

Rapport annuel 2014-2015



Rapport annuel du 1^{er} mai 2014 au 30 avril 2015

Disponible en format électronique : www.ete.inrs.ca/ete/publications#rapports_annuels

Rédaction et mise en page

Mathilde Renaud

Révision

Jean-Daniel Bourgault, Sophie Magos

Photos de la page couverture

Danielle Dubien (haut), Ressources naturelles Canada (bas)

Crédits photos

Philippe Alès, Yves Bégin, Denis Bernier, Jean-François Bureau, Anne Carabin, François Clayer, Ratul Kumar Das, Arnaud De Coninck, Mathieu Des Roches, Christian Fleury, Claude Fortin, Yves Gauthier, Jean-Sébastien Gosselin, Lyal Harris, René Lefebvre, Tram Nam, Antoine Nicault, Danaé Pitre, Jasmin Raymond, Marc Richer-Lafèche, Thomas Robert, Pierre-Simon Ross

Pour information

Institut national de la recherche scientifique
Centre Eau Terre Environnement
490, de la Couronne
Québec (Québec) G1K 9A9
CANADA
Téléphone : 418 654-2524
Télécopie : 418 654-2600
Courriel : info@ete.inrs.ca
Site Internet : www.ete.inrs.ca

Centre Eau Terre Environnement

Institut national de la recherche scientifique

Université consacrée à la recherche fondamentale et appliquée orientée vers le développement culturel, économique et social du Québec. L'objectif est de former des professionnels qualifiés aux cycles supérieurs et de s'assurer du transfert des connaissances et des technologies dans ses secteurs de spécialités. L'INRS offre à ses étudiants et professeurs un milieu de recherche innovant centré sur les besoins de la société québécoise.

L'INRS est composé de quatre centres :

- Eau Terre Environnement
- Énergie Matériaux Télécommunications
- INRS–Institut Armand-Frappier
- Urbanisation Culture Société

Le Centre est activement engagé dans le développement durable du Québec, particulièrement dans les domaines des sciences de l'eau, des géosciences et de l'environnement. Œuvrant en recherche de pointe, le Centre se situe au cœur des développements scientifiques et technologiques visant à favoriser la protection et la mise en valeur des ressources naturelles. Il offre des programmes de maîtrise et de doctorat en sciences de l'eau et de la terre. Des stages sont aussi offerts pour tous les niveaux universitaires.

Le programme scientifique comporte quatre grands axes de recherche, soit l'hydrologie, l'assainissement et la valorisation des résidus, la biogéochimie aquatique et les problématiques de contamination, et les géosciences.

Le Centre est situé au centre-ville de Québec, sur le campus urbain de l'Université du Québec. Il a aussi des laboratoires au Parc technologique du Québec métropolitain et une station de recherche en milieu naturel au Saguenay.



C'est avec grand plaisir que nous présentons le quatorzième rapport annuel du Centre Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique pour l'année 2014-2015.

La mission de notre Centre est orientée vers le développement durable et la protection de l'environnement dans les domaines des sciences de l'eau et de la terre. La formation aux cycles supérieurs, la diffusion des connaissances et le transfert technologique font partie intégrante de cette mission. À ce chapitre, l'année a été prolifique en événements et en retombées.

Ce rapport fait état des projets importants de l'année dans les différents domaines de recherche du Centre. Citons comme exemples, la séquestration du CO₂ par carbonatation minérale de résidus miniers, le développement d'un bio-indicateur pour le suivi de la contamination métallique en région minière, l'assimilation stochastique de données géophysiques pour la modélisation géologique, la conception des ponceaux routiers dans un contexte de changements climatiques et le suivi des rendements agricoles à l'aide de l'imagerie satellitaire. Ces quelques exemples de projets, parmi d'autres, font état du dynamisme de notre corps professoral et de leurs équipes de recherche.

En ce qui concerne le financement, les professeurs ont obtenu de bons succès. Cinq nouvelles subventions de partenariat pour le développement durable du secteur minier, huit d'engagement partenarial et trois de recherche et développement coopératif ont été obtenues favorisant la collaboration avec les entreprises.

