

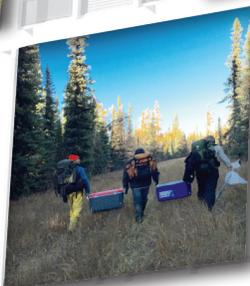
CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE QUÉBEC

INRS CENTRE
EAU
TERRE
UNIVERSITÉ DE RECHERCHE ENVIRONNEMENT

Canada

Ressources et environnement : deux mondes à concilier

Rapport annuel 2014-2015



Institut national de la recherche scientifique (INRS)
Centre Eau Terre Environnement

(418) 654-2524 | info@ete.inrs.ca | ete.inrs.ca

Commission géologique du Canada (CGC)
CGC-Québec

(418) 654-2604 | cgcq.gscq@nrcan.gc.ca | nrcan.gc.ca

490, rue de la Couronne, Québec (Québec) G1K 9A9

La Commission géologique du Canada (CGC-Québec) et le centre Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) sont partenaires d'une entente de collaboration appelée **Centre géoscientifique de Québec (CGQ)**. Cette association favorise le rapprochement et la collaboration de scientifiques par le biais de projets de recherche d'intérêt commun répondant à des enjeux socio-économiques dans les domaines de la géologie régionale, des géoressources et des géosciences de l'environnement.

Complémentarité CGC - INRS

GÉOLOGIE RÉGIONALE	GÉORESSOURCES	ENVIRONNEMENT
<p>Cette thématique est orientée vers la définition du cadre géologique régional ou vers l'étude de paramètres permettant de circonscrire l'évolution des bassins sédimentaires. Les activités de levés du substrat rocheux et des formations superficielles se concentrent dans l'Est et le Nord du Canada. Une attention particulière est apportée à la définition du contexte géologique afin de fournir une assise solide aux études thématiques sur les ressources et l'environnement.</p>	<p>Cette thématique implique des études métallogéniques détaillées, la proposition de métallotectes pouvant être appliqués dans le cadre de la mise en valeur du potentiel économique et le développement de guides pour l'exploration des géoressources. Les expertises touchent les gisements aurifères en terrain métamorphique, les sulfures massifs volcanogènes et autres types de minéralisations polymétalliques, de même que les hydrocarbures conventionnels et non conventionnels.</p>	<p>Les activités dans cette thématique incluent la caractérisation et la cartographie des aquifères, les risques géologiques, la géochimie environnementale, la dynamique des environnements actuels, la caractérisation et la restauration de sites contaminés, les changements climatiques, les liens entre les formations profondes et superficielles, de même que les problématiques mettant en relation l'environnement et la mise en valeur responsable des ressources naturelles.</p>
EXPERTISES		
<ul style="list-style-type: none"> • Appalaches • Bouclier canadien • Basses Terres du Saint-Laurent • Géologie du Quaternaire • Géologie structurale, tectonique • Pétrologie métamorphique et ignée • Géochimie des roches ignées et sédimentaires • Sédimentologie, stratigraphie • Biostratigraphie, paléogéographie • Pétrographie organique, diagenèse • Géologie marine 	<ul style="list-style-type: none"> • Métallogénie • Métallurgie • Relation minéralisation-stratigraphie-structure • Géologie de la matière organique et des argiles • Diagenèse, hydrothermalisme • Potentiel pétroligène et réservoir • Ressources énergétiques non conventionnelles • Prospection glacio-sédimentaire, géologie du Quaternaire • Prospection lithogéochimique • Simulations physiques • Interprétation et traitement de données géophysiques en 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • Géomorphologie • Risques géologiques • Géochimie des éléments traces, géochimie inorganique, géochimie isotopique • Dendrochronologie • Paléolimnologie, limnogéologie • Processus sédimentaires • Hydrogéologie régionale • Géophysique de sous-surface (magnétisme, électromagnétisme et tomographie géoélectrique) • Dynamique des fluides, écoulement multiphasés • Caractérisation, restauration et gestion environnementale

