciences des changements climatiques (PGCC)**

Le programme Géosciences des changements climatiques (PGCC) de la CGC vise à mieux comprendre les impacts des changements climatiques au Canada. Les scientifiques du PGCC effectuent des recherches géologiques sur le pergélisol, l'érosion côtière, l'élévation du niveau de la mer, les phénomènes météorologiques extrêmes et la fonte des glaciers. Le programme fournit de l'information et des données de pointe pour améliorer notre compréhension de la façon dont la masse continentale du Canada est touchée par les changements climatiques afin de soutenir la planification de l'utilisation des terres, le développement des infrastructures et d'aider l'industrie et les communautés à risque à s'adapter.

En permettant aux utilisateurs finaux d'accéder aux produits de connaissances du PGCC pour faciliter l'identification des priorités en matière de préparation et d'adaptation au Canada, et aux utilisateurs de les mettre en œuvre, le résultat à long terme souhaité est que les mesures d'adaptation soient mises en œuvre par les utilisateurs finaux au moyen de codes, de normes, de lignes directrices et de pratiques exemplaires.

### **Nouvelles méthodes de travail pendant la pandémie de COVID-19**

Le travail sur le terrain est une composante importante des recherches géoscientifiques, mais les déplacements vers les sites d'étude étant limités par la COVID-19, les scientifiques du PGCC ont dû faire preuve d'ingéniosité pour trouver des moyens de poursuivre leurs recherches pendant la pandémie. Dans certains cas, ils ont dû mettre davantage l'accent sur les méthodologies et les technologies de télédétection, tandis que dans d'autres, ils ont dû solliciter l'aide de partenaires. Par exemple, afin de réduire au minimum les lacunes dans

les données des activités de surveillance annuelle, les chercheurs sur le pergélisol ont fourni à leurs collègues fédéraux et territoriaux et aux entrepreneurs locaux du Nunavut et des Territoires du Nord-Ouest des instruments préprogrammés, des protocoles de collecte de données sur le terrain, ainsi que les coordonnées, les descriptions et les instructions relatives aux sites de surveillance du pergélisol, et ils ont compté sur leurs partenaires pour les aider à recueillir les données nécessaires. L'équipe de glaciologie a fait appel à des entrepreneurs locaux de la Cordillère occidentale et du Haut-Arctique pour effectuer des mesures dans le cadre des études sur le bilan de masse des glaciers et pour entretenir les équipements sur les glaciers. Les chercheurs en milieu côtier ont pu préprogrammer des instruments et travailler avec des partenaires à Inuvik pour assembler et déployer l'équipement. Le succès de ces collaborations a permis d'assurer la continuité des activités du PGCC et est dû en grande partie aux solides partenariats qui ont été établis au fil du temps avec les collaborateurs et les communautés.

**Figure 36 :** Un technicien de l'Aurora Research Institute d'Inuvik (T.N.-O.) assemble les atterrisseurs du fond marin de la CGC tandis qu'un autre vérifie les instructions d'assemblage par vidéoconférence avec le personnel de la CGC en Nouvelle-Écosse.

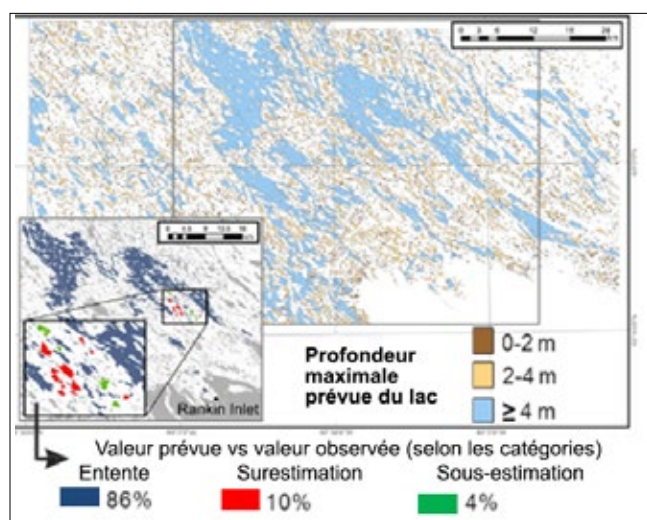


## Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :

### *Faire progresser le développement de la délimitation des taliks*

Les chercheurs du PGCC spécialisés dans le pergélisol **développent de nouvelles approches** pour aider à délimiter les taliks ouverts, des zones de sol non gelé que l'on trouve principalement sous les grands lacs profonds qui ne gèlent pas jusqu'à leur fond. Les **taliks** fournissent des connexions hydrauliques entre les eaux de surface et les eaux souterraines, ce qui peut avoir une incidence sur le développement de projets miniers, car ces voies potentielles ont des répercussions sur la gestion des eaux de mine et le transport des contaminants. Un scientifique du PGCC a utilisé le modèle numérique d'élévation à haute résolution **Arctic DEM** pour extraire des variables topographiques et élaborer et valider des modèles régionaux afin de déterminer la profondeur maximale des lacs pour évaluer la présence de taliks sous les lacs des régions de Kivalliq et de Kitikmeot au Nunavut.

**Figure 37 :** Profondeur maximale des lacs déterminée pour une région de Kivalliq au Nunavut et évaluation du rendement du modèle.





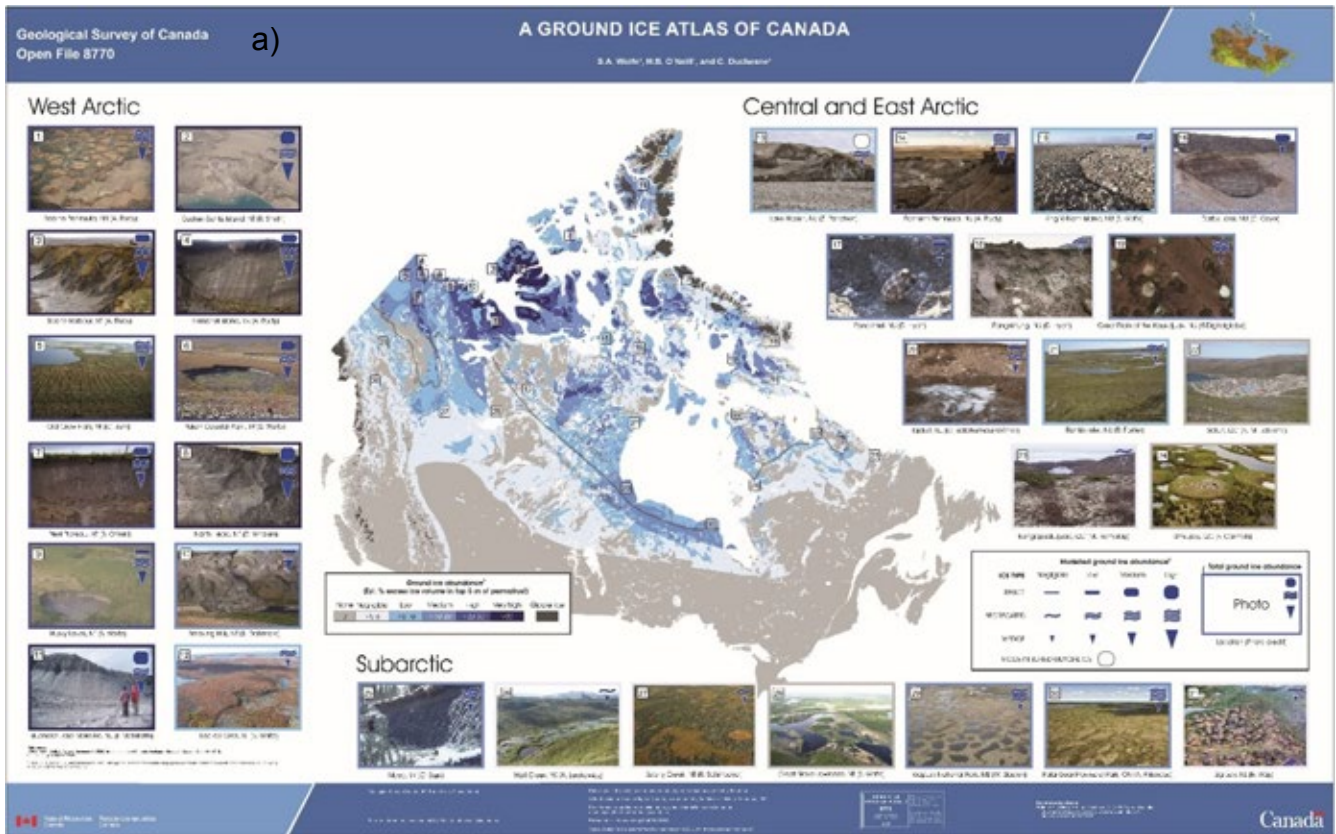
## ***Atlas de la glace de sol du Canada***

Les scientifiques du PGCC qui participent au projet Appuyer l'adaptation dans les régions pergélisolées ont récemment publié un [Atlas de la glace de sol du Canada](#) sous forme de dossier public de la CGC. L'Atlas décrit les divers types et abondances de glace de sol dans le nord du Canada, en les illustrant par 31 exemples provenant de collectivités, de sites de développement et de milieux naturels de l'Arctique canadien. Les sites représentent une gamme de conditions environnementales dans les zones de pergélisol continu et discontinu du Canada. L'Atlas compare les abondances de glace de sol modélisées aux observations sur le terrain, et examine les implications des processus de dégel dans les terrains riches en glace ([thermokarst](#)), fournissant des conseils pour les projets de mise en valeur des ressources, ainsi que des estimations de coûts et des mesures d'adaptation liées aux changements climatiques dans le Nord.

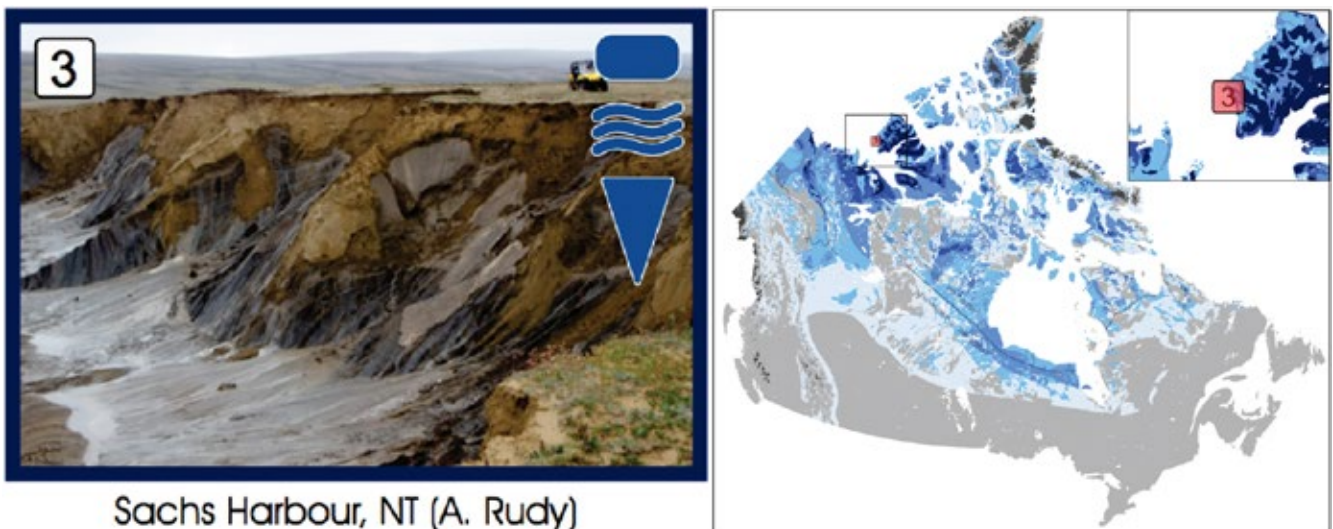




Figure 38 : a) Atlas de la glace de sol du Canada. b) Carton montrant un site à Sachs Harbour, T. N.-O.



b)



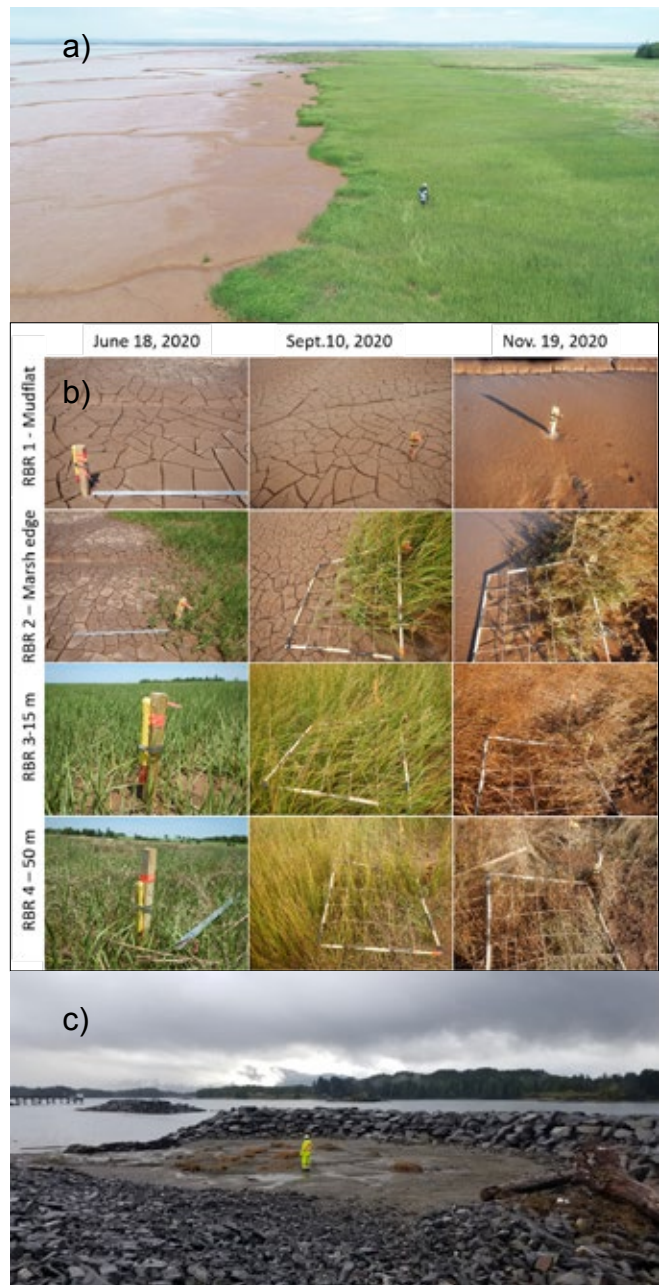


**Infrastructure fondée sur la nature pour la résilience côtière et la réduction des risques**

En 2020, le PGCC s'est joint au projet [Nature-Based Infrastructure for Coastal Resilience and Risk Reduction](#) (Infrastructure fondée sur la nature pour la résilience côtière et la réduction des risques), une initiative multipartenaires (gouvernement fédéral, municipalités, Premières Nations et universités) financée par [Recherche et développement pour la défense Canada](#) (RDDC) et dirigée par le [Conseil national de recherches Canada](#) (CNRC). L'infrastructure fondée sur la nature est une option sous-utilisée pour combattre les coûts croissants des inondations au Canada. Le projet examine l'efficacité des infrastructures côtières « douces », comme les sédiments et la végétation, pour atténuer les vagues et les ondes de tempête, stocker les eaux de crue, réduire l'érosion, attirer et stabiliser les sédiments, et soutenir la flore stabilisatrice. Les scientifiques du PGCC effectuent des travaux sur le terrain afin d'obtenir des observations qui éclaireront et encadreront la modélisation et compléteront les expériences en laboratoire, et ils fournissent des conseils sur les futurs niveaux de la mer. Des études de cas ont été établies dans trois zones : [Boundary Bay](#) et Metlakatla en Colombie-Britannique, et la partie supérieure de la [Baie de Fundy](#) en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick.



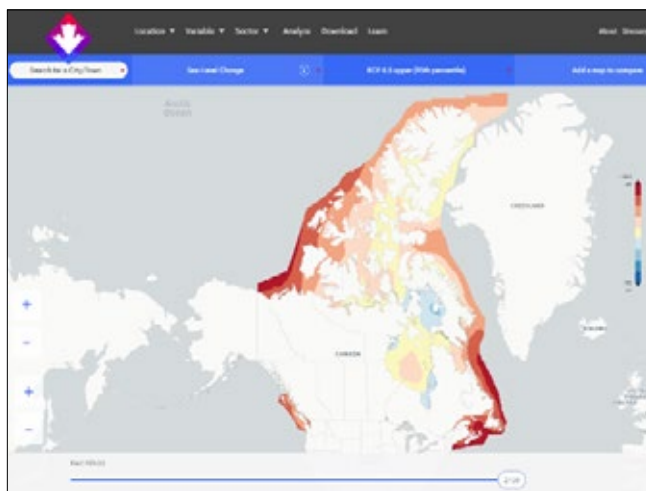
**Figure 39 :** a), Imagerie aérienne à basse altitude d'un bas marais naturel avec des battures rouges à gauche, un bas marais vert vif au centre et un haut marais vert pâle à droite au marais Clifton du bassin Minas. Pilote Graeme Matheson, NSDA. b) Stations d'instruments et quadrats de végétation sur un site de la baie de Fundy à l'été et à l'automne 2020, illustrant les changements de hauteur, de densité et de vigueur de la végétation. c) Brise-lames nouvellement construits à Metlakatla faisant partie d'un système hybride de protection du littoral incorporant le remblayage des plages et de petites zones de marais salés écologiquement améliorées. La fonction des brise-lames est d'atténuer les vagues dans la zone de la plage remblayée pour assurer la stabilité.



### **Données sur les changements du niveau de la mer disponibles en ligne**

Les scientifiques du PGCC et leurs collègues de RNCAN ont mis au point un ensemble de données maillées sur les **futurs niveaux relatifs de la mer** afin d'aider les Canadiens à planifier, à se préparer et à rester résilients aux changements du niveau de la mer. Les projections du niveau relatif de la mer fournies par ce jeu de données sont des informations fondamentales pour s'assurer que les communautés et les écosystèmes côtiers restent résilients dans un climat en changement. Les projections sont disponibles sur [donneesclimatiques.ca](http://donneesclimatiques.ca) à une résolution d'environ 11 km de latitude par 2 à 8 km de longitude pour 2006 et chaque décennie de 2010 à 2100, par rapport aux conditions de 1986-2005 pour toutes les régions côtières du Canada. Les utilisateurs peuvent agrandir l'image à un endroit précis, visualiser et télécharger les données des séries chronologiques et comparer les cartes entre les scénarios d'émissions du **Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)**. Combinées à d'autres ensembles de données sur les ondes de tempête, les vagues, les marées et le mouvement vertical supplémentaire des terres à l'échelle locale, ces données sur le niveau relatif de la mer devraient contribuer de manière significative aux évaluations des risques d'inondation côtière et à la prise de décisions en matière d'adaptation.

**Figure 40** : Projection du changement relatif du niveau de la mer en 2100 pour le scénario RCP 8.5 à fortes émissions (95e percentile), tel que fourni par le site Web du Centre canadien des services climatologiques [donneesclimatiques.ca](http://donneesclimatiques.ca). Les projections sont relatives à une base de référence de 1986-2005.