En ce qui a trait à la formation, sept étudiants en sciences de la terre et 13 en sciences de l'eau ont reçu cette année leur diplôme de doctorat. À la maîtrise, il y a eu huit diplômés à la maîtrise en sciences de la terre et 26 en sciences de l'eau, dont trois en bidualation avec l'Institut supérieur des hautes études en développement durable du Maroc et trois à la maîtrise professionnelle.

Le présent rapport se veut donc un survol des grandes réalisations du Centre Eau Terre Environnement pour l'année 2014-2015. Les succès obtenus sont le résultat de la contribution exceptionnelle de tous les membres, professeurs, étudiants, stagiaires, personnel de recherche, chercheurs associés, notamment ceux de la Commission géologique du Canada avec qui nous cohabitons, ainsi que de l'ensemble du personnel de soutien.

Nous adressons de sincères remerciements à tous les membres de notre Centre et à nos collaborateurs et les encourageons à poursuivre sur cette excellente voie.

Directeur
Jean-François Blais



Assainissement et valorisation

2014-2015

Au Québec, 25 tonnes de matières résiduelles non dangereuses sont produites chaque minute; ces déchets ont un énorme potentiel de valorisation

Les défis auxquels est confrontée la société d'aujourd'hui en matière de récupération et de valorisation des déchets demandent une adaptation continue des méthodes et technologies utilisées.

Le Centre Eau Terre Environnement de l'INRS est un chef de file dans le développement de technologies environnementales. Ses chercheurs ont une vaste expérience du traitement et de la valorisation des boues d'épuration, d'effluents et de résidus contaminés. De plus, le Centre possède un parc d'équipements pilotes et d'instruments analytiques des plus complets et flexibles. Les procédés élaborés font régulièrement l'objet de brevets et de transferts technologiques vers les entreprises. La formation de professionnels qualifiés aux cycles supérieurs fait également partie de la mission.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Procédé gagnant-gagnant

L'une des voies prometteuses dans la lutte aux changements climatiques est le captage direct du CO₂ des émissions gazeuses des usines. L'INRS est impliqué en partenariat avec l'industrie et d'autres universités dans un projet dont le but est de développer un procédé de séquestration du CO₂ peu coûteux et efficace pouvant s'appliquer à plusieurs industries. En particulier, il s'agit d'adapter, pour des résidus de l'industrie du fer, un procédé de carbonatation déjà mis au point pour d'autres applications. La commercialisation des sous-produits obtenus (carbonates, concentrés métalliques, etc.) permettrait de réduire les coûts, tout en limitant la quantité de résidus devant être enfouis.



Photo : Philippe Alès [GFDL ou CC] via Wikimedia Commons

De déchet à matière première

Le gouvernement du Québec vise l'interdiction complète de l'enfouissement des matières organiques dans un avenir rapproché. Ainsi, la gestion des biosolides des usines de pâtes et papiers doit être revue pour trouver des manières de valoriser ces résidus. Un projet en cours tente d'y contribuer en évaluant le potentiel des biosolides de papeteries à permettre la croissance de bactéries bénéfiques pour le sol. On cherche aussi à optimiser leurs conditions de production lors de tests en laboratoire. Les bactéries obtenues pourraient être utilisées comme fertilisant biologique en agriculture et comme agent biologique de lutte aux insectes ravageurs en sylviculture.



Faire du plastique avec du papier!

Une autre option de valorisation des biosolides de papeteries est à l'étude à l'INRS. Les boues produites lors du traitement des eaux usées de l'industrie des pâtes et papiers contiennent des microorganismes qui ont la capacité de générer des bioplastiques. Mais pour ce faire, elles ont besoin d'une source de carbone. Le projet vise à identifier une source de carbone peu coûteuse en mesure de nourrir les boues afin d'obtenir une forte concentration de bioplastiques. Le bioplastique étant produit à l'intérieur des cellules microbiennes, leurs parois doivent être brisées pour l'en extraire. Différentes méthodes physiques et chimiques pour récupérer les bioplastiques sont examinées.



Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués



DÉCONTAMINATION ET VALORISATION

Jean-François Blais | Décontamination et valorisation
jean-francois.blais@ete.inrs.ca

Patrick Drogui | Électrotechnologies d'assainissement
patrick.drogui@ete.inrs.ca

Guy Mercier | Décontamination et valorisation
guy.mercier@ete.inrs.ca



BIOCONVERSION DE BIOMASSES

Satinder Kaur Brar | Biovalorisation et contaminants émergents
satinder.brar@ete.inrs.ca

Rajeshwar Dayal Tyagi | Bioprocédés
rd.tyagi@ete.inrs.ca



CHIMIE MINÉRALE ET ENVIRONNEMENTALE

Mario Bergeron | Chimie du silicium, du platine, chloruration
mario.bergeron@ete.inrs.ca

Quelques publications récentes

(Les auteurs du Centre ETE sont en gras)

- **Beauchesne, I., Drogui, P., Seyhi, B., Mercier, G. et Blais, J. F.** (2014). Simultaneous electrochemical leaching and electrodeposition of heavy metals in a single-cell process for wastewater sludge treatment. *Journal of Environmental Engineering*, 140: 04014030.
DOI: 10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000856
- **Bergeron, M., Langlais, A.,** Ourriban, M. et Pelletier, P. (2014). Dry chlorination process to produce anhydrous rare earth chlorides. PCT patent application: CA 2014051118; 57 p.
- **Gnepe, J. R., Tyagi, R. D., Brar, S. K.,** Valéro, J. R. et Surampalli, R. Y. (2014). Corrosion and stability study of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* starch industry wastewater-derived biopesticide formulation. *Journal of Environmental Science and Health B*, 49: 889-896.
DOI: 10.1080/03601234.2014.938561
- **Guemiza, K., Mercier, G. et Blais, J. F.** (2015). Pilot-scale decontamination of small-arms shooting range soil polluted with copper, lead, antimony, and zinc by acid and saline leaching. *Journal of Environmental Engineering*, 141: 04014054.
DOI: 10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000887
- **Mohapatra, D. P., Brar, S. K., Dagher, R., Tyagi, R. D.,** Picard, P., Surampalli, R. Y. et **Drogui, P.** (2014). Photocatalytic degradation of carbamazepine in wastewater by using a new class of whey-stabilized nanocrystalline TiO₂ and ZnO. *Science of the Total Environment*, 485-486: 263-269.
DOI : 10.1016/j.scitotenv.2014.03.089
- **Pasquier, L. C., Mercier, G., Blais, J. F., Cecchi, E. et** Kentish, S. (2014). Parameters optimization for direct flue gas CO₂ capture and sequestration by aqueous mineral carbonation using activated serpentinite based mining residue. *Applied Geochemistry*, 50: 66-73.
DOI: 10.1016/j.apgeochem.2014.08.008

Une diversité de partenaires de recherche

- Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec (CRIBIQ)
- CRI Environnement
- Hydro-Québec
- Inocucor Technologies
- NanoQuébec
- Sigma Devtech
- Tecosol

La pollution de l'eau est un enjeu environnemental majeur

Les polluants qui entrent dans les écosystèmes aquatiques s'accumulent dans les sédiments et se concentrent dans les chaînes alimentaires. Pour s'attaquer à ce problème, il est essentiel de comprendre les processus qui contrôlent les échanges de polluants entre les sédiments, l'eau et les organismes vivants, ainsi que leurs effets sur les écosystèmes aquatiques.

Les chercheurs du Centre Eau Terre Environnement de l'INRS mènent des recherches concertées sur la dispersion des contaminants, l'assimilation et les effets des métaux chez les organismes aquatiques et la détection des changements environnementaux dans les écosystèmes grâce notamment à des organismes sentinelles. La formation de professionnels qualifiés aux cycles supérieurs et le transfert de connaissances et de technologies font partie de la mission du Centre.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Un stress de trop?