Laboratoires

- **Laboratoire du CGQ (Géochimie analytique)** – Stéphane Prémont, INRS; Yves Michaud, CGC
Laboratoire conjoint INRS-CGC de caractérisation des roches, des sédiments et des arbres.
- **Laboratoire de dendrochronologie et de dendrogéochimie** – Christian Bégin, CGC
Analyse des paramètres physiques et géochimiques des séquences de cernes de croissances des arbres.
- **Laboratoire de géochimie isotopique (Delta Lab)** – Martine Savard, CGC
Analyse des isotopes stables (H, C, N et O) appliqués aux études hydrogéologiques et environnementales.
- **Laboratoire de géochimie, imagerie et radiographie des sédiments** – Pierre Francus, INRS
Analyses non destructives par radiographie couplées à l'analyse chimique par microfluorescence X de roches, de sols et de sédiments.
- **Laboratoire hydraulique environnemental** – Jannette B. Frandsen, INRS
Simulation dans un canal de grande dimension de houles, marées et courants de rivières à fort débit dans le but de développer des approches durables de gestion du littoral.
- **Laboratoire d'hydrogéologie** – Daniel Paradis et Nicolas Benoit, CGC
Appareils de terrain pour la caractérisation de l'eau souterraine et équipement pour la modélisation numérique.
- **Laboratoire d'hydrogéologie des contaminants** – Richard Martel, INRS, en partenariat avec le centre de recherche et de développement pour la défense Canada (Valcartier)
Étude du comportement des contaminants dans le sol et l'eau souterraine et mise au point de procédés de traitement *in situ* à une échelle intermédiaire entre le laboratoire et le terrain.
- **Laboratoire d'imagerie et acquisition des méthodes géophysiques** – Erwan Gloguen, INRS
Travaux appliqués principalement à la caractérisation de réservoirs pour la séquestration du CO₂, l'hydrogéologie et le pétrole.
- **Laboratoire mobile de caractérisation physique, minéralogique et chimique des roches** – Pierre-Simon Ross, INRS
Mesures non destructives à haute résolution spatiale de paramètres physiques, minéralogiques et chimiques sur des carottes de forage.
- **Laboratoire multidisciplinaire de scanographie pour les ressources naturelles** – Pierre Francus, INRS
Mesures non destructives des variations internes de densité sur des corps statiques et mesures de phénomènes dynamiques, principalement en hydrologie.
- **Laboratoire de simulation physique, numérique et géophysique** – Lyal Harris, INRS
Orientation des efforts de prospection minière et pétrolière par l'interprétation structurale et tectonique des données géophysiques et de terrain, ainsi que par la simulation de processus géologiques.

Pour plus d'information : ete.inrs.ca/ete/recherche/infrastructures-equipements

Gestion / Diffusion de l'information

- **Laboratoire de cartographie numérique et de photogrammétrie (LCNP)** cgcq.gscq@rncan.gc.ca
Laboratoire informatique pour l'acquisition, la gestion, l'analyse et la diffusion des données géoscientifiques.
- **Service de documentation et d'information spécialisée de l'INRS (SDIS)** jean-daniel.bourgault@ete.inrs.ca
Bibliothèque de l'INRS, incluant la collection documentaire de la CGC-Québec. sdis.inrs.ca
- **Publications et rapports de Ressources naturelles Canada (RNCAN)**
Portail web donnant accès à diverses bases de données thématiques. rncan.gc.ca/publications/1139