### **Effets de la fonte accrue des glaciers sur la productivité primaire dans le détroit de Jones**

Le Projet national de glaciologie (PNG) a collaboré avec les universités de l'Alberta et Dalhousie pour comprendre les moteurs de la productivité marine à la base du réseau alimentaire du **détroit de Jones**, au Nunavut. Cette étude combine les connaissances autochtones et scientifiques pour mieux comprendre comment les apports d'eau de fonte glaciaire affectent la productivité et la santé de l'écosystème dans cet environnement d'importance régionale. Les résultats montrent que le carbone de la fonte glaciaire est potentiellement plus biodisponible que le carbone marin. De plus, avec le déversement sous-marin des eaux au front du glacier, l'eau de fonte glaciaire entraîne les eaux marines riches en nutriments en profondeur et fournit des nutriments à la surface avec la remontée du panache d'eau de fonte. Cette recherche améliore notre compréhension des impacts du ruissellement des eaux de fonte des glaciers dû aux changements climatiques sur la productivité primaire dans le détroit de Jones, au Nunavut, où les sources de nourriture marine traditionnelles sont récoltées par les Inuits locaux.

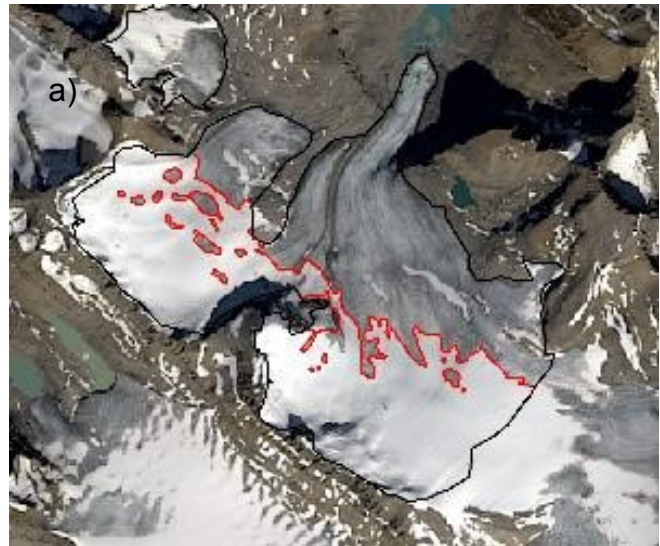
**Figure 41** : Panaches d'eau de fonte produits en été par le glacier Sverdrup, calotte glaciaire Devon, Nunavut, dans le détroit de Jones. En haut à gauche, on voit l'échantillonnage marin de recherche. Des prises de vue par caméra à intervalles réguliers suivent la progression de la fonte tout au long des mois de printemps et d'été.



**Mesure de l'altitude de la ligne d'équilibre (ALE) des glaciers du Canada**

Depuis plus d'un demi-siècle, les glaciologues de la CGC mesurent l'évolution du bilan de masse des glaciers et des champs de glace, un travail essentiel pour la surveillance des changements climatiques. Bien que des visites régulières des sites soient nécessaires pour obtenir des mesures précises, il est possible d'estimer les bilans de masse annuels à l'aide d'indicateurs climatiques des glaciers, tels que l'[altitude de la ligne d'équilibre](#) (ALE), générés à l'aide d'images de télédétection et de données climatiques téléchargées à partir de stations météorologiques équipées de systèmes de télémétrie. Le PNG, en collaboration avec l'Université de Waterloo, teste actuellement l'application de l'imagerie [RADARSAT-2](#) pour distinguer la neige sèche, le névé (neige granuleuse, sur la partie supérieure d'un glacier, qui n'a pas encore été compressée en glace) et la glace nue, ce qui permet une cartographie supérieure de l'ALE par rapport à l'imagerie optique.

**Figure 42** : a) Image Landsat de la fin de l'été 2020 du glacier Peyto dans le parc national Banff utilisée pour cartographier l'altitude de la ligne d'équilibre (rouge). b) Station météorologique avec télémétrie dans la réserve de parc national Nahanni, Territoires du Nord-Ouest.



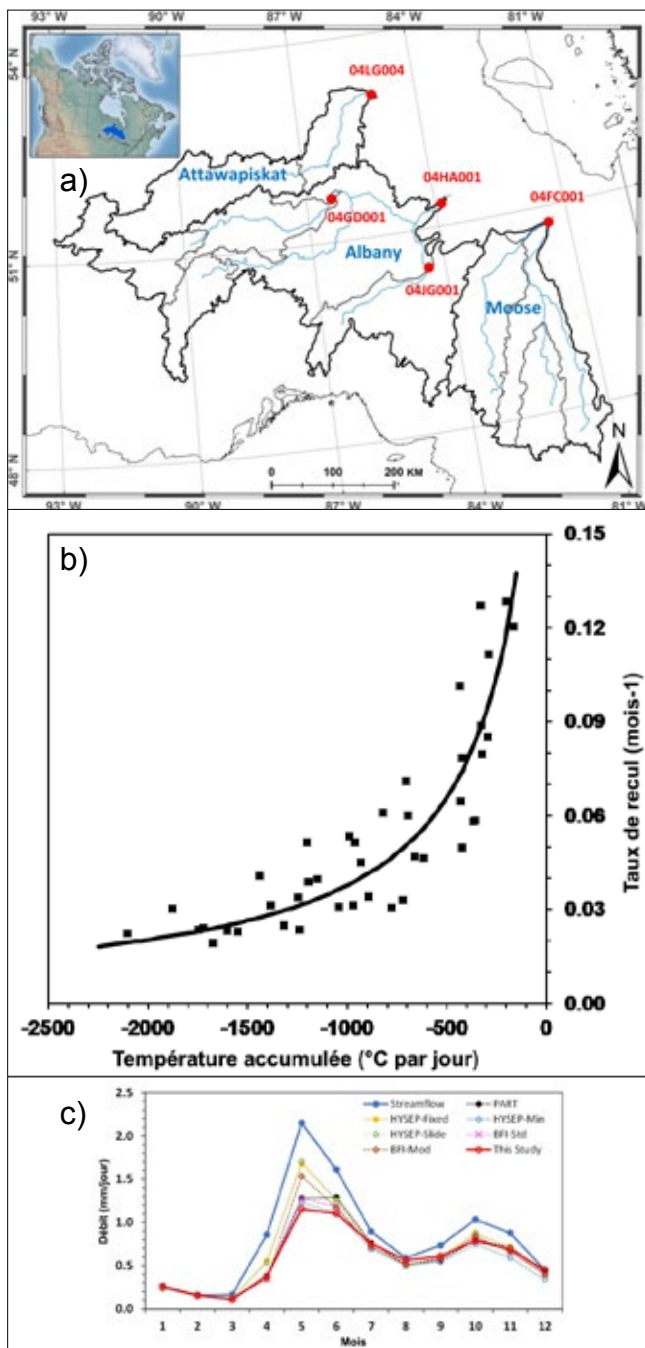


### Une nouvelle méthode pour la séparation des hydrogrammes de débit dans les régions froides

L'une des activités du projet sur les événements extrêmes du PGCC est la prévision des inondations dans les basses terres de la baie d'Hudson. À l'aide de la série chronologique de données satellitaires GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) de la NASA, nos scientifiques ont pu estimer la quantité d'eau perdue par la décharge des aquifères et la quantité d'eau perdue par le ruissellement de surface induit par la pluie ou la fonte des neiges pour un bassin versant. En simulant la décharge de l'aquifère, le nouveau modèle révèle la relation entre la température inférieure au point de congélation et la vitesse de décrue du débit de base et fournit ainsi un lien important entre le réchauffement climatique et la décharge de l'aquifère. Le modèle améliore la prévision des inondations dans les basses terres de la baie d'Hudson et permet de prévenir les collectivités côtières des Premières Nations.



**Figure 43:** a) Bassins versants dans les basses terres de la baie d'Hudson. b) Changement dynamique du taux de récession des eaux souterraines avec la température inférieure au point de congélation accumulée en hiver (points : estimé en utilisant les données observées; ligne : estimé en utilisant le modèle de la CGC). c) Débit des eaux souterraines modélisé et comparaison avec les résultats du modèle de l'USGS pour le bassin versant de la rivière Albany. Les problèmes de surestimation du débit pendant la saison de la fonte des neiges par les modèles de l'USGS sont largement résolus.



## **Normes, lignes directrices et évaluations**

Les scientifiques du PGCC contribuent par leur expertise à l'élaboration de normes et de lignes directrices canadiennes et apportent leur contribution aux initiatives nationales et internationales d'évaluation des changements climatiques. Par exemple, les chercheurs sur le pergélisol ont contribué à l'élaboration de plusieurs normes dans le cadre de l'[Initiative de normalisation des infrastructures du Nord](#) (ININ) de l'Association canadienne de normalisation; les travaux des scientifiques des régions côtières sont inclus dans la section sur le niveau de la mer des lignes directrices sur l'évaluation des risques d'inondation côtière pour la conception de bâtiments et d'infrastructures du Conseil national de recherches Canada; et le projet de glaciologie fournit des données sur le bilan de masse des glaciers au [Service mondial de surveillance des glaciers](#). Les chercheurs du PGCC ont contribué à des évaluations internationales telles que les groupes de travail 1 et 2 du sixième rapport d'évaluation du GIEC, la [mise à jour du programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique](#), les [rapports sur l'état du climat](#), et le [Grand défi sur le niveau de la mer du Programme mondial de recherche sur le climat](#).

## **Quelles perspectives pour le PGCC?**

Au cours de la prochaine année, le PGCC se concentrera sur l'achèvement des activités de recherche et la diffusion des résultats scientifiques du programme actuel. La publication d'un numéro spécial de la Revue canadienne des sciences de la Terre sur le thème de la réponse des paysages terrestres et marins aux changements climatiques du Canada est prévue, ainsi qu'un rapport complet synthétisant le projet ARCHIVES, une initiative multidisciplinaire visant à reconstituer les conditions hydroclimatiques passées à l'aide d'indicateurs naturels sensibles au climat tels que les cernes de croissance des arbres. La surveillance des changements induits par le climat sur le pergélisol, les glaciers et les côtes se poursuivra, et nous planifions la prochaine version du PGCC en collaboration avec nos partenaires.





## Priorité stratégique 4 : Les géosciences pour la société

### Réseau des géosciences ouvertes (RGO)

#### Description du programme

L'objectif du Réseau des géosciences ouvertes est de permettre la transformation numérique, c'est-à-dire de faire évoluer nos modèles commerciaux classiques pour répondre aux besoins de la science d'aujourd'hui et des utilisateurs férus de technologie, la technologie jouant un rôle habilitant. Il s'agit notamment d'établir une infrastructure numérique et physique robuste et moderne pour mieux stocker, gérer et diffuser les données, les publications, l'information sur les échantillons et le codage de la CGC. L'infrastructure numérique fonctionnera avec des outils fédéraux externes tels que [Cartes ouvertes](#) et la [Plateforme de science et de données ouvertes](#) pour faciliter la découverte, l'accès et l'utilisation. Le processus de publication de la CGC sera modernisé afin d'intégrer les principes de la science ouverte et d'utiliser de nouvelles méthodes pour compiler les informations dans des formats utiles et les diffuser efficacement à divers clients.

Les géosciences ouvertes sont la pratique qui consiste à rendre les résultats géoscientifiques facilement et aisément accessibles aux Canadiens avec un minimum de restrictions. Les extraits de la recherche scientifique de la CGC comprennent des articles et des publications scientifiques évalués par des pairs, des recherches scientifiques et des données techniques, y compris, à plus long terme, les catalogues des collections d'échantillons de la CGC. Les géosciences ouvertes sont rendues possible par notre personnel, notre technologie et notre infrastructure. Elles sont pratiquées dans le plein respect de la vie privée, de la sécurité, des considérations éthiques et de la protection appropriée de la propriété intellectuelle.

L'ouverture des données et de l'information géoscientifiques de la CGC permet à l'industrie de trouver plus rapidement des minéraux et des métaux, d'améliorer la gestion de l'eau, des ressources énergétiques et minérales, de protéger

les Canadiens contre les dangers naturels, de faciliter l'adaptation aux changements climatiques et de soutenir le processus décisionnel et l'élaboration de politiques gouvernementales concernant les ressources naturelles. La CGC travaille avec des partenaires provinciaux et territoriaux dans le cadre d'une approche nationale coopérative visant à fournir l'information géoscientifique du Canada.

Le réseau des géosciences ouvertes (RGO) se compose de cinq pôles articulés autour de thèmes transversaux :

- Pôle du libre accès et de la mobilisation du public
- Pôle de la gouvernance et de la collaboration
- Pôle de la technologie de l'information
- Pôle des systèmes d'information et des données
- Pôle des collections

Ces pôles soutiennent les géosciences de la CGC en gérant et en protégeant de manière cohérente les biens physiques et numériques de la CGC dans toutes les divisions. (**Figure 44**, **Figure 45**)





## Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :

### **Rendre les géosciences de la CGC facilement accessibles aux Canadiens**

La diffusion de nos données et la communication de notre science sont au cœur des géosciences ouvertes. La CGC partage différents types de données à l'aide de divers portails, comme la Plateforme de science et de données ouvertes ou l'[Entrepôt de données géoscientifiques pour les données géophysiques](#). La communication scientifique prend de nombreuses formes, des articles évalués par les pairs aux messages sur les médias sociaux.

En 2020-2021, le Réseau des géosciences ouvertes (RGO) a soutenu et promu les géosciences de la CGC en diffusant 494 publications; il s'agit d'articles de revues publiés à l'extérieur ainsi que de publications de la CGC : dossiers publics (contenant divers types de données et de rapports tels que des levés géophysiques et des cartes), bulletins, présentations scientifiques, produits d'information et cartes géoscientifiques du Canada (formations superficielles et substratum rocheux).

Plus de 67 p. 100 des articles et des produits d'information rédigés par la CGC sont en libre accès et tous les produits publiés par la CGC sont disponibles en ligne gratuitement par le biais de [GÉOSCAN](#). En outre, d'autres bibliothèques et agrégateurs de contenu (tels que les [Le Réseau des bibliothèques scientifiques fédérales](#) et la nouvelle [Plateforme de science et de données ouvertes](#)) recueillent les documents et les publient à nouveau, offrant ainsi aux lecteurs de multiples portails en ligne pour trouver les produits d'information de la CGC et y accéder. En 2020-2021, les produits d'information et de données géoscientifiques de la CGC ont été téléchargés plus de 590 000 fois depuis GÉOSCAN. Les produits publiés en 2020 ont été téléchargés plus de 60 000 fois.

Les médias sociaux jouent un rôle important dans la promotion de la science de la CGC. De nombreux chercheurs de la CGC publient de l'information sur leurs propres recherches sur diverses plateformes et le compte Twitter de la CGC a une audience

croissante. En 2020-2021, @GSC-CGC a publié 266 gazouillis qui ont reçu 2 242 « J'aime » (likes) et 837 gazouillis partagés (retweets) et qui ont été vus 334 000 fois. @GSC\_CGC a été mentionné 676 fois par d'autres utilisateurs de Twitter et le nombre d'abonnés a augmenté de 35 % pour atteindre 1 995 au 31 mars 2021. La science de la CGC a également été présentée par RNCan dans plusieurs vidéos et balados internes.

Vous voulez rester au courant des plus récentes géosciences au Canada ?

Suivez la CGC sur Twitter à l'adresse suivante :

[@GSC-CGC](#)

### **Favoriser notre transformation numérique**

L'un des rôles essentiels du programme Géosciences ouvertes est de permettre la transformation numérique. L'infrastructure, les plateformes et les normes en matière de données sont importantes car elles servent de base au stockage et à la diffusion de l'information géoscientifique aux clients et aux parties prenantes. Les données font référence à nos collections de matériel géologique physique ainsi qu'aux données numériques. Le Réseau des géosciences ouvertes a créé une approche collaborative pour garantir que les données et les actifs de la CGC sont gérés efficacement. Le RGO a commencé à poser les bases pour :

- établir des structures de gouvernance pour mieux gérer les données et l'information géoscientifiques;
- développer une infrastructure de données robuste et moderne qui facilitera la découverte et l'accès à nos données;
- accroître la valeur scientifique de nos collections physiques,
- aider à documenter, à stocker et à gérer les données de la CGC.

Pour améliorer la sécurité et la fonctionnalité, la CGC a commencé à déplacer certaines de ses applications clés vers le nuage et a augmenté la capacité de soutien pour l'informatique en nuage. Les collections physiques sont en cours de réorganisation afin d'en améliorer l'accessibilité – ce qui est d'autant plus important que les scientifiques se sont tournés vers une nouvelle analyse d'échantillons existants pendant la COVID-19 – et le RGO a également continué à mettre à jour son processus de publication afin d'intégrer au mieux les principes de la science ouverte.

En 2020-2021, le RGO a catalogué, organisé et déplacé plus de 1 200 palettes et 1 500 armoires d'échantillons physiques à Ottawa, en Ontario, vers des installations plus modernes. Il s'agit d'une première étape pour accroître l'accessibilité et la disponibilité des échantillons de haute qualité recueillis à travers le Canada. (Figure 46, Figure 47)



### Donner la priorité à une approche nationale pour la diffusion de l'information géoscientifique du Canada

En 2020, au cours des étapes de l'établissement de la portée et de l'élaboration de la Stratégie géoscientifique pancanadienne, les membres du Comité national des commissions géologiques (CNCG) ont déterminé que la gestion de l'information géoscientifique et la diffusion des données constituaient un défi commun et un facteur clé pour faire du Canada une destination d'investissement dans les secteurs des minéraux et de l'énergie. Le CNCG a également reconnu l'importance et la valeur de la coordination des données géoscientifiques entre les organismes géoscientifiques publics provinciaux, territoriaux et fédéraux afin de répondre à la demande de la société en matière de libre accès aux données numériques. La CGC a collaboré avec le Groupe de travail sur la gestion des données (GTGD) du CNCG pour entreprendre l'évaluation de l'état de préparation des données à l'échelle du CNCG et l'examen des besoins des intervenants en matière de distribution nationale des données géoscientifiques (*Assessment of Data-Readiness and Review of Stakeholder Needs for National Distribution of Geoscience Data*). L'évaluation a permis d'identifier plusieurs ensembles de données très appréciés par les parties prenantes et de définir plusieurs modèles de partage et d'intégration des données qui ont été mis en œuvre avec succès par d'autres services géologiques. Ce travail permettra d'identifier et de prioriser les possibilités d'unifier et de normaliser l'information et les bases de données géoscientifiques provenant de sources provinciales, territoriales et fédérales. Le GTGD du CNCG utilisera le rapport comme référence dans ses efforts pour parvenir à un consensus sur les priorités communes afin d'améliorer la disponibilité et l'accessibilité des données géoscientifiques nationales.

### Quelles perspectives pour le RGO?

Le RGO continuera à développer son approche collaborative pour aborder les questions liées aux géosciences ouvertes, en augmentant la participation dans les domaines de l'accès ouvert et de la mobilisation du public, ainsi que de la synthèse et de l'intégration. Le réseau améliorera encore davantage la capacité des clients et des parties prenantes à trouver, accéder, intégrer et réutiliser les publications et les données de la CGC, y compris nos collections physiques.

Des progrès seront réalisés dans la mise en œuvre de la gouvernance des données et des normes de gestion des données de la CGC. Les publications et l'information techniques seront compilées dans des formats plus conviviaux, en utilisant de nouveaux moyens pour les diffuser efficacement et ouvertement à divers clients. Le RGO continuera de promouvoir le traitement et le partage efficaces des données et de l'information géoscientifiques de manière aussi ouverte que possible et aussi sécurisée que nécessaire avec nos partenaires du Comité national des commissions géologiques et au-delà, en éliminant les obstacles techniques et en trouvant des solutions pour améliorer l'accessibilité, la convivialité et l'interopérabilité des données géoscientifiques.