Les mines et les fonderies sont responsables d'une contamination du milieu naturel par les métaux. Les organismes aquatiques dans ces régions sont exposés à des mélanges complexes de métaux en plus de subir d'autres stress naturels. Un programme de recherche à long terme vise à élucider les conséquences métaboliques des stress naturels (chaleur, hypoxie, restriction alimentaire) et des métaux (individuellement et en combinaison) chez les poissons et les invertébrés aquatiques. Des études sont menées au laboratoire et sur le terrain dans le but d'améliorer notre compréhension des mécanismes de toxicité des métaux chez les organismes aquatiques et des impacts additionnels causés par les stress naturels.



Périphyton vs contamination

Le gouvernement du Québec veut développer davantage le potentiel minier du Nord québécois. Il est essentiel d'être en mesure de quantifier le stress causé par les activités minières dans les écosystèmes aquatiques. Les analyses généralement effectuées lors des suivis de la qualité de l'eau ne reflètent pas adéquatement la biodisponibilité des contaminants. Le périphyton (biofilm se développant à la surface des substrats dans les plans d'eau) a un excellent potentiel comme bio-indicateur pour évaluer le degré de contamination du milieu. Un nouvel outil écotoxicologique d'évaluation du risque posé par les métaux est actuellement élaboré à partir des liens entre la biodisponibilité des contaminants et les réponses du périphyton.



Focus sur les sédiments

Les activités humaines perturbent les cycles biogéochimiques naturels des éléments dans les écosystèmes. Ces perturbations sont étudiées à travers l'analyse des sédiments de lacs du Bouclier canadien et des Appalaches. On évalue, entre autres, les taux de production et de consommation du méthane (un gaz à effet de serre) dans les sédiments, ainsi que l'adsorption et la précipitation de métaux traces, dont des éléments de la série des terres rares (des éléments essentiels aux industries de haute technologie). On cherche aussi à documenter les sources naturelles ou anthropiques des éléments dans l'environnement, à quantifier leur redistribution dans la colonne de sédiment et à reconstituer la chronologie de leur dépôt en milieu aquatique.



Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués



ÉCOTOXICOLOGIE AQUATIQUE

Peter G. C. Campbell | Contaminants métalliques
pgc.campbell@ete.inrs.ca

Patrice Couture | Effets sur les poissons
patrice.couture@ete.inrs.ca

Claude Fortin | Contaminants métalliques
claud.fortin@ete.inrs.ca

Landis Hare | Effets sur les invertébrés
landis.hare@ete.inrs.ca



GÉOCHIMIE ENVIRONNEMENTALE

Charles Gobeil | Contamination aquatique
charles.gobeil@ete.inrs.ca

Pierre Lafrance* | Contaminants organiques



LIMNOLOGIE

Isabelle Laurion | Écologie et bio-optique
isabelle.laurion@ete.inrs.ca



OCÉANOGRAPHIE

Yves Gratton | Océanographie physique
yves.gratton@ete.inrs.ca

*Retraite en 2015

Quelques publications récentes

(Les auteurs du Centre ETE sont en gras)