Liste des activités conjointes

GÉOLOGIE RÉGIONALE ET GÉORESSOURCES

RESPONSABLE(S)	TITRE	ÉQUIPE CGG-Q	ÉQUIPE INRS	ÉTUDIANTS
Bédard, Jean – CGC	Projet sur les ophiolites de Cache Creek (GEM-2).		Marc Richer-Lafleche	Anne-Sophie Corriveau (MSc)
Corriveau, Louise – CGC	Système à oxydes de fer-cuivre-or-uranifère (IGC-4). Morin	Étienne Girard, Kathleen Lauzière, Annick Morin	Pierre Francus, Pierre-Simon Ross, Marc Richer-Lafleche	Anthony-Franco De Toni (MSc) Jean-François Montreuil (PhD)
Duchesne, Mathieu – CGC	Caractérisation sismique des shales du Macasty et des unités sédimentaires sus-jacentes (île d'Anticosti).	Virginia Brake, Denis Lavoie, Nicolas Pinet	Erwan Gloaguen	
Dubé, Benoit Mercier-Langevin, Patrick – CGC Malo, Michel – INRS	Systèmes liés aux intrusions dans les terrains anciens : potentielle source aurifère non reconnue (IGC-4).	Valérie Bécu, Céline Dupuis, Kathleen Lauzière, Sébastien Castonguay, Stéphane de Souza (postdoc)	Lyal Harris	Arnaud Fontaine (PhD) David Yergeau (PhD)
Dubé, Benoit Castonguay, Sébastien Mercier-Langevin, Patrick – CGC Malo, Michel – INRS	Reconnaissance optimale des environnements aurifères à l'intérieur de formations de fer rubanées (IGC-4).	Valérie Bécu, Céline Dupuis, Kathleen Lauzière	Lyal Harris	Vivien Janvier (PhD) William Oswald (PhD)
Dubé, Benoit Mercier-Langevin, Patrick – CGC Malo, Michel – INRS	Paramètres de fertilité aurifère des failles majeures dans la province du Supérieur (IGC-4).	Valérie Bécu, Sébastien Castonguay, Kathleen Lauzière, Stéphane de Souza (postdoc)	Lyal Harris, Marc Richer-Lafleche	Anne-Marie Beauchamp (MSc) Arnaud Fontaine (PhD) Mireille Pelletier (MSc)
Harris, Lyal – INRS	Nouveaux modèles pour l'évolution des ceintures archéennes sans tectonique des plaques – comparaison avec Vénus.	Jean Bédard		
Harris, Lyal – INRS	Structure et évolution tectonique de la province de Grenville, Québec et État de New York.	Louise Corriveau	Marc Richer-Lafleche	
Harris, Lyal – INRS	Interprétation structurale et tectonique des données géophysiques pour l'île Victoria, territoire du Nord-Ouest, Canada.	Jean Bédard		
Mercier-Langevin, Patrick Dubé, Benoit – CGC Ross, Pierre-Simon – INRS	Étude des gîtes de sulfures massifs volcanogènes riches en métaux précieux (or et argent) (IGC-4).	Valérie Bécu, Louise Corriveau, Kathleen Lauzière	Erwan Gloaguen	Antoine Caté (PhD)
Ross, Pierre-Simon – INRS	Architecture volcanique de la Formation de Waconichi, sous-province de l'Abitibi – implications pour la compréhension et l'exploration des sulfures massifs volcanogènes.	Patrick Mercier-Langevin		Alexandre Boulterce (MSc)
Ross, Pierre-Simon – INRS	Géochimie des roches volcaniques du Groupe de Blake River.	Patrick Mercier-Langevin	Alexandre Bourke	Sarane Sterckx (MSc)