La transformation numérique de la CGC se poursuivra avec la modernisation des applications de la CGC et un soutien plus large à l'adoption de l'informatique en nuage. Le développement de l'Outil de gestion des publications de la CGC sera terminé, des améliorations seront apportées pour répondre aux besoins des clients et l'outil sera réhébergé dans l'environnement en nuage de RNCAN. Des solutions seront explorées pour

favoriser une meilleure découverte des collections physiques de la CGC et un cadre d'architecture des TI sera élaboré pour faciliter le développement futur de l'informatique et des applications scientifiques.

### Réseau des relations avec les Autochtones

La CGC est active sur le terrain, sur terre et en mer, dans tout le pays. Elle entreprend des recherches géoscientifiques pour comprendre la richesse du Canada en ressources minérales, les dangers naturels, les eaux souterraines, l'énergie et les changements climatiques. Avec plus de 630 communautés des Premières Nations au Canada, qui représentent plus de 50 nations et 50 langues autochtones, le travail de la CGC se déroule souvent au sein ou à proximité des communautés autochtones.

La CGC mène des recherches géoscientifiques depuis plus de 170 ans. Au cours de cette période, les scientifiques de la CGC se sont engagés auprès des peuples autochtones du Canada et ont travaillé avec eux. De plus en plus conscients de l'importance et de la valeur de la collaboration et du développement conjoint de nos activités de recherche géoscientifique avec les communautés autochtones, les scientifiques de la CGC ont travaillé plus largement avec des groupes consultatifs autochtones et plus étroitement avec des communautés autochtones individuelles. Grâce à ces liens, la science de la CGC peut mieux soutenir les priorités autochtones et y répondre, donner aux communautés autochtones les moyens d'acquérir des connaissances géoscientifiques, accroître la confiance et la compréhension entre les communautés et les gouvernements et ouvrir la voie à une participation accrue des Autochtones aux activités de recherche géoscientifique de la CGC.

La réconciliation avec les Autochtones est explicitement reconnue comme un élément clé de la CGC. Grâce à son histoire, à ses relations et à sa



portée, la CGC a le potentiel de contribuer de façon substantielle à la réconciliation. La CGC s'est engagée à travailler avec les communautés afin d'accroître notre compréhension commune des géosciences, notamment par l'entremise d'organismes consultatifs tels que le Groupe consultatif des gens du Nord (GCGN), les organisations de chasseurs et de trappeurs et les conseils de gestion du gibier, ainsi que les aînés et autres détenteurs de connaissances. La CGC accroît et renforce également sa capacité interne en matière de relations avec les Autochtones et codifie les moyens éthiques et respectueux de développer conjointement des projets avec les communautés autochtones.

Depuis l'automne 2020, le programme GEM-GéoNord élabore ses priorités de recherche en collaboration avec les provinces et les territoires, les gouvernements autochtones (GA) et les organisations autochtones (OA). Représentant une première pour la Commission géologique du Canada de RNCAN, cette approche formelle de collaboration répond aux commentaires reçus des gouvernements, organisations et institutions autochtones et du Nord concernant les premières versions du programme GEM.

Apprenez-en davantage sur le programme GEM-GéoNord à la page x.

### Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :

#### **Création du Réseau des relations avec les Autochtones**

La Commission géologique du Canada (CGC) poursuit ses efforts pour établir et maintenir des relations respectueuses, coopératives et mutuellement bénéfiques avec les communautés autochtones dans le cadre de ses initiatives géoscientifiques. Dans le cadre des efforts déployés pour atteindre cet objectif, la CGC a créé le Réseau des relations avec les Autochtones (RRA), une communauté de

pratique interne axée sur le soutien de la capacité de l'organisation à s'engager auprès des Autochtones. Le comité directeur du Réseau des relations avec les Autochtones fournit des conseils et un leadership au RRA.

Composé de représentants de chacune des six divisions géographiques de la CGC, le comité a commencé à établir un ordre de priorité des tâches à accomplir. Au cours des derniers mois de l'exercice financier, ils ont :

- organisé une formation sur la sensibilisation à la culture autochtone pour 60 membres du personnel de la CGC;
- élaboré un mandat pour le comité directeur;
- débuté la création d'une base de données centralisée des activités de mobilisation des Autochtones en cours au sein de la CGC;
- débuté l'élaboration d'une boîte à outils en matière de mobilisation contenant des renseignements importants pour le personnel sur la façon d'aborder la mobilisation des Autochtones avec compréhension, sensibilisation et respect de la culture.

**Figure 48 : Réseau des relations avec les Autochtones**



Objectifs du comité directeur du RRA :

- Établir une connaissance et une compréhension communes des relations existantes de la CGC avec les communautés et les organisations autochtones, ainsi que des activités de mobilisation connexes.
  - Appuyer le personnel de la CGC dans l'obtention, l'apprentissage et l'application des politiques, des principes ou des directives pertinents qui peuvent avoir une incidence sur la mobilisation auprès des communautés et des organisations autochtones.
  - Favoriser une culture de collaboration et d'ouverture afin d'intégrer les connaissances et les perspectives autochtones aux géosciences et de comprendre les besoins et les intérêts des communautés autochtones.
  - Partager les pratiques exemplaires au sein de l'organisation en créant et/ou en diffusant des outils et en offrant des possibilités d'éducation et de formation.
- Encourager les relations novatrices et mutuellement bénéfiques avec les communautés et les organisations autochtones dans le domaine des géosciences.
  - Identifier les obstacles à une mobilisation efficace avec les communautés autochtones dans le domaine des géosciences et travailler au sein de l'organisation pour commencer à éliminer ces obstacles, en soulevant les problèmes auprès de la haute direction, le cas échéant.
  - Conseiller l'organisation sur les approches permettant de maintenir des relations significatives avec les communautés et organisations autochtones de manière efficace et durable à long terme.





### Quelles perspectives pour le RRA?

Au cours de l'année à venir, le RRA organisera un atelier virtuel pour l'ensemble du personnel de la CGC afin d'examiner ce qui a été réalisé à ce jour et d'obtenir des commentaires sur les plans pour aller de l'avant. Le RRA continuera d'organiser des formations axées sur les relations avec les Autochtones à l'intention de l'ensemble du personnel. En s'appuyant sur les succès passés, l'un des objectifs futurs est d'accroître la portée du RRA afin d'inclure davantage de personnel et de progresser davantage dans la création d'une communauté de pratique efficace en matière de relations avec les Autochtones à la CGC, tout en veillant à assurer une liaison appropriée au sein du Secteur, du Ministère et du gouvernement dans son ensemble. Les pratiques exemplaires en matière de géosciences et de communautés autochtones élaborées par la CGC constituent une base solide qui, associée à la mobilisation du personnel et de la direction, permettra à cette nouvelle initiative de la CGC de saisir les occasions et de relever les défis.





## Priorité stratégique 5 : Nos gens, notre science

### Réseau de laboratoires scientifiques (RLS)

Le Réseau de laboratoires scientifiques (RLS) assure un leadership innovant en matière de recherche en laboratoire ainsi que des analyses et des interprétations de pointe pour tous les programmes de la CGC, ce qui accroît l'efficacité, la connectivité et l'efficience des laboratoires de la CGC. Le RLS est composé de cinq groupes de laboratoires fonctionnels et horizontaux répartis dans les six divisions de la CGC, en fonction de leur expertise en matière de recherche. Chaque groupe a des domaines scientifiques uniques et une gamme thématique d'activités de recherche qui soutiennent les programmes géoscientifiques de la CGC. Le modèle de fonctionnement est une approche consultative/collaborative entre les scientifiques en laboratoire et les autres chercheurs, et le leadership scientifique du RLS fait partie des programmes de la CGC, ce qui permet d'en intégrer les résultats. Les scientifiques en laboratoire participent au début du cycle de planification des projets/programmes et sont en mesure de fournir des solutions innovantes. Le RLS mène également des recherches en collaboration avec des partenaires provinciaux, territoriaux et universitaires, renforçant ainsi l'excellence scientifique des laboratoires canadiens.

En 2020-2021, le RLS a contribué aux objectifs de recherche de la CGC en fournissant des recherches en laboratoire pour tous les programmes de la CGC par le biais de 71 accords d'étude en laboratoire, en particulier par le biais d'analyses et d'interprétations de laboratoire innovantes et spécialisées.

## Au nombre des réussites récentes figurent les suivantes :

### *Appuyer la réponse du Canada à la COVID-19*

Pour aider à combattre la propagation de la COVID-19 au Canada, le RLS a organisé des dons d'équipements de protection individuelle (EPI), notamment des gants, des masques N95, des combinaisons et des blouses de laboratoire en Tyvek, des lunettes de sécurité, des lunettes de protection, des écrans faciaux et des lingettes, aux premiers intervenants locaux et à [l'Agence de la santé publique du Canada](#).

### *S'adapter à la pandémie de la COVID-19*

Toutes les activités scientifiques et les analyses en laboratoire ont été perturbées en raison des fermetures liées à la COVID-19, qui ont duré en moyenne de 45 p. 100 à plus de 60 p. 100 de l'exercice financier, ce qui a limité l'accès aux instruments. Cependant, le personnel du RLS s'est adapté de manière créative en réalisant des publications scientifiques, en mettant à jour l'analyse des risques liés aux tâches, les documents de sécurité et les manuels de laboratoire, dont certains seront publiés sous forme de dossiers publics. Les scientifiques du RLS ont terminé la transformation numérique du processus des accords d'étude en laboratoire du réseau afin de mieux soutenir la collaboration avec les programmes de la CGC partout au Canada.

**Figure 49 :** Préparation d'échantillons de sédimentologie dans la cuisine.





**Assurer la durabilité, la fiabilité et la pertinence des données SHRIMP**

Les instruments de microsonde ionique à haute résolution et à haut niveau de sensibilité (SHRIMP) sont les premiers au monde à pouvoir déterminer l'âge de domaines minéraux microscopiques. La CGC à Ottawa abrite le seul laboratoire SHRIMP au Canada. En travaillant avec des collaborateurs internationaux en Australie et aux États-Unis, les scientifiques de la CGC ont mis au point une nouvelle application Java indépendante de la plateforme, de source ouverte, pour les analyses isotopiques SHRIMP : SQUID-3. En janvier 2021, les collaborateurs ont lancé avec succès une version bêta de SQUID-3 par le biais d'une série d'ateliers et de tutoriels sur YouTube. Le nouveau logiciel met à jour la méthodologie de traitement des données SHRIMP afin de garantir la durabilité,

l'amélioration future, la fiabilité et la pertinence des données SHRIMP dans le monde entier.

**Reconstituer le passé pour prévoir l'avenir des tempêtes**

En analysant d'anciennes carottes de roche, les scientifiques ont produit la première reconstitution d'un enregistrement de plus de 3 500 ans des grandes tempêtes dans l'Atlantique Nord. Ils ont décrit pour la première fois l'impact d'un changement climatique brutal sur la force des tempêtes à différentes latitudes dans l'Atlantique Nord, en réponse aux changements de la force de la circulation de retournement. Ces informations sont essentielles pour évaluer correctement les risques de tempêtes futures le long du littoral de l'Atlantique Nord, en particulier dans les zones côtières densément peuplées où l'intensité des tempêtes devrait augmenter.

**Figure 50 :** *Abritant le seul laboratoire SHRIMP au Canada, la CGC a travaillé avec l'Australie et les États-Unis pour développer et lancer un nouveau logiciel (SQUID-3) pour l'analyse des données isotopiques SHRIMP.*



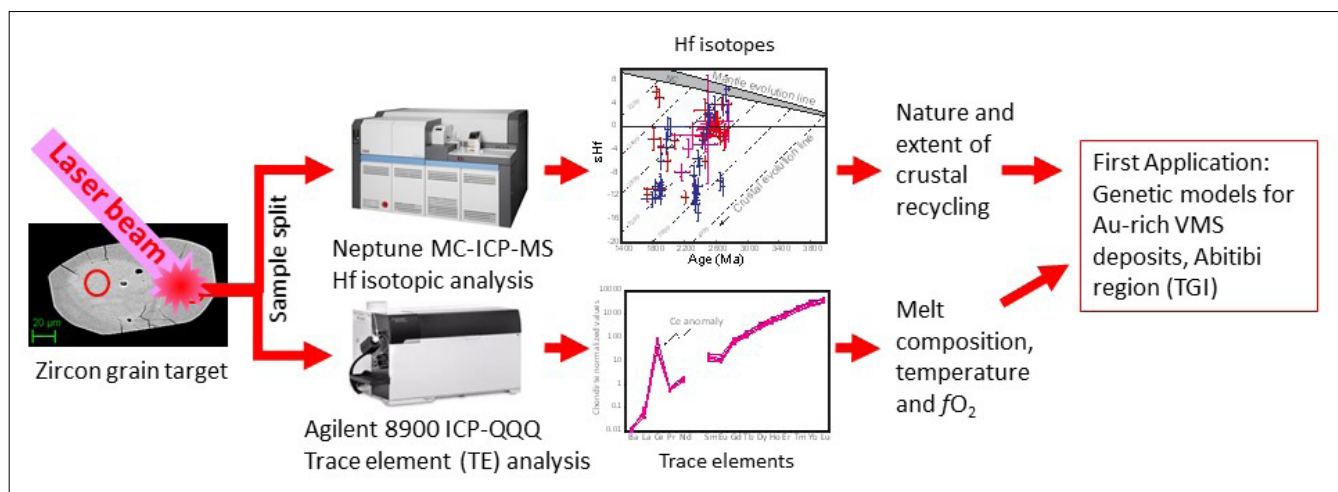


### Séparez une fois, mesurez deux fois

Les scientifiques en laboratoire ont mis au point une nouvelle méthode pour mesurer simultanément les isotopes et les éléments traces dans des échantillons minéraux, en séparant en deux flux les particules d'aérosol générées lorsqu'un faisceau laser est focalisé sur l'échantillon (ablation par laser). Chaque flux d'échantillon est ensuite dirigé vers un

instrument différent de spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS), ce qui permet d'effectuer différentes mesures sur des microvolumes d'échantillonnage identiques. Flexible, puissante, précise et efficace, cette méthode a d'abord été appliquée à un projet de l'IGC visant à valider les modèles de systèmes minéralisés des gisements d'or de la région de l'Abitibi.

**Figure 51** : Développement de l'analyse à flux divisé – analyse simultanée des isotopes de Hf et des éléments traces du zircon.



### Contribuer au développement durable international

La [Commission de coopération environnementale \(CCE\)](#) facilite une coopération efficace et la participation du public entre le Canada, les États-Unis et le Mexique pour conserver, protéger et améliorer le développement durable en Amérique du Nord. La recherche en laboratoire de la CGC a été largement citée dans un rapport de la CCE concernant la contamination des eaux souterraines par les résidus d'exploitation des sables pétrolifères. Un article en ligne de la CBC discutant des résultats du rapport a reçu plus de 3 500 commentaires, ce qui démontre l'efficacité de la mise en relation des Canadiens avec la recherche en laboratoire de la CGC.

### Éliminer les cloisonnements au sein de RNCAN

En collaboration avec CanmetMINES, la CGC a développé l'installation de caractérisation minéralogique du STM. En intégrant les capacités minéralogiques en laboratoire de CanmetMINES et de la CGC, les chercheurs des deux directions ont un meilleur accès à l'expertise, à l'instrumentation et à des opérateurs formés, ce qui permet d'améliorer les résultats des programmes et les possibilités de développement de méthodes.

### **Quelles perspectives pour le RLS?**

Le RLS entreprendra un examen de ses orientations stratégiques afin de continuer à innover dans la recherche en laboratoire et d'assurer l'harmonisation avec les programmes de la CGC. Cela comprend l'examen de nouvelles occasions en vue de créer des centres d'expertise de classe mondiale par l'acquisition d'instruments de pointe et la collaboration interministérielle avec nos partenaires de [TerraCanada](#).



## Génération 8

## TerraCanada et Laboratoires Canada

L'objectif de cette initiative est d'assurer un brillant avenir à la CGC alors que nous planifions la Génération 8 – un important virage – depuis sa création en 1842. L'initiative Génération 8 (GÉN8) vise à assurer le maintien de la pertinence des activités scientifiques de la CGC grâce à :

- l'accroissement du bien-fondé et de l'incidence des politiques scientifiques;
- l'établissement de partenariats et de collaborations stratégiques;
- la satisfaction des besoins d'utilisateurs ciblés;
- l'habilitation du personnel (innovation, perfectionnement et renouvellement);
- l'adoption de nouvelles approches, méthodes et idées;
- l'efficacité des systèmes et de l'infrastructure; et
- l'amélioration des communications, tant internes qu'externes.

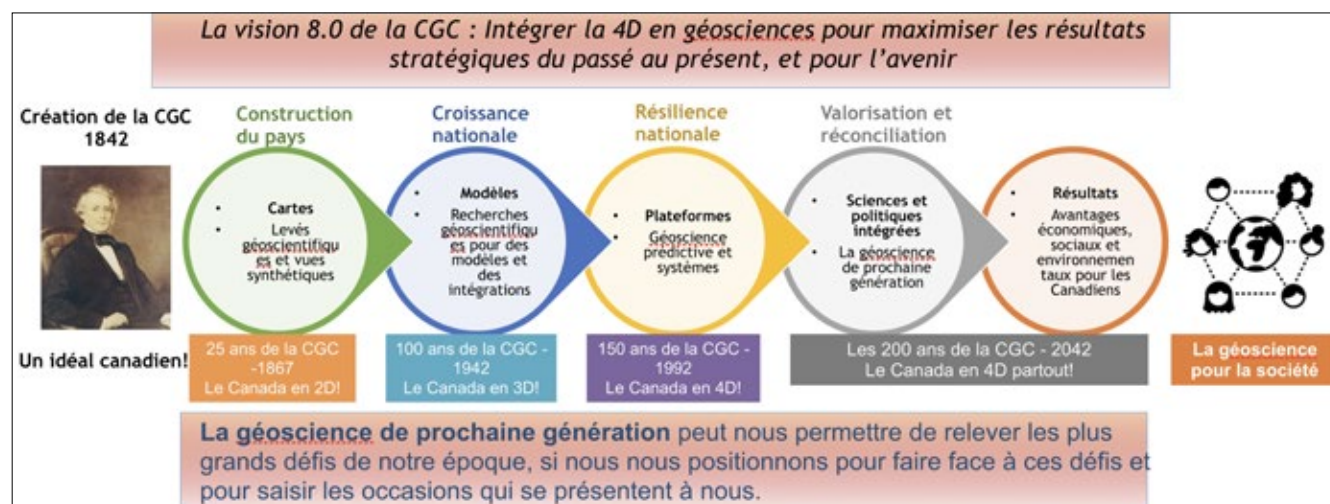
### **Investir dans les infrastructures et les technologies de nouvelle génération**

Dans le cadre de la phase 1 de la [stratégie de Laboratoires Canada](#) échelonnée sur 25 ans, les ministères et organismes à vocation scientifique se sont réunis pour collaborer dans des domaines scientifiques prioritaires. Ensemble, ces groupes – connus sous le nom de groupes scientifiques – explorent les possibilités de renforcer leurs recherches en améliorant le travail interdisciplinaire, la collaboration et le partage des installations et de l'équipement.