- **Defo, M. A.**, Bernatchez, L., **Campbell, P. G. C.** et **Couture, P.** (2015). Transcriptional and biochemical markers in transplanted *Perca flavescens* to characterize cadmium- and copper-induced oxidative stress in the field. *Aquatic Toxicology*, 162: 39-53. DOI: 10.1016/j.aquatox.2015.02.014
- Forest, A., Coupel, P., Else, B., **Nahavandian, S.**, Lansard, B., Raimbault, P., Papakyriakou, T., **Gratton, Y.**, Fortier, L., Tremblay, J. É. et Babin, M. (2014). Synoptic evaluation of carbon cycling in the Beaufort Sea during summer: Contrasting river inputs, ecosystem metabolism and air-sea CO₂ fluxes. *Biogeosciences*, 11: 2827-2856. DOI: 10.5194/bg-11-2827-2014
- **Lavoie, M.**, Sabatier, S., Garnier-Laplace, J. et **Fortin, C.** (2014). Uranium accumulation and toxicity in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* is modulated by pH. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33: 1372-1379. DOI: 10.1002/etc.2565
- Lopez, L. K., **Couture, P.**, Maher, W. A., Krikowa, F., Jolley, D. F. et Davis, A. R. (2014). Response of the hairy mussel *Trichomya hirsuta* to sediment-metal contamination in the presence of a bioturbator. *Marine Pollution Bulletin*, 88: 180-187. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.09.008
- **Negandhi, K.**, **Laurion, I.** et Lovejoy, C. (2014). Bacterial communities and greenhouse gas emissions of shallow ponds in the High Arctic. *Polar Biology*, 37: 1669-1683. DOI: 10.1007/s00300-014-1555-1
- **Rosabal, M.**, **Ponton, D. E.**, **Campbell, P. G. C.** et **Hare, L.** (2014). Uptake and subcellular distributions of cadmium and selenium in transplanted aquatic insect larvae. *Environmental Science & Technology*, 48: 12654-12661. DOI: 10.1021/es503133g
- **Tessier, A.**, **Gobeil, C.** et **Laforte, L.** (2014). Reaction rates, depositional history and sources of indium in sediments from Appalachian and Canadian Shield lakes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 137: 48-63. DOI: 10.1016/j.gca.2014.03.042

Une diversité de partenaires de recherche

- Affaires autochtones et Développement du Nord Canada
- Australian Research Council
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
- Consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques
- Environnement Canada
- Nation crie de Nemaska
- Réseau ArcticNet
- Stantec



Géosciences

2014-2015

Gaz de schiste, eau souterraine, exploitation minière, érosion des côtes : les géosciences sont très présentes dans l'actualité au Québec

La forte demande pour les ressources minérales, pétrolières et gazières, la gestion durable des eaux souterraines, les risques environnementaux liés aux processus géologiques et l'impact des changements climatiques sont autant de problématiques auxquelles les chercheurs tentent de répondre.

Le Centre géoscientifique de Québec (CGQ) résulte d'une entente de partenariat unique au Canada entre un établissement universitaire, le Centre Eau Terre Environnement de l'INRS, et un organisme du gouvernement fédéral, le bureau de Québec de la Commission géologique du Canada (une division de Ressources naturelles Canada). Cette collaboration a permis de constituer l'un des plus importants regroupements multidisciplinaires de recherche en géosciences au pays. La formation de professionnels qualifiés aux cycles supérieurs et le transfert de connaissances font partie de la mission du CGQ.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Détecter à distance pour sécuriser

La présence de munitions non explosées sur les champs de tir d'entraînement militaire pose des risques pour les personnes et l'environnement. On doit pouvoir détecter et localiser en temps réel ces munitions non explosées afin de sécuriser les sites. L'objectif du projet est d'évaluer la performance d'une méthode basée sur la mesure des signaux microsismiques et acoustiques générés par le tir et l'impact des projectiles et des obus. Un système d'enregistrement des exercices de tir a été mis en place dans un site d'entraînement militaire dans le but de développer un algorithme de détection et de localisation des munitions non explosées.



Nouvelle technologie en géothermie

L'utilisation de la géothermie pour le chauffage et la climatisation des bâtiments est une option intéressante sur le plan environnemental, mais dont les coûts de forage lors de l'installation sont élevés. La conductivité thermique du sous-sol doit d'abord être évaluée afin de déterminer le nombre de forages requis. Un précédent projet a permis la mise au point d'une nouvelle technologie moins coûteuse pour la réalisation des essais de conductivité thermique : le test de réponse thermique avec sections chauffantes. L'objectif du présent projet est de développer un prototype amélioré de cette nouvelle technologie. Le prototype sera validé par modélisation numérique, testé en laboratoire et en conditions réelles sur le terrain.