GÉOSCIENCES ENVIRONNEMENTALES

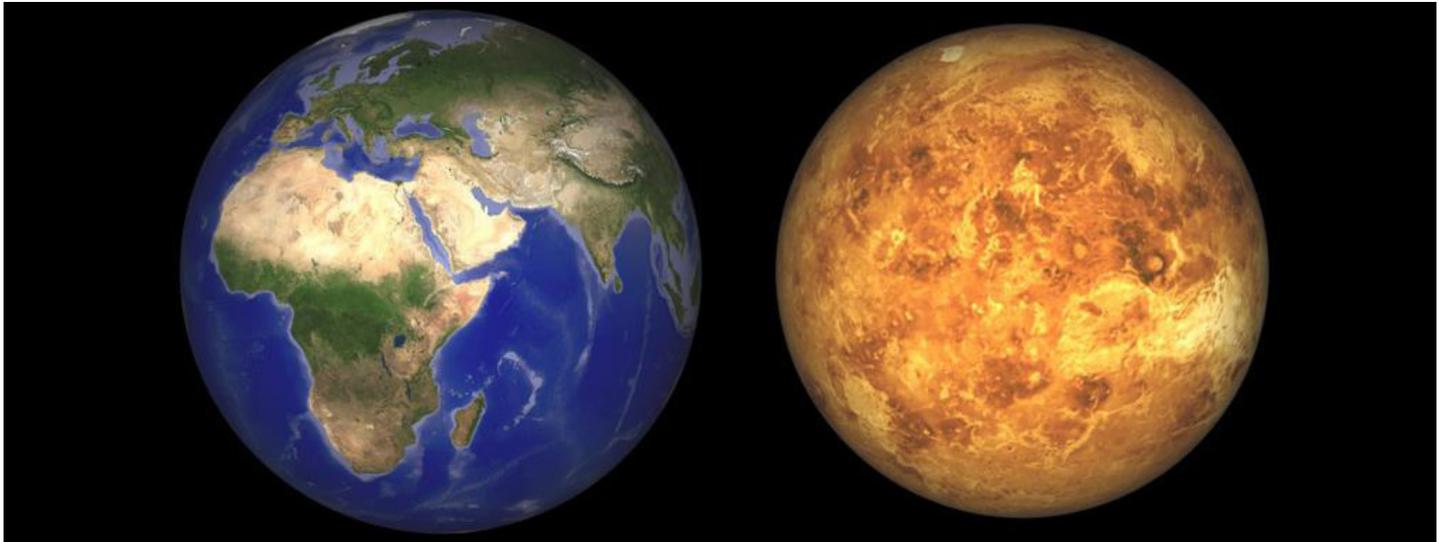
RESPONSABLE(S)	TITRE	ÉQUIPE CGC-Q	ÉQUIPE INRS	ÉTUDIANTS
Ahad, Jason – CGC	Géochimie organique (SOURCES).	Marc R. Luzincourt, Martine Savard, Anna Smirnoff	Hooshang Pakdel, Charles Gobeil	Josué Jautzy (PhD)
Lavoie, Denis Rivard, Christine – CGC	Impacts environnementaux potentiels (aquifères et séismes induits) reliés à l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste.	Jason Ahad, Geneviève Borteleau (postdoc), Mathieu Duchesne, Virginia Brake, Nicolas Pinet	Xavier Malet, Erwan Gloaguen, René Lefebvre	Pierre Ladevèze (PhD)
Lefebvre, René – INRS	Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Chaudière-Appalaches (PACES).	Michel Parent	Erwan Gloaguen	Guillaume Légaré-Couture (PhD)
Malo, Michel – INRS	Potentiel de la géothermie profonde au Québec.	Mathieu Duchesne	Karine Bédard, Félix-Antoine Comeau, Bernard Giroux, Erwan Gloaguen, Lyl Harris, René Lefebvre, Richard Martel, Jean-Philippe Moutenet, Jasmin Raymond, Marc Richer-Lafleche	Maher Nasr (MSc)
Martel, Richard – INRS	Cartographie des grottes de l'arrondissement Beauport à partir de méthodes quantitatives en sciences de la Terre.	Denis Lavoie, Michel Parent	Monique Bernier, Erwan Gloaguen	
Martel, Richard – INRS	Caractérisation hydrogéologique des bases militaires canadiennes.	Michel Parent	Uta Gabriel	Guillaume Lefrançois (MSc)
Nastev, Miroslav – CGC	Développement et application d'un outil de gestion et d'analyse du risque d'inondation (GARI) sur le système transfrontalier du Lac Champlain – Rivière Richelieu.	Michel Parent, Marc-André Carrier, Alex Smirnoff	Karem Chokmani	Khalid Oubemaceur (PhD)
Rivera, Alfonso – CGC	Synthèse des connaissances sur les eaux souterraines, livre intitulé : <i>Canada's Groundwater Resources</i> .	Éric Boisvert, Denis Lavoie, Yves Michaud, Miroslav Nastev, Michel Parent, Christine Rivard, Martine Savard	Richard Martel	
Rivera, Alfonso – CGC Lefebvre, René – INRS	Inventaire des aquifères au Canada : caractérisation et cartographie – Milk River, Alberta.	François Létourneau, Eric Boisvert	André-Guy Tranquille	Marie-Amélie Pétré (PhD)
Savard, Martine – CGC	Géochimie inorganique (SOURCES) et développements en R&D.	Christian Bégin, Marc R. Luzincourt, Joëlle Marion, Jade Bergeron, Anna Smirnoff	Yves Bégin	Lauriane Dimis (PhD) Maud Naulier (PhD)
Rivera, Alfonso – CGC Martel, Richard – INRS	Étude du déficit en eau souterraine et de la subsidence au Mexique Central par une approche combinant interférométrie radar, gravimétrie satellite et modélisation hydrogéologique.		Angus Calderhead	Pascal Castellazzi (PhD)
Rivera, Alfonso – CGC	Cadre national pour la comptabilité des aquifères et des eaux souterraines.		André-Guy Tranquille	