[TerraCanada](#) est l'un de ces groupes scientifiques novateurs, auquel participent cinq partenaires fédéraux : Ressources naturelles Canada (coresponsable), le Conseil national de recherches Canada (coresponsable), Santé Canada, Environnement et Changement climatique Canada, et la Commission canadienne de sûreté nucléaire. TerraCanada favorisera la recherche et le développement transdisciplinaires ainsi que l'innovation autour de trois thèmes :

- Développement durable des terres et des ressources
- Économie à faibles émissions de carbone
- Sécurité et santé de la population canadienne

**Figure 52 :** Depuis 1842, la CGC est un atout stratégique pour le Canada. La Commission a bien évolué depuis pour répondre aux politiques publiques et aux besoins en matière de géosciences, en transformant son savoir en décisions et en réalisations concrètes.





La gestion du changement est essentielle au succès de TerraCanada, car elle permet de s'assurer que les personnes qui travailleront dans le nouvel environnement disposent des outils et du soutien nécessaires pour obtenir leur appui et profiter pleinement des changements. La CGC dirige les activités de gestion du changement liées à la participation du personnel de RNCan à TerraCanada, en travaillant en étroite collaboration avec les collègues de RNCan à CanmetMINES et CanmetMATÉRIAUX.

En collaboration avec le CNRC et le Bureau de gestion du groupe TerraCanada, la CGC a lancé en février 2021 une série continue d'événements scientifiques virtuels avec ses partenaires de TerraCanada. En mettant en évidence la portée de la science et l'étendue des connaissances dans le cadre de TerraCanada, ces événements donnent déjà des résultats en termes de nouvelles collaborations explorées – et mettent en lumière des initiatives qui incarnent l'esprit de TerraCanada, comme le Réseau de recherche collaborative sur la glace, la neige et le pergélisol (RCGNP). Coprésidé par la CGC et Savoir polaire Canada, le RCGNP rassemble des scientifiques de huit autres partenaires fédéraux pour partager leur expertise, générer des conseils et élaborer des solutions aux défis complexes liés aux éléments gelés de la Terre (glace, neige, pergélisol).

De plus, en 2020 et 2021, des scientifiques des divisions du Nord du Canada et du Centre du Canada de la CGC ont participé à des ateliers visant à déterminer les besoins scientifiques spécialisés et les affinités scientifiques qui éclaireront la conception des installations de TerraCanada dans la région de la capitale nationale.

### ***Créer une culture saine et respectueuse en milieu de travail***

L'initiative « Ensemble pour le respect » (EPR) mise sur un plan en huit points pour améliorer le milieu de travail. Elle repose sur l'établissement d'une culture axée sur les relations respectueuses entre les secteurs, les échelons hiérarchiques, les genres et les nationalités. Nous travaillons ensemble afin que les relations de travail soient saines, et dans cette optique, nous nous appuyons sur le respect mutuel et la courtoisie pour que le bien-être et la santé mentale soient des aspects essentiels dans notre milieu de travail. Dirigée par les employés et la direction, l'initiative EPR laisse une large place au dialogue et participe notamment à la réalisation des objectifs décrits ci-après :

- Objectif à court terme : Amélioration des pratiques exemplaires en matière de leadership et accroissement de la mobilisation grâce à une culture de la reconnaissance des réalisations, qu'il s'agisse d'un simple « Merci! » ou d'un prix Logan Or (la plus importante marque de reconnaissance qui peut être décernée à un employé ou à une équipe de la CGC). Les prix Logan ont été créés en 2017 afin de souligner le 175<sup>e</sup> anniversaire de la CGC. Ils sont remis chaque année à une personne ou à une équipe dans chacune des divisions. En 2020-2021, 11 employés de la CGC ont reçu un prix Logan et 20 employés de la CGC ont été reconnus sur le Mur de l'excellence. De plus, un employé de la CGC a reçu du Ministère un prix impact Leadership en action.
- Objectif à moyen terme : Création d'un meilleur milieu de travail et accroissement de la sensibilisation aux enjeux de santé mentale pour favoriser la mobilisation et l'innovation.
- Objectif à long terme : Saines relations dans le milieu de travail grâce au respect et à la reconnaissance, ce qui contribue à l'accroissement de la diversité culturelle, du rendement et de la mobilisation de l'organisation.

### ***Planifier la main-d'œuvre de demain***

La CGC s'engage à développer et à maintenir une main-d'œuvre résiliente, performante et diversifiée. La CGC a mis en place de nombreuses initiatives à cet effet :

#### Groupe de travail sur le Sondage auprès des fonctionnaires fédéraux (SAFF) :

Le SAFF est une enquête exhaustive mesurant l'opinion des employés du gouvernement fédéral sur leur engagement, leur leadership, leur lieu de travail, la diversité et l'inclusion. Le groupe de travail de la CGC sur le SAFF a fait la synthèse et l'analyse des résultats du SAFF 2020 et a identifié trois domaines clés sur lesquels la CGC doit travailler :

- Processus opérationnels
- Progression de carrière et avancement
- Communication et participation : Mobilisation du personnel et planification

#### Planification des ressources humaines (RH) :

En 2021-2022, la CGC s'est concentrée sur trois grands domaines prioritaires liés aux ressources humaines :

- Mise à jour du plan des RH de la direction générale et des divisions de la CGC
- Progression de carrière des groupes de scientifiques non liés à la recherche
- Plan d'action pour répondre aux commentaires du personnel dans le cadre du SAFF

### Langues officielles :

Nous avons travaillé sur un plan de la Direction générale concernant la formation en matière de langues officielles afin de soutenir la planification de la relève et les possibilités de carrière pour le personnel de toutes les divisions et dans notre nouvel environnement de travail sans frontières causé par la COVID-19. Cela contribue aux priorités de RNCan en matière de langues officielles :

- Renforcer les communications avec le public et les services qui lui sont offerts : nous fournirons des services aux Canadiens dans la langue officielle de leur choix.
- Renforcer une main-d'œuvre bilingue : nous restons déterminés à créer un milieu de travail propice à l'utilisation du français et de l'anglais.
- Promouvoir le français et l'anglais en partageant notre science : nous nous engagerons de façon proactive auprès des communautés de langue officielle en situation minoritaire afin de promouvoir le bilinguisme et la recherche scientifique.

### ***Communiquer les géosciences au Canada et au monde entier***

Les géosciences de classe mondiale ont besoin d'une stratégie de communication solide pour garantir que la science soit accessible et puisse être partagée. La CGC a récemment élaboré un plan de communication qui soutiendra les initiatives de communication scientifique de la CGC dans un monde numérique en constante évolution.

La CGC a aussi récemment remanié [son site Web](#) afin de mieux communiquer les géosciences de la CGC. Le site Web présente des articles populaires, des ressources (outils, données, recherche), des articles vedettes et fournit des renseignements sur les programmes de la CGC, selon les domaines thématiques et d'intérêt. La CGC utilise également Twitter pour communiquer avec le public et renforcer sa présence numérique.

## Stratégie géoscientifique pancanadienne

### *Une vision commune en matière de collaboration*

La Stratégie géoscientifique pancanadienne (SGP) est un effort de collaboration fédéral/provincial/territorial coordonné par le [Comité national des commissions géologiques](#) (CNCG) conformément à l'Accord géoscientifique intergouvernemental (AGI). La SGP contribue à l'atteinte des objectifs fixés dans le cadre du [Plan canadien pour les minéraux et les métaux](#) (PCMM) et répond aux demandes des gouvernements et des intervenants qui souhaitent explorer les possibilités d'améliorer la coordination et le financement des activités géoscientifiques publiques. La SGP soutient la vision à long terme de fournir de l'information géoscientifique qui sous-tend la mise en valeur responsable des ressources géologiques du Canada (géoressources) et sert le bien public.

Dans le cadre de cette vision, la SGP cherche à faire progresser les initiatives de mission suivantes :

- Favoriser un secteur de l'exploration et de la mise en valeur des minéraux et de l'énergie concurrentiel à l'échelle mondiale au Canada.
- Fournir des données et des connaissances géoscientifiques accessibles pour éclairer les décisions relatives au développement durable et à l'utilisation des terres.
- Réduire les risques pour l'environnement et la sécurité publique associés à la mise en valeur des ressources et aux aléas géologiques (géo-aléas).
- Répondre aux attentes changeantes de la société en matière de gestion des terres et des ressources.

La SGP identifie cinq **domaines d'action prioritaires** interdépendants :

- Faire progresser les géosciences cadres.
- Faire progresser la modélisation du potentiel minéral et énergétique.
- Faciliter l'accès aux données en ligne.
- Soutenir la formation de la prochaine génération de géoscientifiques.
- Améliorer les connaissances du public en matière de géosciences.

Ces priorités appuient la vision et la mission de la SGP en donnant accès aux données et aux connaissances, en s'assurant que ces données sont suffisamment faciles à découvrir et à comprendre pour maximiser les impacts positifs, en développant l'expertise géoscientifique de la prochaine génération au Canada alors que les spécialistes actuels quittent leur emploi pour prendre leur retraite, et en améliorant la capacité du public à comprendre les géosciences et à en bénéficier. La vision, la mission et les domaines prioritaires de la SGP ont tous été élaborés à la suite de discussions avec différents utilisateurs des géosciences et sont appuyés par un consensus du CNCG.

### ***De la stratégie à l'action***

À l'avenir, la CGC travaillera avec les autres participants du CNCG pour mettre en œuvre les actions préliminaires décrites dans la SGP et identifier d'autres possibilités de faire progresser les cinq priorités en collaboration avec les peuples autochtones et les parties prenantes dans la mesure du possible.

Cela se fera par l'entremise de groupes de travail d'experts qui seront établis pour chaque domaine prioritaire et dont la représentation sera équilibrée sur le plan régional dans tout le Canada.



# Finances et dépenses budgétaires

## Dépenses budgétaires

En 2020-2021, les dépenses budgétaires de la CGC s'élèvent à 57 millions de dollars.

**Tableau 4:** *Dépenses du budget 2020-2021 de la Commission géologique du Canada*

<b>CGC 2020-2021</b>	<b>Services votés (\$)</b>	<b>Budget temporaire (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
Crédit 1 – Salaires	37 624 118,84 \$	4 672 757,46 \$	42 296 876,30 \$
Crédit 1 – Fonctionnement et entretien (F et E)	2 231 405,29 \$	10 719 076,72 \$	12 950 482,01 \$
Crédit 5 – Immobilisations majeures	-	1 533 310,30 \$	1 533 310,30 \$
Crédit 10 – Subventions	30 035,50 \$	215 000,00 \$	245 035,50 \$
Total de tous les crédits	39 885 559,63 \$	17 140 144,48 \$	57 025 704,11 \$

## Financement du Bureau de recherche et de développement énergétiques (BRDE)

Le [Bureau de recherche et de développement énergétiques \(BRDE\)](#) est l'organisme de coordination des activités de recherche-développement (R-D) du gouvernement du Canada dans le domaine énergétique. Treize ministères et organismes fédéraux reçoivent du financement du BRDE dans le but de réaliser des activités de R-D et des démonstrations de technologies. Le BRDE est responsable de sept programmes, y compris le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE). La CGC collabore avec le PRDE depuis les années 1970 afin de créer des produits scientifiques qui contribuent à assurer un avenir énergétique durable pour le Canada, dans l'intérêt supérieur de notre économie et de notre environnement.

La CGC a obtenu 1 M \$ pour huit nouveaux projets en 2020-2021 grâce au financement additionnel pour les S-T que le gouvernement a injecté dans le BRDE afin que le PRDE soit actualisé. Ces projets répondent à une variété de priorités stratégiques associées à l'efficacité énergétique et à l'énergie propre.

## Autres sources de financement

La CGC travaille de concert avec des collaborateurs pour mener à bien la recherche géoscientifique au Canada. La CGC tient à souligner la contribution de tous ses partenaires, qu'il s'agisse d'autres ministères du gouvernement du Canada, de gouvernements provinciaux et territoriaux, d'organisations non gouvernementales, de l'industrie ou du milieu universitaire, et ce, partout dans le monde.



# Annexe 1: Aperçu de la structure de rapport

---

## **Cadre ministériel des résultats de Ressources naturelles Canada (RNCan)**

RNCan obtient ses résultats par l'entremise du cadre ministériel des résultats (CMR) dans le cadre de trois responsabilités essentielles (RE) : (1) Science des ressources naturelles et atténuation des risques; (2) Valorisation novatrice et durable des ressources naturelles; et (3) Secteurs de ressources naturelles concurrentiels à l'échelle mondiale.

Tout le travail de la CGC relève de la responsabilité essentielle 1 (RE-1) du CMR de RNCan : Sciences des ressources naturelles et atténuation des risques. L'objectif de la RE-1 est de diriger la science fondamentale et de partager l'expertise pour gérer les ressources naturelles du Canada, réduire les impacts des changements climatiques et atténuer les risques posés par les désastres naturels et les explosifs. Les résultats attendus sont les suivants : les Canadiens ont accès à des recherches de pointe pour éclairer les décisions sur la gestion des ressources naturelles; les collectivités et les responsables disposent des outils nécessaires pour protéger les Canadiens contre les dangers naturels; les collectivités et les industries s'adaptent aux changements climatiques.



Cette responsabilité essentielle soutient l'avancement des [priorités stratégiques du gouvernement du Canada](#) suivantes :

- Protéger les Canadiens et les Canadiennes contre les effets des catastrophes d'origine humaine et naturelle.
- Accélérer l'adoption de technologies propres et soutenir la transition vers un avenir sobre en carbone.
- Faire progresser la réconciliation avec les peuples autochtones, établir des relations et partager les avantages économiques avec eux.

Cette responsabilité essentielle contribue également à la réalisation des engagements de la [lettre de mandat du ministre des Ressources naturelles](#).

Les programmes de la CGC au sein du CMR sont les suivants :

- Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada (priorité stratégique 1)
- Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles (priorité stratégique 2)
- Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada (priorité stratégique 3)

Voir le [plan ministériel 2020-2021](#) pour plus d'information.

## Profils d'information sur le rendement

Conformément au cadre ministériel des résultats, RNCan utilise les profils d'information sur le rendement (PIR), un outil pour organiser, coordonner et rendre compte de l'information sur le rendement des programmes. Les PIR permettent de recueillir des données à l'appui de la vérification, de la prise de décisions courantes sur les programmes et les politiques, de l'évaluation, des examens et d'autres activités pour les programmes. La CGC rend compte chaque année des trois PIR suivants :

1. Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada
2. Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles
3. Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada

### Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres continentales et extracôtières du Canada

Par l'entremise de ce PIR, RNCan produit des données et des connaissances géoscientifiques pour cartographier le cadre géologique régional des terres continentales et extracôtières du Canada (voir le modèle logique à la figure 53). RNCan fournit de l'information sur le nouveau potentiel en minéraux et en hydrocarbures afin d'aider d'autres secteurs et ministères avec les évaluations, les méthodologies et les données relatives aux ressources stratégiques pour prendre des décisions fondées sur des données probantes. RNCan accroît également la disponibilité et l'utilisation des données géoscientifiques et des produits de connaissances en élaborant des analyses à valeur ajoutée et en adaptant l'information à des publics plus vastes. RNCan a acquis et interprété des données géophysiques qui ont servi de base à une présentation officielle définissant les limites extérieures du plateau continental étendu au-delà de 200 milles marins dans les océans Atlantique et Arctique dans le cadre des obligations du Canada en vertu de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer. La reconnaissance internationale de ce nouveau territoire extracôtier donnera au Canada des droits de souveraineté sur les ressources naturelles du fond marin et de son sous-sol.



## Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada



<b>Résultats ultimes</b>	<p>Gestion et mise en valeur efficaces des terres souveraines et des ressources naturelles du Canada</p>	<p>Attrait du Nord canadien pour les investissements dans l'exploration et la mise en valeur durables des ressources minérales</p>
<b>Résultats intermédiaires</b>	<p>Reconnaissance internationale des limites extérieures du PCE du Canada dans les océans Atlantique et Arctique</p>	<p>Utilisation de nouvelles données géoscientifiques pour guider les méthodes d'exploration minérale et la prise de décisions en matière de gestion des ressources naturelles</p>
<b>Résultats immédiats</b>	<p>Délimitation des limites extérieures du plateau continental étendu (PCE) au-delà de 200 milles marins dans les océans Arctique et Atlantique</p>	<p>Sensibilisation accrue aux nouvelles données, aux connaissances et aux activités géoscientifiques, particulièrement au sein de l'industrie des minéraux, chez les gens du Nord et auprès des groupes autochtones</p>
<b>Extrants</b>	<p>Disponibilité des données et des connaissances géoscientifiques</p> <p><i>(Voir la liste des indicateurs et des programmes de la CGC concernés à la figure 54)</i></p>	<p>Mobilisation et collaboration</p> <p><i>(Voir la liste des indicateurs et des programmes de la CGC concernés à la figure 55)</i></p>

**Figure 53** : Modèle logique pour la priorité stratégique 1 : Profil d'information sur le rendement concernant les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada

## Contributions des programmes de la CGC aux indicateurs des PIR du STM

Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada

**Extrant 1 : Disponibilité des données et des connaissances géoscientifiques**



<b>Extrant</b>	Disponibilité des données et des connaissances géoscientifiques	
<b>Indicateurs</b>	Nombre de publications scientifiques et techniques (y compris les rapports, les cartes et les ensembles de données) partagées dans le cadre des géosciences ouvertes de la CGC ou dans des revues scientifiques dotées d'un processus d'évaluation par les pairs	Nombre et portée des présentations faites dans des conférences scientifiques
<b>Programmes de la CGC concernés</b>	↓ GEM-GéoNord	↓ GEM-GéoNord

**\*Abréviations des programmes :**

GEM-GéoNord : Programme Géocartographie de l'énergie et des minéraux – GéoNord

**Figure 54 :** *Priorité stratégique 1 (Les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada). Extrant 1 (Disponibilité des données et des connaissances géoscientifiques)*



## Contributions des programmes de la CGC aux indicateurs des PIR du STM

Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada

### Extrant 2 : Mobilisation et collaboration



<b>Extrant</b>	Mobilisation et collaboration		
<b>Indicateurs</b>	Nombre de produits de communication en langage clair élaborés en vue d'une utilisation dans le Nord, avec les conseils du Comité consultatif des gens du Nord	Nombre d'accords de collaboration actifs liés aux géosciences	Nombre d'activités de mobilisation menées avec les communautés du Nord et les groupes autochtones à propos des géosciences
<b>Programmes de la CGC concernés</b>	↓ GEM-GéoNord	↓ GEM-GéoNord, UNCLOS	↓ GEM-GéoNord

**\*Abréviations des programmes :**

GEM-GéoNord : Programme Géocartographie de l'énergie et des minéraux – GéoNord  
 UNCLOS: Programme de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer

**Figure 55 :** *Priorité stratégique 1 (Les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada). Extrant 2 (Mobilisation et collaboration)*

## Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles

Ce PIR crée de nouvelles connaissances géoscientifiques à l'appui du développement durable des ressources en terres, en minéraux, en énergie et en eau du Canada (voir le modèle logique à la figure 56). Les connaissances géoscientifiques éclairent les décisions relatives à l'utilisation des terres, comme les zones marines protégées, les géosciences préalables à l'exploration afin que les entreprises puissent découvrir efficacement de nouvelles ressources minérales et de nouvelles ressources énergétiques à faible empreinte en carbone, et les études sur l'environnement et les eaux souterraines afin que les sites de ressources puissent être aménagés et restaurés efficacement

après leur exploitation. L'intégration des résultats de ces études permettra d'accroître l'efficacité du soutien des collectivités tributaires de l'exploitation minière et de l'énergie, tout en veillant à ce que ces aménagements aient le moins de répercussions possible sur l'environnement et les eaux souterraines. RNCan et le STM fournissent des conseils d'expert aux ministères, aux organismes de réglementation et à l'industrie pour éclairer les politiques de réglementation, les pratiques de l'industrie et les évaluations environnementales qui contribuent à la prise de décisions en matière d'utilisation durable des terres et de gestion des eaux souterraines. En définitive, cela permet d'améliorer la compétitivité du Canada à l'échelle mondiale et de soutenir le développement durable des collectivités canadiennes tributaires de l'exploitation minière.



## Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles



<b>Résultats ultimes</b>	Le Canada est un chef de file mondial dans la mise en valeur durable des ressources naturelles		
<b>Résultats intermédiaires</b>	Les connaissances géoscientifiques éclairent l'élaboration des politiques et/ou contribuent à l'avancement de la recherche sur les ressources naturelles	Adoption d'approches innovantes par l'industrie des ressources naturelles pour la détection et la délimitation	
<b>Résultats immédiats</b>	Les connaissances géoscientifiques sont accessibles pour l'intendance environnementale	L'industrie des ressources naturelles et les intervenants sont au fait des récents résultats de la recherche en matière de développement durable	L'industrie des ressources naturelles et les intervenants sont au fait des plus récentes pratiques en matière d'exploration et de détection
<b>Extrant</b>	Mobilisation et collaboration <i>(Voir la liste des indicateurs et des programmes de la CGC concernés à la figure 57)</i>	Données et connaissances géoscientifiques <i>(Voir la liste des indicateurs et des programmes de la CGC concernés à la figure 58)</i>	

**Figure 56** : Modèle logique pour la priorité stratégique 2 : Profil d'information sur le rendement concernant les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles



# Contributions des programmes de la CGC aux indicateurs des PIR du STM

Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles

## Extrant 1 : Engagement et collaboration



<b>Extrant</b>	Mobilisation et collaboration		
<b>Indicateurs</b>	Nombre d'activités de mobilisation (comme des ateliers) durant lesquels les géosciences sont abordées, y compris celles intégrant le savoir autochtone	Nombre d'accords de collaboration actifs liés aux géosciences	Nombre annuel de rapports et de publications dans des revues scientifiques dotées d'un processus d'évaluation par les pairs
<b>Programmes de la CGC concernés</b>	<p style="text-align: center;">↓</p> PGNSE, PGE, PGES, IGC	<p style="text-align: center;">↓</p> PGNSE/OCM, PGE, PGES, IGC	<p style="text-align: center;">↓</p> PGNSE, PGE, PGES, IGC

**\*Abréviations des programmes :**

IGC : Initiative géoscientifique ciblée  
 OCM : Objectifs de conservation marine  
 PGE : Programme Géosciences environnementales

PGES : Programme Géosciences des eaux souterraines  
 PGNSE : Programme Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie

**Figure 57 :** *Priorité stratégique 2 (Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles). Extrant 1 (Engagement et collaboration)*

## Contributions des programmes de la CGC aux indicateurs des PIR du STM

Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles

### Extrant 2 : Données et connaissances géoscientifiques



<b>Extrant</b>	<i>Données et connaissances géoscientifiques</i>	
<b>Indicateurs</b>	<p>Nombre de présentations faites dans des conférences ou dans des ateliers pour des intervenants de la CGC</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Les nouvelles connaissances en géosciences environnementales sont diffusées en temps opportun, conformément au plan de travail annuel</p> <p style="text-align: center;">↓</p>
<b>Programmes de la CGC concernés</b>	PGNSE/OCM, PGE, PGES, IGC	PGE, PGES

**\*Abréviations des programmes :**

IGC : Initiative géoscientifique ciblée

OCM : Objectifs de conservation marine

PGE : Programme Géosciences environnementales

PGES : Programme Géosciences des eaux souterraines

PGNSE : Programme Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie

**Figure 58 :** *Priorité stratégique 2 (Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles). Extrant 2 (Données et connaissances géoscientifiques)*

### **Priorité stratégique 3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada**

Dans le cadre de ce programme, des activités de surveillance, de recherche et de planification sont mises en œuvre afin de contrer divers aléas naturels et dangers d'origine humaine, y compris les tremblements de terre, les tsunamis, les glissements de terrain et les répercussions liées aux changements climatiques, aux tempêtes géomagnétiques et aux incidents radiologiques et nucléaires (voir le modèle logique à la figure 59). En fournissant de l'information sur les aléas, RNCan aide d'autres ordres de gouvernement, y compris des organismes gouvernementaux internationaux, le secteur privé et les organisations professionnelles à prévenir et à atténuer les catastrophes naturelles et à élaborer des stratégies de préparation, d'intervention et de rétablissement pour faire face à de tels événements. De la même façon, les intervenants peuvent utiliser l'information géoscientifique pour atténuer les risques posés par les changements climatiques pour les collectivités et l'infrastructure situées dans les zones vulnérables.





## Priorité stratégique 3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada



<b>Résultats ultimes</b>	Le Canada a une meilleure résilience face aux dangers naturels		
<b>Résultats intermédiaires</b>	Les décideurs fédéraux, provinciaux et territoriaux prennent des décisions fondées sur la science en matière d'adaptation aux changements climatiques et de réduction des risques de catastrophe	Les opérations de gestion des situations d'urgence et la prise de décisions sont plus efficaces	
<b>Résultats immédiats</b>	Les intervenants sont de plus en plus sensibilisés à la valeur et à l'utilité des données, des connaissances et des outils géoscientifiques liés aux changements climatiques offerts par RNCan	Les intervenants sont de plus en plus sensibilisés à la valeur et à l'utilité des données, des connaissances et des outils géoscientifiques liés à la réduction des risques de catastrophe offerts par RNCan	Les gestionnaires des situations d'urgence accordent de la valeur aux informations de suivi et d'alerte et aux produits de soutien décisionnel de RNCan
<b>Extrants</b>	Produits de connaissances géoscientifiques sur les aléas géologiques et les changements climatiques  <i>(Voir la liste des indicateurs et des programmes de la CGC concernés à la figure 60)</i>		

**Figure 59** : Modèle logique pour la priorité stratégique 3 : Profil d'information sur le rendement concernant les géosciences pour assurer la sécurité du Canada

## Contributions des programmes de la CGC aux indicateurs des PIR du STM

Priorité stratégique 3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada

**Résultat 1 : Produits de connaissances géoscientifiques sur les aléas géologiques et les changements climatiques**



<b>Extrant</b>	Produits de connaissances géoscientifiques sur les aléas géologiques et les changements climatiques
<b>Indicateurs</b>	Nombre de nouveaux produits de connaissances diffusés dans des bases de données ouvertes et accessibles
<b>Programmes de la CGC concernés</b>	PGCC, PGSP

**\*Abréviations des programmes :**

PGCC : Programme Géosciences des changements climatiques

PGSP : Programme Géosciences pour la sécurité publique

**Figure 60** : *Priorité stratégique 3 (Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada). Résultat 1 (Produits de connaissances géoscientifiques sur les aléas géologiques et les changements climatiques)*

# **Annexe 2 : Programmes, projets et activités scientifiques 2020-2021 de la CGC**

---



## Programmes/services, projets et activités scientifiques 2020-2021 de la CGC

Les tableaux ci-dessous présentent les projets et décrivent brièvement les activités des trois programmes de S-T de la CGC dans le cadre de la priorité stratégique 1 de la CGC :

### Priorité stratégique 1 : Les connaissances géologiques des terres côtières et extracôtières du Canada

- Géocartographie de l'énergie et des minéraux-GéoNord (GEM-GéoNord)
- Programme de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS)
- Canada en 3D

Tableau 5 : Activités scientifiques 2020-2021 du programme GEM-GéoNord

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Coordonnateur du programme GEM-GéoNord</b>  Michel Plouffe	GEM-GéoNord produira et fournira de nouvelles données, connaissances et cartes géoscientifiques publiques pour le nord du Canada, en se concentrant sur les régions où le développement économique et/ou d'infrastructures est susceptible de bénéficier aux collectivités du Nord.	Sans objet	Le financement de la version précédente de GEM-GéoNord a pris fin en mars 2020. Le programme a été renouvelé en septembre 2020. Étant donné que GEM-GéoNord élabore les priorités de recherche en collaboration avec les provinces, les territoires, les gouvernements autochtones (GA) et les organisations autochtones (OA) représentatives, les activités du programme n'ont pas encore été établies.



**Tableau 6 : Activités scientifiques 2020-2021 du programme UNCLOS**

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Demande concernant l'océan Arctique</b>  Mary-Lynn Dickson	Le Canada a déposé sa demande sur l'océan Arctique auprès de la Commission des limites du plateau continental des Nations Unies en 2019. Le programme entreprend des activités scientifiques à l'appui de cette demande.	Présentation sur l'océan Arctique  David Mosher	Finaliser la présentation de la demande sur l'océan Arctique pour les Nations Unies.
		Gestion des bases de données  Walta-Anne Rainey	Remplir l'obligation du programme consistant à conserver en toute sécurité la demande et les données relatives à l'océan Arctique.
		Gestion des enjeux  Mary-Lynn Dickson	Conseiller Ressources naturelles Canada, Pêches et Océans Canada et Affaires mondiales Canada sur les questions scientifiques et techniques liées au plateau continental.
		Publications scientifiques  David Mosher Kai Boggild John Shimeld Gordon Oakey Ruth Jackson	Publier les résultats évalués par des pairs dans la littérature scientifique.
<b>Demande concernant l'océan Atlantique</b>  Mary-Lynn Dickson	Le Canada a déposé sa demande concernant l'océan Atlantique auprès de la Commission des limites du plateau continental des Nations Unies en 2013 et a fait sa présentation en 2018. Le programme conserve la présentation jusqu'à ce qu'elle soit examinée par les Nations unies.	Gestion des bases de données  Walta-Anne Rainey	Remplir l'obligation du programme consistant à conserver en toute sécurité la demande et les données relatives à l'océan Atlantique.

**Tableau 7 : Activités scientifiques 2020-2021 liées à C3D**

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Canada en 3D</b> Boyan Brodaric</p>	<p>C3D est le résultat d'une collaboration entre les services géologiques fédéral, provinciaux et territoriaux, et est approuvé par le Comité national des commissions géologiques du Canada. Il s'agit d'un effort national pour : élaborer des cartes et un modèle national de la géologie du pays, fournir un portail interactif basé sur l'infonuagique pour accéder et explorer les cartes, le modèle et les informations connexes, et rechercher de nouvelles méthodes pour la cartographie et la modélisation géoscientifiques. C3D s'inscrit dans le cadre d'un engagement envers des données ouvertes et accessibles, présentant les dernières compilations nationales de la géologie des formations superficielles et du substratum rocheux à diverses résolutions, afin d'assurer une synthèse actuelle de la géologie du Canada.</p>	<p>Portail Web C3D</p>	<p>Développer, lancer et exploiter le site Web public qui héberge des ensembles de données, des rapports et des cartes; utiliser des techniques avancées pour intégrer et visualiser des ensembles de données; et permettre aux utilisateurs d'utiliser une gamme d'outils avancés. L'année dernière, le portail a migré vers un environnement d'exploitation en nuage, ce qui a nécessité une nouvelle programmation complète dans un nouvel environnement de développement et une collaboration avec les fournisseurs internes de GI/TI d'une manière qui a été une première pour RNCan, ouvrant la voie à de futurs projets.</p>
		<p>Compilation géologique en 2D et 3D</p>	<p>Interpréter et intégrer les ensembles de données et les modèles 2D et 3D existants provenant de sources fédérales, provinciales et territoriales. Des experts en sciences géologiques, en gestion des données et en informatique travaillent avec les archives de données dont les formats, les échelles, les interprétations scientifiques et les limites physiques (p. ex., chevauchement, lacunes) varient. La création d'un système capable d'intégrer scientifiquement et technologiquement des données passées et futures de cette nature a constitué une partie importante des efforts de C3D cette année.</p>
		<p>Recherche avancée</p>	<p>Élaboration d'un tout premier modèle en 3D de la géologie du sous-sol du Canada. Le modèle initial comprendra un cadre national incluant (1) la surface topographique; (2) la surface du substratum rocheux; (3) la limite stratigraphique du Précambrien-Phanérozoïque; et (4) une nouvelle interprétation de la limite entre la croûte terrestre et le manteau pour le Canada. Des recherches sur de nouvelles méthodes de modélisation sont menées pour aider à interpréter le sous-sol dans les régions où il n'existe pas de modèles et pour entreprendre la tâche difficile d'interpréter et de modéliser avec des données éparses dans des terrains géologiques complexes.</p>



## **Priorité stratégique 2 : Les géosciences pour le développement durable des ressources naturelles**

Les tableaux qui suivent présentent les projets et décrivent brièvement les activités des sept programmes de S-T de la CGC dans le cadre de la priorité stratégique 2 de la CGC :

- Initiative géoscientifique ciblée (IGC)
- Programme Géosciences environnementales (PGE)
- Programme Géosciences des eaux souterraines (PGES)
- Programme Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie (PGNSE)
- Programme Objectifs de conservation marine (OCM)
- Programme Géosciences marines pour la planification spatiale marine (PGMPSM)
- Service d'évaluation d'impact environnemental (SEIE)



**Tableau 8 : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du programme de l'IGC**

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Chefs des projets des systèmes minéralisés</b></p> <p>Wouter Bleeker, Patrick Mercier-Langevin et Jan Peter</p>	<p>Ce projet vise à améliorer la compréhension des gîtes minéraux du Canada et de leurs minéraux critiques, ainsi que des systèmes minéralisateurs plus vastes qui les ont formés dans des environnements géologiques appropriés, depuis les sources de métaux jusqu'au dépôt de la minéralisation. Une compréhension à l'échelle du système des gîtes minéraux et des processus minéralisateurs est essentielle pour soutenir la découverte de ressources supplémentaires en minerai, que ce soit en profondeur ou dans des régions éloignées, et pour réduire les risques pour les entreprises à la recherche de gîtes minéraux au Canada. Cela est essentiel pour assurer l'approvisionnement futur en minéraux critiques et autres minéraux d'importance économique au Canada.</p>	<p>Systèmes minéralisés hydrothermaux</p> <p>Jan Peter</p>	<p>Comprend un groupe diversifié de gisements où le principal mécanisme de dépôt est lié à la dissolution, au transport et au dépôt de métaux par des fluides aqueux tels que l'eau de mer, les saumures de bassin et les eaux souterraines. Ces fluides sont généralement riches en métaux et en sels et mènent à la précipitation de métaux critiques et économiquement importants comme le zinc, le cuivre, l'or, le plomb, l'étain, l'antimoine, le germanium, le bismuth et le lithium. Cette activité se concentre sur les processus physiques et chimiques qui conduisent au lessivage, au transport et à la précipitation d'éléments et de minéraux économiquement importants à partir de fluides aqueux.</p>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
		Systèmes minéralisés magmatiques  Wouter Bleeker	Faire progresser les connaissances géoscientifiques sur les gîtes magmatiques et leurs systèmes minéralisés fondamentaux en intégrant les données à toutes les échelles, du gisement à l'échelle du système magmatique complet. Les systèmes magmatiques mafiques (riches en Mg-Fe) constituent le système minéralisateur dominant pour générer des gisements de nickel, de cuivre, de cobalt, de platine, de chrome, de titane et de vanadium, dont la plupart sont considérés comme « critiques ». Les systèmes felsiques (riches en silice) ou alcalins (pauvres en silice et riches en alcalis, y compris les carbonatites) sont l'hôte dominant de nombreux autres minéraux et métaux allant des métaux rares (Nb, Ta, Zr) et des éléments de terres rares (ÉTR) aux métaux des batteries tels que le lithium. La recherche sera axée sur les processus magmatiques physiques et chimiques et les résultats de la recherche comprendront une meilleure compréhension de la façon dont ces gisements se forment, leur distribution dans l'espace et le temps à travers le Canada, ce qui les caractérise à l'échelle du système et du district, et la caractérisation complète de leur composition en termes de métaux critiques.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
		Systèmes minéralisés orogéniques  Patrick Mercier-Langevin	Contribuer à améliorer la connaissance des gîtes minéraux qui se forment à la suite de la déformation et du métamorphisme de la croûte terrestre lors des orogénèses, en mettant l'accent sur les relations dans l'espace et dans le temps avec les caractéristiques tectoniques régionales et leur histoire. Les processus tectoniques peuvent générer des magmas ou des fluides hydrothermaux qui peuvent mobiliser et transporter des métaux et les concentrer dans de larges corridors avec des zones spécifiques ou des zones distinctes où les métaux précieux et critiques (p. ex., l'or, le cuivre, le tellure et le bismuth) sont concentrés pour former des gisements.
<b>Chefs du projet de géosciences numériques et d'élaboration de méthodes</b>  Simon Bridge et Jack Jensen	Ce projet élabore des méthodes de recherche applicables à plusieurs systèmes minéralisés et/ou des recherches de base à l'appui de l'exploration minérale qui ne sont pas directement liées à un système minéralisé.	Apprentissage automatique/ Applications d'intelligence artificielle/ Modélisation géologique 3D/ Modélisation géophysique 3D  Gilles Bellefleur	Élaborer 1) de nouvelles méthodes ou de nouvelles applications en matière d'intelligence artificielle (IA) et d'apprentissage automatique (AA) pour soutenir l'exploration des systèmes minéralisés à minéraux critiques et d'autres systèmes minéralisés d'importance économique au Canada; et 2) des méthodes de modélisation géophysique et géologique 3D pour obtenir des connaissances souterraines des systèmes minéralisés et améliorer l'efficacité de l'exploration en profondeur. Les résultats comprendront des modèles intégrés du sous-sol reposant sur des données géophysiques, géologiques, pétrophysiques et géochimiques.



Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
		<p>Moteur de potentiel minéral</p> <p>Christopher Lawley</p>	<p>Élaboration de méthodes innovantes d'analyse en laboratoire et d'acquisition de données (géologie/géophysique/géochimie/téledétection) à l'appui de la recherche en matière de minéraux critiques. Les résultats fourniront à la communauté géoscientifique et à l'industrie de l'exploration de nouvelles méthodes permettant d'améliorer l'efficacité et la capacité de ciblage de l'ensemble du processus d'exploration minérale.</p>
		<p>Infrastructure de données géospatiales</p> <p>Ernst Schetselaar</p>	<p>Créer une infrastructure numérique à l'échelle du programme en exploitant les conceptions d'infrastructure de données spatiales d'autres programmes de la CGC pour : 1) améliorer l'accès aux données de terrain et de laboratoire de l'IGC et aux interprétations scientifiques qui en découlent; 2) faciliter l'analyse interne et externe axée sur les données (p. ex., statistiques, apprentissage automatique, modélisation); et 3) répondre aux demandes de diffusion de données publiques ouvertes par le biais d'Internet aux parties prenantes industrielles, gouvernementales et universitaires de l'IGC et au grand public.</p>



Tableau 9 : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGE

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Émissions volcaniques de mercure – Recherche en soutien à l'Évaluation du mercure au niveau mondial du PNUE 2023</b></p> <p>Peter Outridge</p>	<p>Ce projet contribuera à combler les principales lacunes en matière de connaissances lors de la prise en compte du cycle naturel du mercure (émissions du système volcanique), soutenant ainsi la <i>Convention de Minamata sur le mercure, 2017</i>.</p>	<p>Sans objet</p>	<p>Sans objet</p>
<p><b>Dynamique hydrologique à long terme du plus grand bassin versant du Canada : Le bassin du fleuve Mackenzie</b></p> <p>Jennifer Galloway</p>	<p>Le bassin du fleuve Mackenzie, dans les Territoires du Nord-Ouest, est l'un des plus grands (4 200 km de long) et des plus importants écosystèmes d'eau douce du monde. Les changements climatiques affectent de manière disproportionnée les latitudes nordiques élevées, en particulier dans le nord-ouest du Canada. Ce projet examinera les tendances à long terme et les cycles pour élaborer des modèles écohydrologiques prédictifs.</p>	<p>Sans objet</p>	<p>Sans objet</p>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Effets cumulatifs de la mise en valeur des ressources sur les bassins versants touchés par l'exploitation minière</b></p> <p>Alexandre Desbarats</p>	<p>Ce projet permettra d'élaborer des méthodes géoscientifiques pour distinguer les effets environnementaux d'une nouvelle activité minière des conditions de fond complexes existantes dans les bassins versants concernés. Ces informations et de nouvelles données seront regroupées dans le premier modèle géoenvironnemental pour les gîtes de type filons à Ag-Ni-Co-As.</p>	<p>Sans objet</p>	<p>Sans objet</p>
<p><b>Évaluation des impacts potentiels des activités de mise en valeur pétrolière et gazière sur les aquifères peu profonds de la région de Fox Creek (Alb.)</b></p> <p>Christine Rivard</p>	<p>Au départ, le projet visait à étudier les impacts environnementaux des activités d'exploration et de production d'hydrocarbures en étudiant les impacts potentiels sur les eaux souterraines peu profondes. Aujourd'hui, il comprend des études sur la végétation, la forêt, la couverture neigeuse, les zones humides, l'évolution du paysage et l'habitat du caribou des bois, à l'appui de la nouvelle législation sur l'évaluation d'impact pour l'élaboration de méthodes régionales d'évaluation des effets cumulatifs.</p>	<p>Sans objet</p>	<p>Sans objet</p>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Recherche géoscientifique sur les déversements accidentels de pétrole (RGDAP)</b></p> <p>Jason Ahad</p>	<p>Le transport des ressources énergétiques du Canada vers les marchés est vital pour l'économie du pays. Le gouvernement fédéral s'est engagé à assurer la sécurité des Canadiens et de leur environnement, mais les incertitudes actuelles concernant les impacts environnementaux des fuites accidentelles de produits pétroliers limitent la capacité du Canada à régler adéquatement le transport sécuritaire et à répondre efficacement aux déversements dans les environnements terrestres et marins. Le projet comprend des expériences en laboratoire et sur le terrain, axées sur des environnements terrestres analogues à ceux que l'on trouve le long des tracés actuels et proposés des pipelines, et sur la zone du chenal de Douglas (côte nord de la Colombie-Britannique), qui relie le port actif de Kitimat aux marchés étrangers.</p>	<p>Impacts environnementaux du bitume dilué</p> <p>Jason Ahad</p>	<p>Lors de son transport par pipeline, le bitume est mélangé à des fractions d'hydrocarbures plus légères, ce qui donne un bitume dilué, moins visqueux. Un certain nombre d'incidents ont mis en évidence le risque environnemental potentiel causé par la rupture d'un pipeline de bitume dilué. Ce projet vise à combler le manque de connaissances sur le transport du bitume dilué dans l'environnement, en particulier dans les systèmes d'eaux souterraines peu profonds.</p>



Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
		<p>Base de référence de la variabilité naturelle dans les études sur les déversements d'hydrocarbures en milieu marin dans le chenal de Douglas</p> <p>Manuel Bringué</p>	<p>Le port actif de Kitimat (C.-B.) est une escale pour l'exportation des ressources énergétiques du Canada vers les marchés internationaux et une augmentation du trafic de pétroliers est prévue. Ce projet fournira une base de référence de la variabilité naturelle dans le chenal de Douglas et identifiera la capacité des communautés microbiennes <i>in situ</i> à atténuer les effets de produits pétroliers libérés accidentellement dans des conditions d'oxygène réduit et de pH plus faible.</p>
<p><b>Impacts environnementaux du dégel du pergélisol dans l'Arctique</b></p> <p>Mathieu Duchesne</p>	<p>Étant donné qu'environ 50 p. 100 du pergélisol occupe le sous-sol de la masse continentale du Canada, ce projet évaluera les impacts environnementaux de la dégradation du pergélisol et fournira une base de référence pour mieux évaluer les conséquences environnementales de la mise en valeur des ressources.</p>	<p>Concentrations de solutés dans le pergélisol au sein d'une gravière active</p> <p>Paul Gammon</p>	<p>La géochimie résultant des processus de gel-dégel du pergélisol est mal comprise. Cette activité vise à affiner la compréhension actuelle de ces processus en étudiant la géochimie d'une gravière associée à la construction d'une route entre Inuvik et Tuktoyaktuk (RIT) dans les Territoires du Nord-Ouest.</p>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Stockage géologique du carbone</b></p> <p>Don White</p>	<p>Le captage et le stockage du carbone (CSC) est un moyen de réduire les émissions atmosphériques de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) pour diverses sources industrielles. Le stockage géologique à long terme du CO<sub>2</sub> consiste à injecter du CO<sub>2</sub> dans des formations rocheuses poreuses en profondeur, telles que des réservoirs de pétrole et de gaz épuisés ou des aquifères salins.</p>	<p>Sans objet</p>	<p>Sans objet</p>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Élimination des dragues en mer</b></p> <p>Gwyn Lintern</p>	<p>Le Canada réglemente l'immersion en mer par le biais d'un système de permis en vertu de la <i>Loi canadienne sur la protection de l'environnement de 1999</i> (LCPE, 1999) et est tenu d'effectuer une surveillance régulière des sites d'immersion en mer en vertu de l'annexe 6 de la LCPE. Ce projet évalue la dispersion des sédiments aux sites de dépôt des déblais de dragage dans l'océan Pacifique. Ces sites de dépôt seront (et sont) utilisés par les principaux promoteurs d'infrastructures, en particulier les ports d'exportation d'énergie. Le travail consiste à ajouter une journée à plusieurs missions du STM existantes pour déployer et récupérer des capteurs de courant, et pour effectuer des calculs et des rapports sur les caractéristiques de dispersion des sédiments afin d'améliorer les directives nationales.</p>	<p>Sans objet</p>	<p>Sans objet</p>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Recherche sur la sismicité induite</b>  Honn Kao	L'exploration et l'exploitation du gaz de shale soulèvent des questions quant aux risques potentiels pour l'environnement et la santé publique. Les études géoscientifiques fournissent le contexte géologique de base et les données de surveillance qui permettent d'évaluer les effets potentiels sur les eaux souterraines et la sismicité induite.	Sans objet	Sans objet
<b>Sables pétrolifères</b>  Paul Gammon	L'exploitation minière à ciel ouvert dans la région des sables pétrolifères de la vallée inférieure de l'Athabasca en Alberta continue de soulever des questions sur les sources de contaminants et leurs effets potentiels sur la qualité de l'air et de l'eau, ainsi que sur les effets cumulatifs possibles sur les écosystèmes aquatiques et terrestres. Ce projet contribue à l'élaboration de méthodologies d'attribution pour la caractérisation des contaminants atmosphériques et aqueux (potentiellement des métaux toxiques) en utilisant des indicateurs isotopiques sophistiqués.	Sans objet	Sans objet



Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Reconstitution de la dynamique environnementale à long terme à l'appui des évaluations régionales</b></p> <p>Josué Jautzy</p>	<p>Projet divisé en deux composantes de deux programmes : Géosciences des eaux souterraines (PGES) et Géosciences environnementales (PGE).</p>	<p>Compilation géochimique des sédiments lacustres et des cernes de croissance des arbres à l'appui des évaluations régionales</p> <p>Josué Jautzy</p>	<p>L'objectif de cette composante est d'évaluer l'effet de la variabilité climatique sur le niveau naturel des concentrations de métaux dans les sédiments lacustres et les cernes de croissance des arbres afin de mesurer les impacts de toute nouvelle mise en valeur de ressources minérales. Les outils et les méthodes développés aideront les futures évaluations régionales sous la direction de l'AEIC.</p>

**Tableau 10 : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGES**

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Aquifères archétypaux du Canada</b>  Hazen Russell	Consolider les connaissances de la CGC et réaliser de nouvelles études sur les aquifères archétypaux du Canada.	Classification des aquifères  Hazen Russell	Élaboration d'une nomenclature des systèmes aquifères en terrains glaciaires.
		Études de cas d'aquifères archétypaux  Hazen Russell	Compilation de la littérature et collecte complète de données pour soutenir les descriptions d'aquifères archétypaux.
		Modélisation des aquifères de la Nation Sud  Hazen Russell	Élaboration d'une modélisation numérique des eaux souterraines basée sur les données physiques à l'échelle du bassin versant et à l'échelle régionale.
		Site d'étalonnage en trou de forage à Bells Corners  Heather Crow	Développement de techniques géophysiques en forage et appliquées à la proche-surface, traitement de signal sismique, apprentissage automatique.
		Contribution au livre électronique  Hazen Russell	<a href="#">Contribution en tant que coauteurs à une série de livres gratuits sur l'hydrogéologie.</a>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Projet Canada 1 Eau (Canada 1 Water)</b>  Hazen Russell	Élaborer un cadre de modélisation des eaux souterraines et des eaux de surface pour la masse continentale du Canada.	Modèle(s) des eaux souterraines et des eaux de surface  Hazen Russell	Élaboration d'un ou de plusieurs modèles des eaux souterraines et des eaux de surface, entièrement intégrés et basés sur la réalité physique, couplés à des données climatiques historiques et à la modélisation de scénarios de changements climatiques pour six grands domaines de bassins hydrographiques, y compris les bassins hydrographiques transfrontaliers avec les États-Unis.
<b>Réseau d'information sur les eaux souterraines</b>  Boyan Brodaric	Définir des normes et des standards aux fins de développement et de distribution des bases de données hydrogéologiques.	Portail et base de données du Réseau d'information sur les eaux souterraines (RIES)  Boyan Brodaric	Création d'un portail Web national sur les eaux souterraines et d'une base de données sur les eaux souterraines (RIES).
		Réseau d'information sur le pergélisol (RIP)  Héryk Julien	Poursuivre le développement d'un réseau national d'information sur le pergélisol (RIP) comprenant un portail Web et une base de données.
		Élaboration d'un tableau de bord des eaux souterraines  François Létourneau	Élaboration de tableaux de bord récapitulatifs dynamiques pour chaque aquifère dans le Réseau d'information sur les eaux souterraines (RIES) avec la collaboration de la Colombie-Britannique.
		Élaboration de normes  Boyan Brodaric	Maintenir et faire progresser les normes pertinentes en matière de données géoscientifiques.
		Données liées  Boyan Brodaric	Prototype d'une infrastructure de données liées concernant les données sur l'eau entre le Canada et les États-Unis.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Caractérisation et modélisation des ressources en eau</b>  Daniel Paradis	Améliorer les méthodes et les techniques de caractérisation, y compris la télédétection et la modélisation numérique 3D, afin d'acquérir une meilleure connaissance géoscientifique des grands systèmes aquifères du Canada et de comprendre la dynamique de l'écoulement des eaux souterraines à l'échelle régionale.	Modélisation des eaux souterraines du sud du Québec  Daniel Paradis	Élaboration d'une plateforme soutenant les attributions eau de surface / eau souterraine, et permettant d'évaluer les ressources en eau et de prévoir leur devenir en fonction des changements climatiques et des stress anthropiques.
		Hydrogéophysique  Daniel Paradis	Mettre au point des approches de caractérisation hydrogéologique, y compris par apprentissage automatique, pour traduire les données géophysiques en propriétés hydrauliques et en essais hydrauliques à haute résolution pour les aquifères complexes.
		Les glaciers et le système régional d'écoulement des eaux souterraines des Rocheuses  Daniel Paradis	Quantifier les changements concernant les apports d'eau de fonte glaciaire dans le système hydrologique, et évaluer les impacts connexes sur les différents compartiments de stockage de l'eau (Rocheuses canadiennes).
<b>Évaluation du système d'aquifères de Fox Creek</b>  Christine Rivard	Soutenir les réglementations et les politiques provinciales de gestion de l'eau visant à protéger les eaux souterraines et à minimiser les impacts des activités industrielles sur l'environnement.	Dynamique de l'écoulement eau de surface / eau souterraine  Christine Rivard	Évaluation des impacts potentiels des activités de mise en valeur pétrolière et gazière, y compris la sismicité induite, sur les aquifères non salins dans la région de Fox Creek (Alberta).



Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Reconstitution de la dynamique environnementale à long terme à l'appui de l'évaluation régionale (Cercle de feu (CdF))</b>  Nicolas Benoit	Améliorer la compréhension de la répartition et de la mobilité des métaux/métalloïdes associés aux gîtes de Cr dans l'environnement.	Définition du contexte hydrogéologique du CdF  Nicolas Benoit	Élaboration d'une compréhension hydrostratigraphique préliminaire par l'analyse des forages d'exploration existants et des cartes géologiques et topographiques de la région de McFauld's Lake dans le CdF (2020). Cet exercice a permis d'identifier les zones d'alimentation et d'émergence, ainsi qu'une séquence hydrostratigraphique régionale composée de dépôts organiques reposant sur un aquitard fuyant, au-dessus d'un aquifère rocheux confiné ou semi-confiné.

Tableau 11 : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGNSE

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Ressources non conventionnelles</b>  Omid Ardakani	Ce projet vise à faire progresser les connaissances géoscientifiques essentielles du sous-sol canadien dans le but d'améliorer notre rendement environnemental pendant la mise en valeur et la production de pétrole de réservoirs peu perméables et de gaz non conventionnel. De tels efforts soutiendront en fin de compte les étapes mondiales vers une économie sobre en carbone. Financé par le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE).	Récupération assistée du pétrole à l'aide du CO <sub>2</sub>  Omid Ardakani	Étudier l'interaction du CO <sub>2</sub> dans les shales afin de mieux comprendre son rôle dans la récupération assistée du pétrole et dans la séquestration et le stockage du CO <sub>2</sub> .
		Source et migration du H <sub>2</sub> S dans la Formation de Montney  Omid Ardakani	Comprendre le processus de formation du H <sub>2</sub> S dans la Formation de Montney, une importante unité de production de gaz naturel dans le nord-ouest de l'Alberta et le nord-est de la Colombie-Britannique.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Ressources géothermiques</b>  Steve Grasby	Le projet de géothermie soutient les objectifs gouvernementaux de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> par une transition vers des ressources énergétiques non émettrices en évaluant les ressources géothermiques à l'échelle régionale.	Géothermie des basses terres du Saint-Laurent  Christine Rivard	Caractériser le potentiel en énergie géothermique de la région de Bécancour dans le sud du Québec et modéliser le transfert de chaleur et l'écoulement des fluides.
		Géothermie régionale  Steve Grasby	Étudier le potentiel en énergie géothermique du Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien (BSOC) pour la production d'électricité et de chaleur.
		Géothermie du chaînon Garibaldi (mont Meager)  Steve Grasby	Étudier le potentiel géothermique de la région du mont Meager pour produire de l'électricité.
		Géothermie hybride  Zhuoheng Chen	Étude de la faisabilité de la coextraction de gaz non conventionnel dans des réservoirs peu perméables et de ressources thermiques pour la cogénération d'électricité par la modélisation des réservoirs.
<b>Méthodes de laboratoire</b>  Dennis Jiang	En s'appuyant sur la recherche géoscientifique sur les énergies renouvelables et sobres en carbone, ce projet se concentre sur des méthodes de laboratoire innovantes et inédites. Ce projet intègre et applique l'intelligence amplifiée/l'apprentissage automatique pour faire progresser la recherche et le développement géoscientifiques au Canada.	Répercussions des fluides des pores  Zhuoheng Chen	En utilisant la modélisation pour mieux comprendre les interactions entre les fluides des pores dans les réservoirs de gaz de shale, ce projet étudie comment les fluides se déplacent dans les shales à petite échelle et à l'échelle nanométrique.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
		Élaboration de méthodes de laboratoire  Dennis Jiang	L'amélioration des méthodes de laboratoire traditionnelles utilisées pour déterminer l'empreinte des hydrocarbures permet d'identifier des structures et des propriétés chimiques différentes, mais très semblables. Cette information permet d'améliorer l'identification des hydrocarbures sources, tant dans les réservoirs que dans les déversements d'hydrocarbures en surface.
		Eaux de reflux de la fracturation hydraulique  Dennis Jiang	Caractériser la composition chimique des eaux de reflux issues de la fracturation hydraulique et les impacts environnementaux associés à ces eaux.
<b>Géosciences marines au large de la Nouvelle-Écosse</b>  Natalie Shea	En collaboration avec la province de la Nouvelle-Écosse, la CGC mène des recherches géoscientifiques en mer afin de mieux comprendre les milieux de dépôt associés aux gisements d'hydrocarbures. Ce projet est financé par la province de la Nouvelle-Écosse.	Sondages par véhicule sous-marin autonome (VSA) sur les suintements d'hydrocarbures au large de la Nouvelle-Écosse  Calvin Campbell	La détection des suintements froids à partir des méthodes marines classiques de surface s'est avérée être un défi. L'utilisation d'un VSA a permis d'obtenir une imagerie supérieure des suintements froids, améliorant ainsi la qualité des données obtenues sur les sites.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
		Identification de la roche mère du Jurassique supérieur au large de la Nouvelle-Écosse à l'aide d'indicateurs géochimiques indirects  Nikole Bingham-Koslowski	À l'aide d'indicateurs géochimiques indirects, cette activité permettra d'identifier et d'encadrer les conditions paléoenvironnementales et sédimentaires nécessaires à la génération de roches mères au cours du Jurassique supérieur, au large de la Nouvelle-Écosse.
		<i>Play Fairway Analysis</i> sous l'angle de la biostratigraphie  Rob Fensome	Achèvement des articles basés sur la biostratigraphie du Trias-Crétacé précoce de la marge néo-écossaise, y compris la zone du chenal Laurentien, la zone Nova Sud-Ouest et la corrélation entre la marge néo-écossaise et la marge marocaine.
		Diagenèse des carbonates et isotopes agglomérés des suintements d'hydrocarbures du talus néo-écossais  Josue Jautzy	À partir de carottes prélevées en 2015 et 2018, l'analyse des isotopes agglomérés des minéraux carbonatés permettra de mieux comprendre l'histoire géologique de ces sédiments.



Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Objectifs de conservation marine</b>  Keith Dewing	Le projet relatif aux Objectifs de conservation marine effectue des évaluations des ressources en hydrocarbures dans les zones que le MPO et d'autres organismes envisagent de préserver dans le cadre de l'engagement du Canada à conserver 10 p. 100 de ses zones marines et côtières par la création de zones de protection marine.	Sans objet	Sans objet



**Tableau 12 : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGMPSM**

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Biorégion du plateau néo-écossais</b></p> <p>Brian Todd</p>	<p>Production de connaissances en géosciences marines dans la biorégion du plateau néo-écossais. Comprend la fourniture de cartes et de données à l'échelle biorégionale, de l'évaluation régionale et des études ciblées.</p>	<p>Contraintes géologiques pour le développement de l'énergie éolienne en mer</p> <p>Jordan Eamer</p>	<p>Évaluation des propriétés physiques de la géologie des formations superficielles dans le contexte des infrastructures d'énergie éolienne en mer.</p>
		<p>Compilation des données bathymétriques régionales</p>	<p>Compilation de données bathymétriques nécessitant la fusion et la compensation de divers ensembles de données et sources pour créer une base géomorphologique homogène.</p>
		<p>Synthèse de la géologie des formations superficielles marines</p> <p>Geneviève Philibert</p>	<p>Mise à jour de la géologie des formations superficielles au large de la Nouvelle-Écosse et interprétation des nouvelles données pour créer une carte géologique à l'échelle biorégionale.</p>
		<p>Modélisation régionale de la contrainte de cisaillement sur le plancher océanique et du transport des sédiments</p> <p>Michael Li</p>	<p>Étalonnage des modèles de cisaillement du plancher océanique et de transport des sédiments au large de Terre-Neuve-et-Labrador et de la Nouvelle-Écosse afin de soutenir les décisions relatives à la mobilité des sédiments.</p>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Biorégion des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador</b>  Vladimir Kostylev	Production de connaissances en géosciences marines dans la biorégion des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.). Comprend la fourniture de cartes et de données à l'échelle biorégionale, de l'évaluation régionale et des études ciblées.	Synthèse de la géologie des formations superficielles marines  Gordon Cameron	Synthèse de la géologie des formations superficielles au large de Terre-Neuve-et-Labrador. Il s'agit de mettre à jour les interprétations précédentes et d'interpréter les nouvelles données pour créer une carte géologique à l'échelle biorégionale.
		Processus sédimentaires littoraux au large du Labrador  Alex Normandeau	Études de cas des processus sédimentaires littoraux et des aléas géologiques au large du Labrador.
		Évaluation de la stabilité des pentes  Laura Broom	Évaluation de la stabilité des pentes à l'échelle régionale sur la base de nombreux échantillons anciens et nouveaux de carottes de sédiments et d'une analyse géotechnique.
<b>Biorégion de la zone de gestion intégrée de la côte nord du Pacifique (ZGICNP)</b>  Cooper Stacey	Production de connaissances en géosciences marines dans la biorégion de la ZGICNP. Comprend la fourniture de cartes et de données à l'échelle biorégionale, de l'évaluation régionale et des études ciblées.	Synthèse de la géologie des formations superficielles  Cooper Stacey	Synthèse de la géologie des formations superficielles pour la ZGICNP. Il s'agit de mettre à jour les interprétations précédentes et d'interpréter les nouvelles données pour créer une carte géologique à l'échelle biorégionale.
		Compilation bathymétrique régionale  Robert Kung	La compilation bathymétrique nécessite la fusion et la compensation de divers ensembles de données et sources pour créer une base géomorphologique homogène. Couvre les biorégions de la ZGICNP et de la mer des Salish.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Biorégion de la mer des Salish</b>  Randy Enkin	Production de connaissances en géosciences marines dans la biorégion de la mer de Salish. Comprend la fourniture de cartes et de données à l'échelle biorégionale, de l'évaluation régionale et des études ciblées.	Impacts anthropiques des sites d'ancrage  Karen Douglas	Collaboration avec le MPO à un projet de recherche visant à étudier les effets de l'ancrage des navires sur les conditions du plancher océanique.
		Synthèse de la géologie des formations superficielles  Randy Enkin	Synthèse de la géologie des formations superficielles pour la biorégion de la mer de Salish. Il s'agit de mettre à jour les interprétations précédentes et d'interpréter les nouvelles données pour créer une carte géologique à l'échelle biorégionale.
<b>Projet pilote sur les systèmes autonomes</b>  Alex Normandeau	Projet axé sur le développement technologique des applications des systèmes marins autonomes et intelligents pour l'étude des fonds marins et l'aménagement de l'espace marin.	Acquisition et exploitation de nouveaux instruments autonomes de cartographie des fonds marins  Robbie Bennett	Élaboration de procédures d'exploitation clés en main pour les systèmes marins autonomes de RNCAN.
Gestion des données en matière de GI/ TI  Sheila Hynes	Assurer la coordination des données et des produits livrables géospatiaux du programme pour les plateformes de données publiques (Cartes ouvertes, Infrastructure de données spatiales marines).	Diffusion d'anciens ensembles de données  Sheila Hynes	Diffusion d'anciens ensembles de données géologiques marines optimisées sur le plan géospatial.



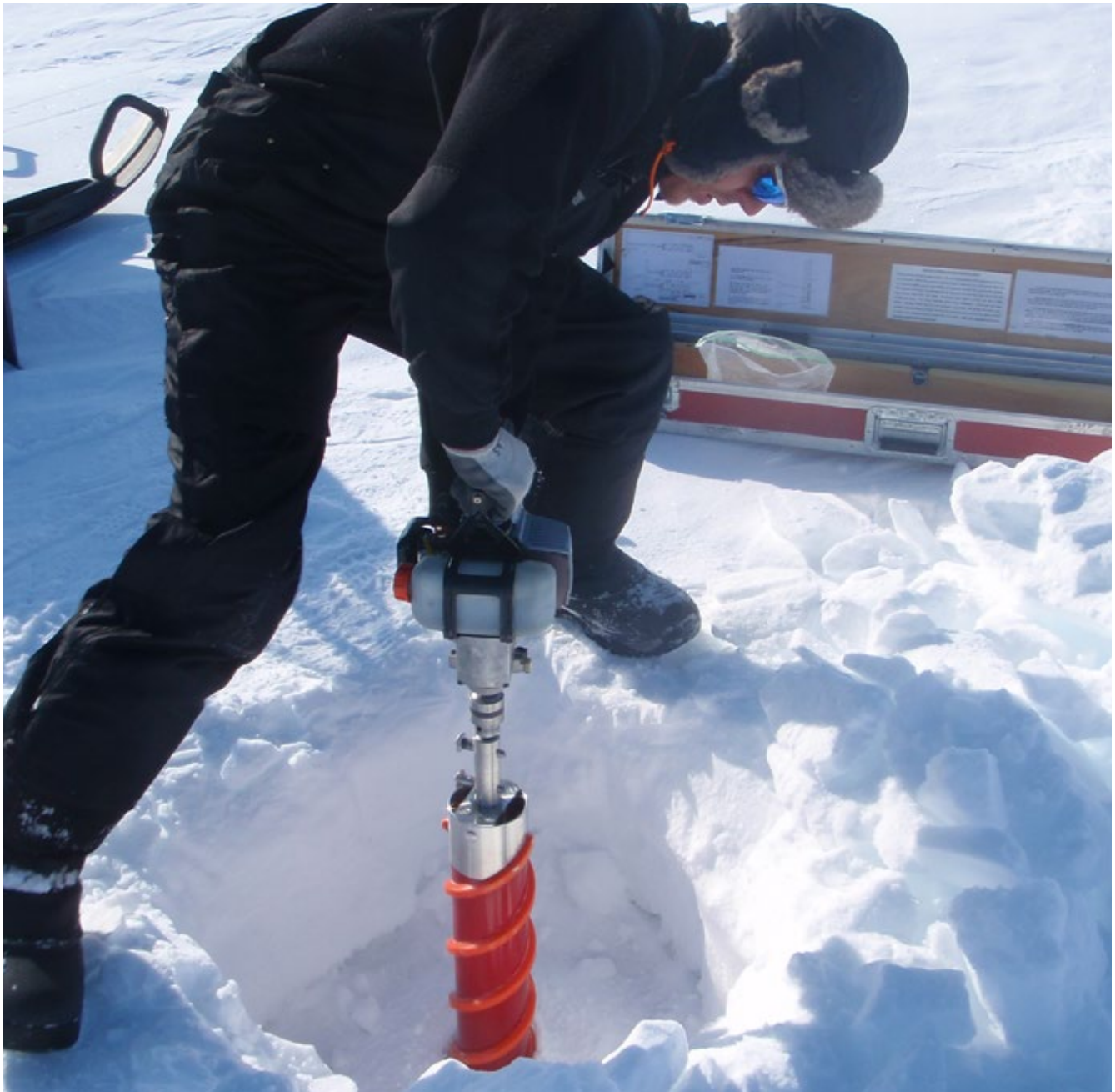
**Tableau 13 : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du SEIE**

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Service d'évaluation environnementale (EE) et d'évaluation d'impact (EI) de la CGC</b></p> <p>Danny Wright Aruna Dixit</p>	<p>Coordonner les examens fédéraux d'évaluation environnementale qui nécessitent une expertise géoscientifique, en veillant à ce que l'information et les conseils géoscientifiques soient fournis en temps opportun et de manière efficace aux termes des cadres réglementaires des régions du nord et du sud, conformément aux obligations de RNCan prévues par la loi.</p>	<p>Tous les aspects d'une EE/EI</p>	<p>Couvrir tous les aspects géoscientifiques d'une EE pour 38 projets de développement conformément aux cadres réglementaires fédéraux en matière d'EE au nord et au sud du 60E parallèle dans le cadre du mandat de la CGC. Contribution à l'audience de la commission d'examen conjoint de la mine de charbon Grassy Mountain (Alb.). Contributions continues au projet TMX (pipeline Trans Mountain, C.-B.) et participation à l'évaluation environnementale régionale pour le Cercle de feu.</p>

### **Priorité stratégique 3 : Les géosciences pour assurer la sécurité du Canada**

Deux programmes de S-T de la CGC s'inscrivent dans la priorité stratégique 3 de la CGC :

- Programme Géosciences pour la sécurité publique (PGSP)
- Programme Géosciences des changements climatiques (PGCC)



**Tableau 14 : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGSP**

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Aléas sismiques</b>  John Cassidy	Recherche visant à comprendre où, de quelle ampleur et à quelle fréquence les futurs tremblements de terre pourraient se produire. Il s'agit notamment de comprendre comment le sol va trembler, où se trouvent les failles actives et à quoi on peut s'attendre en termes de répliques sismiques après un tremblement de terre. La recherche entreprise dans le cadre de ce projet est à la base du modèle national d'aléa sismique qui soutient les dispositions sismiques du Code national du bâtiment du Canada.	Tremblements de terre intraplaque  Greg Brooks	Améliorer la compréhension des séismes intraplaque au Québec, en Ontario et dans l'est de l'Arctique. Cela comprend des études paléosismiques, la réponse des sites sismiques et la cartographie des failles.
		Tremblements de terre en bordure de plaque  Joe Henton	Améliorer l'évaluation des aléas sismiques dans les régions en bordure de plaque tectonique du Canada, du sud-ouest de la Colombie-Britannique jusqu'à la mer de Beaufort. Cela comprend l'élaboration de nouveaux modèles de l'aléa sismique et de formation de tsunami, ainsi que le soutien à l'élaboration de systèmes d'alerte précoce.
	Recherche visant à comprendre les aléas et les risques associés aux volcans du Canada. Cela comprend l'élaboration de matériel de sensibilisation et de modèles pour démontrer les dangers spécifiques aux volcans canadiens de plus grande menace.	Évaluation des aléas volcaniques  Melanie Kelman	Comprendre les aléas et les risques associés aux volcans du Canada. Cela comprend l'élaboration de matériel de sensibilisation et de modèles pour démontrer les dangers spécifiques aux volcans canadiens de plus grande menace.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Glissements de terrain et aléas géologiques en milieu marin</b>  Andrée Blais-Stevens	Évaluations ciblées des aléas géologiques en milieux terrestre et marin, y compris les tsunamis.	Baie de Baffin et chenaux de l'Arctique  Alex Normandeau	Définir les aléas littoraux qui pourraient affecter les collectivités de Baffin, notamment la récurrence des glissements de terrain sous-marins sur la côte est de l'île de Baffin, et comprendre les glissements de terrain à Pangnirtung.
		Mer de Beaufort  Ned King	Comprendre les aléas géologiques sous-marins au large des côtes, y compris les failles et les instabilités de talus, dans la mer de Beaufort, afin d'assurer la sûreté et la sécurité des collectivités et de toute infrastructure future.
		Glissements de terrain terrestres  David Huntley	Comprendre les glissements de terrain à déplacement lent dans le sud de la Colombie-Britannique et à la limite Saskatchewan-Manitoba sur les corridors ferroviaires.
		Glissements de terrain sous-marins et aléa tsunami  Gwyn Lintern	Comprendre ces aléas extracôtiers et côtiers et leur impact sur les personnes et les infrastructures.



Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Aléas spatiométéorologiques</b>  Ljubomir Nikolic	La météorologie spatiale suscite de plus en plus d'inquiétude et les industries concernées cherchent à obtenir des connaissances plus détaillées sur les caractéristiques des perturbations spatiométéorologiques et sur les effets qu'elles peuvent avoir, afin de pouvoir planifier des mesures d'atténuation efficaces.	Effets de sol  David Boteler	Comprendre les effets géomagnétiques sur les systèmes à prise de terre pour favoriser une prise de décision éclairée.
		Effets ionosphériques  Robyn Fiori	Étude des effets ionosphériques sur les systèmes radio et les rendements du système mondial de navigation par satellite (GNSS).
		Évaluation des aléas spatiométéorologiques  Lidia Nikitina	Établir un point de référence pour les conditions du pire scénario, qui pourrait se produire une fois au cours d'une certaine période, ou une fois au cours de plusieurs cycles solaires, en fonction d'un phénomène.
		Élaboration de prévisions  Ljubomir Nikolic	Améliorer les prévisions de météorologie spatiale.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Évaluation des risques associés aux aléas géologiques à l'échelle nationale</b>  Nicky Hastings	Développer des outils, des connaissances et des méthodologies pour rassembler nos connaissances sur les dangers et les personnes, l'environnement et les infrastructures exposées afin de comprendre les impacts sociaux, économiques et physiques, y compris la sécurité publique, la vulnérabilité des bâtiments, les pertes économiques et la capacité de rétablissement des communautés.	Atténuation des inondations côtières dans le cadre du Programme canadien de sûreté et de sécurité (PCSS)  Nicky Hastings	Faire progresser la compréhension pour intégrer les connaissances locales et scientifiques qui éclairent les stratégies de réduction des risques contre les ondes de tempête côtières et les risques de tsunami dans tout le Canada.
		Stratégies de réduction des risques de catastrophes dans le cadre du PCSS  Murray Journeay	Développer la science pour transformer les connaissances sur le risque systémique en politiques qui renforcent les mécanismes existants de gouvernance, d'atténuation et de résilience des risques dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique.
		Stratégie de gestion des urgences – Évaluation du risque sismique  Malaika Ulmi	Fournir un ensemble national de preuves pour comprendre le risque sismique et contribuer aux mesures d'atténuation.

**Tableau 15 : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du PGCC**

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Appuyer l'adaptation dans les régions pergélisolées</b></p> <p>Sharon Smith</p>	<p>Comprendre les interactions pergélisol-climat-infrastructure. Contribuer à l'élaboration des stratégies d'adaptation pour les principales voies de transport existantes et proposées dans le Nord.</p>	<p>Amélioration de la Carte du pergélisol du Canada</p> <p>Sharon Smith</p>	<p>Faire progresser l'élaboration d'un modèle numérique 3D du pergélisol pour la planification et la prise de décisions. Sous-activités : mesurer l'état thermique du pergélisol et les conditions de la couche active; élaborer un portail canadien de données sur le pergélisol pour favoriser la cartographie et la modélisation prédictives de la glace de sol et contribuer au développement d'outils de prise de décision, et faciliter le développement de mégadonnées et de produits reposant sur l'intelligence artificielle.</p>
		<p>La résilience des transports dans l'Arctique éclairée par les systèmes paysagers</p> <p>Peter Morse</p>	<p>Analyser les données géoscientifiques à proximité des principales routes de transport existantes et proposées dans le Nord (route Inuvik-Tuktoyaktuk, route Dempster, routes North Slave, corridors du Nunavut), afin de faciliter le développement d'infrastructures communautaires et de transport adaptées aux changements climatiques.</p>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Appuyer l'adaptation dans les régions côtières</b></p> <p>Thomas James</p>	<p>Évaluer la sensibilité des régions côtières canadiennes aux changements climatiques. Éclairer les stratégies d'adaptation des infrastructures et des communautés côtières existantes et proposées.</p>	<p>Projections du niveau de la mer pour le Canada</p> <p>Thomas James</p>	<p>Raffiner les projections canadiennes relatives au changement du niveau de la mer et les risques associés aux aléas (p. ex., inondations, infrastructures et risques pour la population sur le littoral).</p>
		<p>Dynamique côtière</p> <p>Dustin Whalen</p>	<p>Amélioration de la compréhension de l'érosion côtière des terres et du milieu littoral dans un terrain pergélisolé riche en glace dans l'Arctique de l'Ouest (mer de Beaufort).</p>
		<p>Indices CanCoast : Validation, raffinement et application des indices de sensibilité et de vulnérabilité des côtes</p> <p>Gavin Manson</p>	<p>Développer une base de données numérique nationale, avec des modèles évolutifs imbriqués qui combinent des données sur différentes caractéristiques physiques côtières, afin de générer des indices de sensibilité des côtes aux changements climatiques.</p>
		<p>Infrastructure fondée sur la nature pour la résilience côtière et la réduction des risques</p> <p>Gwyn Lintern</p>	<p>Examiner l'efficacité des infrastructures côtières « douces », telles que celles formées de sédiments et de végétation pour atténuer les vagues et les ondes de tempête et assurer le stockage des eaux de crue.</p>



Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Événements extrêmes : Prévisions pour les basses terres de la baie d'Hudson et évaluation des risques de sécheresse pour l'industrie hydro-électrique</b>  Christian Bégin	Faire progresser l'adaptation au climat en améliorant les indices de sécheresse et la prévision des crues.	Améliorer l'adaptation au climat par de meilleures prévisions des crues dans les basses terres de la baie d'Hudson  Hazen Russell	Amélioration des prévisions des crues dans les basses terres de la baie d'Hudson afin de fournir un avertissement préalable aux communautés des Premières Nations grâce à l'intégration du savoir traditionnel et des séries chronologiques de données satellitaires.
		Amélioration de l'évaluation des risques de sécheresse associés aux changements climatiques pour l'industrie hydroélectrique du centre et de l'est du Canada  Christian Bégin	Élaboration d'indices de sécheresse pour soutenir une meilleure gestion de l'eau aux fins hydroélectriques.
<b>Projet national de glaciologie</b>  David Burgess	Évaluation de la vitesse de changement des glaciers et causes de ce changement dans les environnements arctiques et alpins du Canada.	Haut-Arctique  David Burgess	Utilisation de modèles <i>in situ</i> , de télédétection et de modèles climatiques régionaux pour évaluer le changement des glaciers à l'échelle synoptique dans l'Arctique du Canada.
		Cordillère occidentale  Mark Ednie	Utilisation de données <i>in situ</i> et de télédétection pour évaluer le changement des glaciers à l'échelle synoptique dans l'ouest du Canada.