SOURCES : Sources des Contaminants dans l'Environnement des Sables bitumineux / **GEM** : Géocartographie pour l'énergie et les minéraux / **IGC** : Initiative géoscientifique ciblée

Diffusion des connaissances

La Terre comparée à Vénus – une innovation controversée dans le monde scientifique actuel

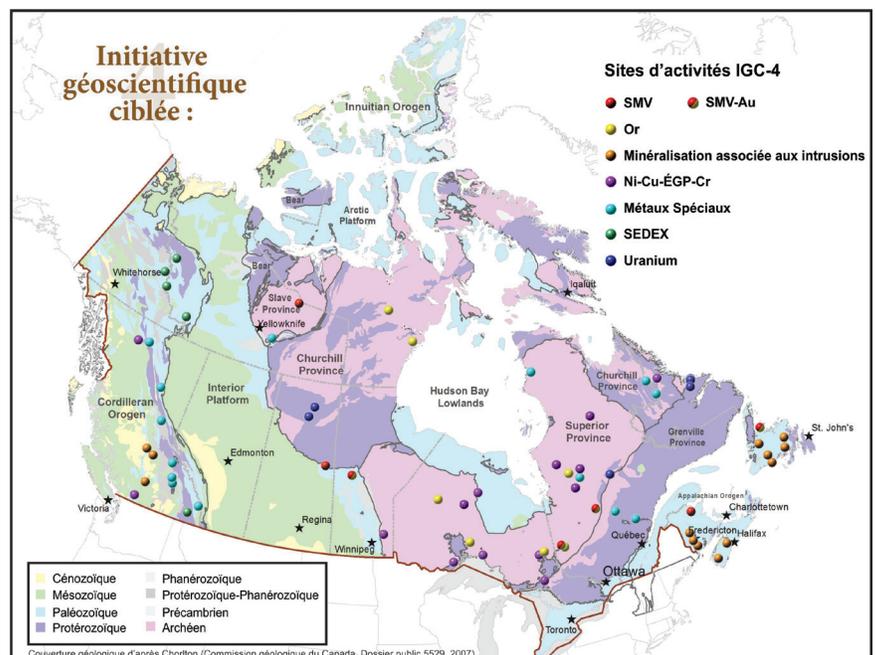
Un nouveau modèle géologique archéen a été proposé par Lyal Harris (INRS) et Jean Bédard (CGC-QC) ouvrant la possibilité de réinterpréter les terrains de l'archéen sans plaques tectoniques. Les travaux des deux chercheurs du CGQ font partie des dix découvertes de l'année 2014 selon la revue Québec Science. Si la tectonique des plaques explique bien la formation récente des volcans et des chaînes de montagnes, elle explique mal certaines formations géologiques anciennes, datant de plus de 2,5 milliards d'années. C'est en étudiant la planète Vénus (où la tectonique est inexistante) que les chercheurs ont émis une nouvelle hypothèse : «à cette lointaine époque, les continents bougeaient, mais parce qu'ils étaient poussés par les courants de convection à l'œuvre sous la croûte terrestre. Cette force qui existerait encore est radicalement différente de la tectonique, dont le moteur est la subduction». Le nouveau modèle offre la possibilité de revoir les stratégies d'exploration minière en Abitibi au sein de la région de l'Opatica dans le Nord du Québec, ainsi que pour les terrains équivalents en Ontario où les vieilles formations rocheuses riches en métaux archéens se trouvent.