## Priorité stratégique 4 : Les géosciences pour la société

Tableau 16 : Projets et activités 2020-2021 du RGO

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Infrastructure de TI</b>  Mathieu Ouelleta / Glen Newton	Mettre en place et maintenir des systèmes de TI pour générer, stocker, gérer et diffuser en toute sécurité les données, publications, collections et connaissances de la CGC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modernisation des applications et migration des charges de travail</li> <li>- Soutien de l'informatique en nuage</li> <li>- Optimisation des logiciels</li> </ul>	Mise à jour, transformation et relocalisation des applications des anciens sites vers le nuage ou vers les centres de données de SPC  Soutenir les activités d'acquisition d'espace en nuage et la transition des projets de recherche.  Centraliser les achats de logiciels pour optimiser les coûts de licence.
<b>Systèmes d'information et données</b>  Kathleen Lauzière / Kyler Coutts	Créer des outils, des normes, des flux de travaux et une gouvernance pour gérer les données géoscientifiques tout au long de leur cycle de vie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventaire des ensembles de données de RNCAN</li> <li>- Stratégie relative aux données de RNCAN</li> <li>- Stratégie relative aux données du STM</li> <li>- Stratégie relative à la gestion de l'information du STM</li> </ul>	Cataloguer les ensembles de données fournis au Conseil du Trésor et au public pour améliorer la facilité de repérabilité des données.  Contribuer aux stratégies relatives aux données et à la gestion de l'information mises en œuvre par RNCAN et le STM pour améliorer la gestion des données de RNCAN.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Libre accès et participation du public</b></p> <p>Kaz Shimamura / Sonya Banal</p>	<p>Mettre à la disposition des Canadiens des publications géoscientifiques de haute qualité et faisant autorité en temps opportun et gratuitement, et communiquer les résultats des programmes de la CGC au public.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Publications en S-T</li> <li>- Plan d'action pour la science ouverte de RNCAN</li> <li>- Lignes directrices de RNCAN en matière de publications scientifiques et techniques</li> <li>- Lignes directrices de RNCAN pour les communications scientifiques</li> <li>- Publications en S-T et langues officielles</li> </ul>	<p>Gérer les processus opérationnels et assurer l'évaluation par les pairs, la révision, la mise en page et la diffusion des produits d'information en sciences et technologie de la CGC.</p> <p>Le RGO a participé à l'élaboration du Plan d'action pour la science ouverte de RNCAN, qui est requis par la Feuille de route pour la science ouverte du gouvernement du Canada. La Feuille de route prévoit que le gouvernement s'engage, entre autres, à rendre toutes les publications en libre accès sans embargo d'ici 2022.</p> <p>Le RGO a participé à l'élaboration de diverses lignes directrices qui fournissent des conseils sur la façon d'interpréter la Politique sur l'intégrité scientifique de RNCAN en ce qui concerne les publications et les communications.</p>

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Synthèse et intégration</b></p> <p>Boyan Brodaric</p>	<p>Accroître l'accès à de nouvelles connaissances sur la géologie du Canada dans son ensemble en intégrant divers ensembles de données à l'aide de méthodes nouvelles et novatrices, notamment pour la diffusion. Accroître la capacité d'intégration des connaissances géoscientifiques du Canada entre les disciplines et pour la formulation de prévisions.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canada en 3D</li> <li>- Réseau d'information sur les eaux souterraines (RIES)</li> </ul>	<p>Développer un cadre national de la géologie en 2D et en 3D qui intègre des données provenant de diverses sources et donne accès à celles-ci via un portail en ligne.</p> <p>Le RIES relie les données sur les eaux souterraines provenant de diverses sources et les rend accessibles via un portail afin d'éclairer la prise de décisions.</p>



Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Collections de matériel géologique</b></p> <p>Rhian Evans</p>	<p>Documenter, préserver et conserver correctement les collections physiques de la CGC tout au long de leur cycle de vie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réaménagement et amélioration des installations abritant des collections</li> <li>- Prêts de collections aux établissements</li> <li>- Examen de l'état des collections</li> </ul>	<p>Reloger et améliorer des installations de collections sont des actions entreprises pour améliorer l'entreposage et la gestion du cycle de vie des collections physiques. Par exemple, à Ottawa, un nouvel entrepôt a été aménagé et plus de 1 300 tonnes de matériel ont été nettoyées, cataloguées et déplacées.</p> <p>Les prêts de collections sont des initiatives entreprises pour transférer des parties des collections de la CGC à des tiers en vertu d'accords de prêt à long terme; par exemple, la CGC est en train de transférer certaines de ses collections au Musée canadien de la nature.</p> <p>L'examen de l'état des collections est constitué d'une série d'activités visant à recueillir et à analyser l'état des collections physiques de la CGC afin de recommander des moyens d'accroître leur valeur pour les géosciences et l'éducation.</p>

## Priorité stratégique 5 : Nos gens, notre science

Tableau 17 : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du RLS

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Groupe de laboratoires de recherche en géochimie inorganique (GLRGI)</b>  Paul Gammon	Recherche et analyse géochimique innovante (systèmes isotopiques, espèces métalliques) pour définir les processus géochimiques dans les corps minéralisés, les processus crustaux et pour identifier le mouvement et l'impact des éléments dans l'environnement.	Installation de laboratoire sur l'environnement et les matériaux superficiels  Paul Gammon	Ottawa, Ont.
		Installation de laboratoire de chimie analytique  Simon Jackson	Ottawa, Ont.
		Laboratoire de géochimie marine  Michael Parsons	Dartmouth, N.-É.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Groupe de laboratoires de paléontologie</b>  Manuel Bringué et Sofie Gouwy	Expertise en paléontologie pour fournir des informations sur l'âge géologique et les paléoenvironnements à partir des enregistrements géologiques. Soutenir les analyses de bassin pour l'exploration des hydrocarbures et des minéraux, la cartographie géologique, la reconstitution des changements environnementaux passés au cours des temps géologiques et dans des contextes modernes. Évaluer et prévoir la réponse des écosystèmes aux effets cumulatifs des perturbations climatiques et anthropiques.	Laboratoires de palynologie  Manuel Bringué et Jennifer Galloway	Calgary, Alb. Dartmouth, N.-É. Quebec, Qc
		Laboratoires sur les conodontes  Sofie Gouwy	Calgary, Alb. Vancouver, C.-B.
		Installation de laboratoire sur les macrofossiles  Jim Haggart	Vancouver, C.-B.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Groupe de minéralogie et de propriétés physiques</b>  Jeanne Percival	Expertise en minéralogie, analyse minéralogique quantitative et propriétés physiques des roches, des minéraux et des matériaux non consolidés, pour résoudre des problèmes de recherche géophysique, géotechnique, sédimentologique, stratigraphique et minéralogique.	Installation de laboratoire de sédimentologie et de carottes marines  Alexandre Normandeau	Dartmouth, N.-É.
		Installation de laboratoire de sédimentologie  Shauna Madore	Ottawa, Ont.
		Installation de laboratoire de minéralogie  Laboratoire lapidaire  Jeanne Percival	Ottawa, Ont.
		Installation de laboratoire de paléomagnétisme et de pétrophysique  Randy Enkin	Sidney, C.-B.
<b>Groupe de géochimie et géochronologie isotopiques (GGGI)</b>  Jason Ahad	Développer des techniques analytiques et des applications d'études basées sur les isotopes radiogéniques et stables pour dater les événements géologiques et retracer les processus crustaux, environnementaux et marins. Contribuer à la recherche sur les études géologiques régionales, la modélisation des gîtes minéraux et la gestion de l'environnement.	Laboratoire de géochimie et de géochronologie isotopiques  Bill Davis, Natasha Wodicka, Jeremy Powell	Ottawa, Ont.
		Delta-Lab (isotopes stables)  Jason Ahad	Québec, Qc



Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<p><b>Groupe de pétrologie et de géochimie organiques (GPGO)</b></p> <p>Dennis Jiang et Rachel Robinson</p>	<p>Caractérisation géochimique et pétrographique (1) des systèmes d'hydrocarbures conventionnels et non conventionnels dans le sous-sol; (2) des impacts environnementaux existants et potentiels de l'extraction et de la mise en valeur des ressources fossiles en surface et sous terre; (3) de l'origine et du devenir de la matière organique et de son interaction avec l'eau et les sédiments.</p>	<p>Installations de laboratoire de géochimie organique et de pétrologie organique</p> <p>Dennis Jiang, Rachel Robinson, Omid Haeri Ardakani</p>	<p>Calgary, Alb.</p>

**Tableau 18** : Projets et activités scientifiques 2020-2021 du SRA

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Secrétariat des relations avec les Autochtones</b>  Sonia Talwar	Appuyer la direction dans la résolution des enjeux actuels des relations avec les Autochtones pour la CGC.	Appui à la priorité stratégique 4 de la CGC  Sonia Talwar	Assurer la coordination au nom des gestionnaires.
		Réseau des relations avec les Autochtones (RRA)  Sonia Talwar	Création et gestion d'un réseau des relations avec les Autochtones qui favorisera le développement d'une communauté de pratique autour des relations avec les Autochtones au sein de la CGC.
		Conseils d'experts auprès de la direction  Sonia Talwar	Soutenir la direction pour assurer une meilleure intégration au sein du Secteur, du Ministère et du gouvernement du Canada sur les enjeux des relations avec les Autochtones.

Projet et chef du projet	Description du projet	Activité et responsable de l'activité	Description de l'activité
<b>Comité de direction du Réseau des relations avec les Autochtones</b>  Mike Ellerbeck	Le comité de direction du RRA s'appuiera sur l'expérience de la CGC pour améliorer les relations avec les communautés et les organisations autochtones en s'engageant dans des initiatives géoscientifiques. Il s'appuie sur les principes de respect mutuel et de coopération, reconnaît la valeur des visions du monde et du savoir traditionnel autochtones et offre des avantages aux communautés autochtones, le cas échéant.	Formation  Michelle Côté	Recommander et coordonner la formation du personnel de la CGC afin d'améliorer ses capacités à s'engager efficacement et respectueusement auprès des communautés autochtones.
		Outils de mobilisation  Mike Ellerbeck	Développer des outils organisationnels pour aider le personnel à développer et à maintenir des relations et des collaborations respectueuses et fructueuses avec les communautés autochtones.
		Base de données sur la mobilisation des Autochtones  Michelle Côté	Développer des systèmes internes afin d'améliorer la coordination et les rapports sur les relations avec les Autochtones au sein de la CGC.
		Communications du RRA  Mike Ellerbeck	Évaluer les besoins en communication interne et externe de RRA. Développer du matériel de communication pour la promotion interne (RNCan et le gouvernement du Canada). Identifier d'autres besoins en communication. Conseiller le comité de direction sur les besoins en communication.



# Annexe 3 : Acronymes

---

**ACE** – Agence canadienne de l'eau  
**AEIC** – Agence d'évaluation d'impact du Canada  
**AGI** – Accord géoscientifique intergouvernemental  
**ALE** – Altitude de la ligne d'équilibre  
**AMC** – [Affaires mondiales Canada](#)  
**APC** – [Agence Parcs Canada](#)  
**BFM** – Bassin du fleuve Mackenzie  
**BSOC** – Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien  
**C3D** – Le Canada en 3D  
**CCNUCC** – [Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques](#)  
**CEC** – Commission d'examen conjoint  
**CGC** – [Commission géologique du Canada](#)  
**CG-SM** – Chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse  
**CMR** – Cadre ministériel des résultats  
**CNACE** – [Commission nord-américaine de coopération environnementale](#)  
**CNCG** – Comité national des commissions géologiques  
**CO<sub>2</sub>** – Dioxyde de carbone  
**CRRG** – Conseil des ressources renouvelables [gwich'in](#)  
**CSC** – Captage et stockage du carbone  
**CUSC** – [Captage, utilisation et stockage du carbone](#)  
**DEEP** – Deep Earth Energy Production  
**DNES** – Dialogue national sur les eaux souterraines  
**ECCC** – Environnement et Changement climatique Canada  
**EE** – Évaluation environnementale  
**EGP** – Éléments du groupe du platine  
**EI** – Évaluation d'impact  
**EIE** – Énoncé d'impact environnemental



**EPI** – Équipement de protection individuelle  
**ETP** – Équivalent temps plein  
**GA** – Gouvernement autochtone  
**GBM** – Gradient boosting machine  
**GCGN** – Groupe consultatif des gens du Nord  
**GEM** – Géocartographie de l'énergie et des minéraux  
**GEM-GéoNord** – Géocartographie de l'énergie et des minéraux – GéoNord  
**GI/TI** – Gestion de l'information / Technologie de l'information  
**GIEC** – Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat  
**GNRE** – Géoscience pour les nouvelles ressources énergétiques  
**GNSS** – Système mondial de navigation par satellite  
**GWML** – Groundwater Markup Language (langage de balisage des eaux souterraines)  
**H<sub>2</sub>S** – Sulfure d'hydrogène  
**IA** – Intelligence artificielle  
**ICP-MS** – Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif  
**IGC** – Initiative géoscientifique ciblée  
**IGRAC** – International Groundwater Resources Assessment Centre  
**ININ** – Initiative de normalisation des infrastructures du Nord  
**LCPE** – Loi canadienne sur la protection de l'environnement  
**MGS** – Minnesota Geological Survey  
**MILA** – Institut québécois d'intelligence artificielle  
**M<sub>L</sub>** – Magnitude locale  
**MPO** – Pêches et Océans Canada  
**MW** – Mégawatt  
**OA** – Organisation autochtone  
**OAG** – Organisme autochtone de gouvernance  
**OCM** – Objectifs de conservation marine  
**OMM** – Organisation météorologique mondiale  
**ONG** – Organisation non gouvernementale  
**ONU** – Organisation des Nations Unies  
**PCMM** – Plan canadien pour les minéraux et les métaux  
**PCSS** – Programme canadien de sûreté et de sécurité  
**PE** – Protocole d'entente  
**PGCC** – Programme Géosciences des changements climatiques  
**PGE** – Programme Géosciences environnementales  
**PGES** – Programme Géosciences des eaux souterraines  
**PGSP** – Programme Géosciences pour la sécurité publique  
**PGMPSM** – Programme Géosciences marines pour la planification spatiale marine  
**PGNSE** – Programme Géosciences pour les nouvelles sources d'énergie  
**PHQ** – Personnel hautement qualifié  
**PIR** – Profil d'information sur le rendement  
**PNG** – Projet national de glaciologie  
**PNUE** – Programme des Nations Unies pour l'environnement  
**PRDE** – Programme de recherche et de développement énergétiques  
**PT** – Provinces et territoires  
**RCGNP** – Recherche collaborative sur la glace, la neige et le pergélisol  
**RDDC** – Recherche et développement pour la défense Canada  
**RE** – Responsabilité essentielle  
**RGO** – Réseau des géosciences ouvertes  
**RH** – Ressources humaines  
**RIES** – Réseau d'information sur les eaux souterraines  
**RIP** – Réseau d'information sur le pergélisol  
**RLS** – Réseau de laboratoires scientifiques  
**RMN** – Résonance magnétique nucléaire  
**RNCan** – Ressources naturelles Canada  
**RRA** – Réseau des relations avec les Autochtones  
**RRM** – Rapports sur les résultats ministériels  
**RSI** – Recherche sur la sismicité induite  
**SAFF** – Sondage auprès des fonctionnaires fédéraux

**SCM** – Stratégie de conservation marine  
**SEIE** – Service d'évaluation d'impact  
environnemental  
**SGDN** – [Société de gestion des déchets nucléaires](#)  
**SGP** – Stratégie géoscientifique pancanadienne  
**SHRIMP** – Microsonde ionique à haute résolution  
et à haut niveau de sensibilité (Sensitive High  
Resolution Ion MicroProbe)  
**SIG** – Système d'information géographique  
**SMIES** – Système mondial d'information sur les  
eaux souterraines  
**SRA** – Secrétariat des relations avec les  
Autochtones  
**STM** – Secteur des terres et des minéraux  
**TMX** – [Projet d'agrandissement du réseau Trans  
Mountain](#)  
**UNCLOS** – [Convention des Nations Unies sur le  
droit de la mer](#)  
**UNESCO** – [Organisation des Nations Unies pour  
l'éducation, la science et la culture](#)  
**USGS** – United States Geological Survey  
**VSA** – Véhicule sous-marin autonome  
**VTG** – Véhicule télécommandé  
**WCOGS** – World Community of Geological Surveys  
**ZEE** – Zone économique exclusive  
**ZGICNP** – Zone de gestion intégrée de la côte nord  
du Pacifique

# Annexe 4 : Ressources

---

- Canada en 3D : <https://canada3d.geosciences.ca/>
- Commission géologique du Canada : <https://www.nrcan.gc.ca/science-et-donnees/centres-de-recherche-et-laboratoires/la-commission-geologique-du-canada/17101>
- Commission géologique du Canada – Plan stratégique 2018-2023 : [https://www.nrcan.gc.ca/science-donnees/science-recherche/sciences-de-la-terre/geomatique/infrastructure-canadienne-de-donnees-geospati/centre-de-ressources-de-licdg/projet-pilote-dinteroperabilite-de-licdg-video/commission?\\_ga=2.38374179.1647432684.1632324540-977873228.1630589318](https://www.nrcan.gc.ca/science-donnees/science-recherche/sciences-de-la-terre/geomatique/infrastructure-canadienne-de-donnees-geospati/centre-de-ressources-de-licdg/projet-pilote-dinteroperabilite-de-licdg-video/commission?_ga=2.38374179.1647432684.1632324540-977873228.1630589318)
- GÉOSCAN : <https://geoscan.nrcan.gc.ca/>
- Réseau d'information sur les eaux souterraines : [https://gin.gw-info.net/service/api\\_ngwds:gin2/fr/gin.html](https://gin.gw-info.net/service/api_ngwds:gin2/fr/gin.html)
- Laboratoires Canada : [https://www.science.gc.ca/eic/site/063.nsf/fra/h\\_97809.html](https://www.science.gc.ca/eic/site/063.nsf/fra/h_97809.html)
- Lettre de mandat du ministre des Ressources naturelles (13 décembre 2019) : <https://pm.gc.ca/fr/lettres-de-mandat/2019/12/13/archivee-lettre-de-mandat-du-ministre-des-ressources-naturelles>
- Lettre de mandat supplémentaire du ministre des Ressources naturelles (15 janvier 2021) : <https://pm.gc.ca/fr/lettres-de-mandat/2021/01/15/archivee-lettre-de-mandat-supplementaire-du-ministre-des-ressources>
- Ressources naturelles Canada : [https://www.nrcan.gc.ca/accueil?\\_ga=2.136038449.1647432684.1632324540-977873228.1630589318](https://www.nrcan.gc.ca/accueil?_ga=2.136038449.1647432684.1632324540-977873228.1630589318)

- Structure organisationnelle de Ressources naturelles Canada : [https://www.rncan.gc.ca/accueil/propos-de-nous/structure-organisationnelle-de-ressources-naturelles-canada/23055?\\_ga=2.138652851.1647432684.1632324540-977873228.1630589318](https://www.rncan.gc.ca/accueil/propos-de-nous/structure-organisationnelle-de-ressources-naturelles-canada/23055?_ga=2.138652851.1647432684.1632324540-977873228.1630589318)
- Plan ministériel 2020-2021 : [https://www.rncan.gc.ca/transparence/rapports-et-responsabilisation/plans-et-rapports-sur-le-rendement/plan-ministeriel-anciennement-appelle-rapport-sur-les-plans-et-les/plan-ministeriel-2020-2021/plan-ministeriel-2020-2021?\\_ga=2.141068466.1647432684.1632324540-977873228.1630589318](https://www.rncan.gc.ca/transparence/rapports-et-responsabilisation/plans-et-rapports-sur-le-rendement/plan-ministeriel-anciennement-appelle-rapport-sur-les-plans-et-les/plan-ministeriel-2020-2021/plan-ministeriel-2020-2021?_ga=2.141068466.1647432684.1632324540-977873228.1630589318)
- Bureau de recherche et de développement énergétiques : [https://www.rncan.gc.ca/science-et-donnees/financement-et-partenariats/occasions-de-financement/bureau-recherche-developpement-energetiques-brde/5712?\\_ga=2.25412797.1647432684.1632324540-977873228.1630589318](https://www.rncan.gc.ca/science-et-donnees/financement-et-partenariats/occasions-de-financement/bureau-recherche-developpement-energetiques-brde/5712?_ga=2.25412797.1647432684.1632324540-977873228.1630589318)
- Cartes ouvertes Canada (Plateforme géospatiale fédérale) : <https://ouvert.canada.ca/fr/cartes-ouvertes>
- Plateforme de science et de données ouvertes : <https://osdp-psdo.canada.ca/dp/fr>
- Réseau d'information sur le pergélisol : <https://pin.geosciences.ca/fr/>
- Convention des Nations Unies sur le droit de la mer : <https://www.iucn.org/fr/node/25011>





Canada