Photographie des planètes Terre et Vénus

Synthèses de l'initiative géoscientifique ciblée (IGC) – phase 4

L'IGC est un programme fédéral de collaboration qui fournit à l'industrie minière des connaissances géoscientifiques et techniques novatrices lui permettant de cibler plus efficacement les gîtes minéraux enfouis. Le but de l'IGC est de contribuer à faire avancer l'industrie d'exploration minière du Canada afin qu'elle soit concurrentielle sur la scène internationale. Venant tout juste de terminer sa quatrième phase (IGC-4), l'initiative a généré d'importantes connaissances qui vont stimuler l'innovation dans l'industrie canadienne de l'exploration minière en faisant progresser la compréhension du milieu et de la façon dont les gîtes minéraux se forment. Afin de faciliter l'accès à cette abondance de nouvelles connaissances géoscientifiques, des synthèses ont été produites : mcan.gc.ca/sciences-terre/ressources/programmes-federaux/initiative-geoscientifique-ciblee/10908 indiquant et mettant en contexte les résultats géoscientifiques globaux des activités de recherche sur les systèmes minéralisateurs. La collaboration entre les chercheurs de la CGC et de l'INRS est également présente dans cette initiative (voir tableau des activités conjointes).



Carte illustrant les sites d'activités de l'IGC-4.

Gîtes minéraux à oxydes de fer – cuivre – or ± uranium ± terres rares

À l'échelle internationale, plusieurs grands camps miniers du 21^e siècle reposent sur la découverte de gîtes minéraux à oxydes de fer – cuivre – or ± uranium ± terres rares et leurs gîtes affiliés. Or au Canada, ces gîtes atypiques sont singulièrement sous-représentés en raison d'un manque de connaissance et d'accès au territoire. L'activité sur les systèmes minéralisateurs uranifères à oxydes de fer – cuivre – or de l'Initiative géoscientifique ciblée (IGC-4) a permis de finaliser les modèles de gîtes, les protocoles de géocartographie et les outils d'exploration testés lors d'un projet de géologie régionale antérieur, ce qui s'est traduit par la mise sur pied d'un volume spécial coédité par le United States Geological Survey (USGS) et la Commission géologique du Canada (CGC). Ces nouvelles données géoscientifiques rehaussent notre capacité à mettre à jour et à explorer de tels systèmes au Canada et à y mener des évaluations environnementales, tout en appuyant l'élaboration de plans d'aménagement de territoires autochtones renforçant la Stratégie du Nord du gouvernement dans plusieurs domaines de ressources minérales non conventionnelles.



Brèche à magnétite et feldspath potassique minéralisée, zone magmatique du Grand lac de l'Ours, Territoires du Nord-Ouest.

Émissions atmosphériques dans la région des sables bitumineux et indicateurs isotopiques de l'empreinte environnementale

L'empreinte environnementale de l'extraction des sables bitumineux génère un intérêt socio-économique majeur en Alberta. Voilà pourquoi les scientifiques du programme sur les géosciences environnementales de la CGC s'allient à plusieurs chercheurs de l'INRS, d'Environnement Canada et du service canadien des forêts (RNCan) pour mener une recherche de front sur la détection des émissions atmosphériques sous forme de composés azotés et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les travaux de recherche sont coordonnés dans le cadre du projet SOURCES avec un accent sur la caractérisation des émissions à partir de sources naturelles et anthropiques et sur le suivi des divers types de composés atmosphériques à l'aide d'isotopes stables et du carbone 14. Ces travaux visent à distinguer les types de contaminants dans la région des sables bitumineux de la basse Athabasca et à développer de nouveaux indicateurs environnementaux.

Vulgarisation scientifique auprès de la population

Fidèle à un de ses objectifs des premières années, le CGQ continue ses activités de sensibilisation en géosciences auprès des citoyens de la région. Une présence annuelle au Jour de la Terre permet de faire connaître au grand public les sciences de la Terre et de l'environnement, les intervenants régionaux, ainsi que les possibilités de carrières dans ces domaines. De plus, afin d'initier les enseignants en sciences et technologie au patrimoine géologique et historique de la région de Québec, la CGC organise depuis plusieurs années, en partenariat avec Parcs Canada, une excursion dans le Vieux-Québec. Cette activité se déroule dans le cadre de la Semaine nationale des sciences et de la technologie et permet de présenter et d'approfondir de façon vulgarisée différents concepts scientifiques.



Semaine nationale des sciences et de la technologie - Excursion géologique et historique dans les rues de la ville de Québec.



Abattage d'une épinette blanche (115 ans) et prélèvement d'une section de tronc pour l'analyse des indicateurs environnementaux (isotopes de l'azote et du carbone, concentration des éléments nutritifs).

Animation interne et communication

2 septembre 2014

- Journée d'accueil des nouveaux étudiants au Centre Eau Terre Environnement de l'INRS.

12 mars 2015

- Après-midi découverte pour les étudiants des cégeps et des universités de la région de Québec. L'activité comprenait des animations en laboratoires ainsi qu'une visite guidée des laboratoires de l'INRS au parc technologique.

16 mars 2015

- Journée *Les filles et les sciences*, un duo électrisant! Participation des étudiantes de l'INRS et de la CGC à l'animation d'ateliers et à l'accompagnement des groupes de jeunes filles durant cette journée.

20 mars 2015

- Journée des Sciences de la Terre et de l'Environnement (JSTE). Ce colloque annuel permet aux étudiants de maîtrise et de doctorat du programme conjoint en sciences de la Terre INRS-Université Laval de présenter leur projet de recherche.

22 avril 2015

- Dans le cadre du Jour de la Terre, un exposé vulgarisé intitulé « De Vénus à la Terre : un modèle géologique intégrateur » a été donné par Jean Bédard, chercheur CGC, dans le hall de l'INRS.

25 avril 2015

- 11^e édition de l'activité conjointe MERN-Université Laval-INRS-CGC pour souligner le Jour de la Terre auprès du grand public.

Guichet étudiant

Programmes interuniversitaires de M.Sc. et Ph.D. en sciences de la Terre au Centre Eau Terre Environnement de l'INRS

- Programmes d'études : ete.inrs.ca/ete/etudier/programmes
- Projets de maîtrise et de doctorat : inrs.ca/etudier/projets-recherche

Formation continue au Centre Eau Terre Environnement de l'INRS

- Programme de cours intensifs en sciences de la Terre : ete.inrs.ca/ete/etudier/formation-continue

Stages postdoctoraux

- Bourses postdoctorales de l'INRS : inrs.ca/recherche/stages-postdoctoraux
- Bourses de recherche scientifique dans les laboratoires du gouvernement canadien : nserc-crsng.gc.ca

Recrutement étudiant

- Stages d'été de 1^{er} cycle en recherche au Centre Eau Terre Environnement de l'INRS : stages.ete.inrs.ca
- Programme fédéral d'expérience de travail étudiant : jobs-emplois.gc.ca/fswep-pfete/index-fra.php
- Programme fédéral des adjoints de recherche : jobs-emplois.gc.ca/rap-par/index-fra.php

Publications

Centre Eau Terre Environnement de l'INRS

- Rapports et thèses : ete.inrs.ca/ete/publications
- Articles scientifiques (dans les profils des professeurs) : ete.inrs.ca/les-professeurs/liste/3

Commission géologique du Canada

- Base de données Géoscan : geoscan.nrcan.gc.ca
Plus de 70 000 publications ayant pour auteurs des scientifiques du Secteur des sciences de la Terre (SST).
- Répertoire des scientifiques et professionnels : science.gc.ca
Science.gc.ca est le portail officiel du gouvernement du Canada dans le domaine scientifique et constitue une source d'information sur les sciences et la technologie.