De meilleurs outils pour l'industrie

Le Laboratoire mobile de caractérisation physique, minéralogique et chimique des roches (LAMROC) de l'INRS est unique. Il sert à valoriser les carottes de forage d'exploration minière qui sont souvent sous-utilisées. Il permet de mesurer simultanément à haute résolution spatiale plusieurs paramètres sur des carottes de forage (densité, susceptibilité magnétique, géochimie, minéralogie). Le projet en cours vise à perfectionner les outils d'analyse du LAMROC et à optimiser l'interprétation des données. Ces travaux contribueront à augmenter les chances de succès de l'industrie minière en améliorant les connaissances de la géologie des secteurs forés et en développant des vecteurs d'exploration.



Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués



ENVIRONNEMENTS GÉOLOGIQUES ET RESSOURCES NATURELLES

Lyal Harris | Géologie structurale et géophysique
lyal.harris@ete.inrs.ca

Michel Malo | Géologie structurale
michel.malo@ete.inrs.ca

Marc Richer-Lafèche | Géosciences appliquées
marc.richer-lafèche@ete.inrs.ca

Pierre-Simon Ross | Volcanologie et géologie économique
pierre-simon.ross@ete.inrs.ca



GÉOPHYSIQUE

Bernard Giroux | Géophysique appliquée
bernard.giroux@ete.inrs.ca

Erwan Gloaguen | Géophysique et géostatistique
erwan.gloaguen@ete.inrs.ca



HYDROGÉOLOGIE

René Lefebvre | Ressources en eaux souterraines
rene.lefebvre@ete.inrs.ca

Richard Martel | Contamination des eaux souterraines
richard.martel@ete.inrs.ca

Claudio Paniconi | Modélisation hydrogéologique
claudio.paniconi@ete.inrs.ca

Jasmin Raymond | Géothermie et hydrogéologie
jasmin.raymond@ete.inrs.ca



PALÉOENVIRONNEMENTS

Yves Bégin | Dendroécologie
yves.begin@ete.inrs.ca

Pierre Francus | Sédimentologie environnementale
pierre.francus@ete.inrs.ca



SCIENCES CÔTIÈRES ET MARINES

Jannette B. Frandsen | Dynamique des fluides
jannette.frandsen@ete.inrs.ca

Quelques publications récentes

(Les auteurs du Centre ETE sont en gras)

- **Bordeleau, G., Martel, R., Drouin, M.**, Ampleman, G. et Thiboutot, S. (2014). Biodegradation of nitroglycerin from propellant residues on military training ranges. *Journal of Environmental Quality*, 43: 441-449. DOI: 10.2134/jeq2013.06.0241
- Broda, S., Larocque, M. et **Paniconi, C.** (2014). Simulation of distributed base flow contributions to streamflow using a hillslope-based catchment model coupled to a regional-scale groundwater model. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19: 907-917. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000877
- **Delpit, S., Ross, P.-S.** et Hearn, B.C. (2014). Deep-bedded ultramafic diatremes in Missouri River Breaks volcanic field, Montana, USA: 1 km of syn-eruptive subsidence. *Bulletin of Volcanology*, 76: 832. DOI: 10.1007/s00445-014-0832-8
- Godin, L. et **Harris, L.B.** (2014). Tracking basement cross-strike discontinuities in the Indian crust beneath the Himalayan orogen using gravity data – relationship to upper crustal faults. *Geophysical Journal International*, 198: 198-215. DOI: 10.1093/gji/ggu131
- **Gosselin-Cliche, B.** et **Giroux, B.** (2014). 3D frequency domain viscoelastic wave modeling using weighted average 27-point finite-difference operators with optimal coefficients. *Geophysics*, 79: T169-T188. DOI: 10.1190/geo2013-0368.1
- **Konstantinovskaya, E., Malo, M.** et Badina, F. (2014). Effects of irregular basement structure on the geometry and emplacement of frontal thrusts and duplexes in the Quebec Appalachians: Interpretations from well and seismic reflection data. *Tectonophysics*, 637: 268-288. DOI: 10.1016/j.tecto.2014.10.012
- **Paradis, D., Gloaguen, E., Lefebvre, R.** et **Giroux, B.** (2015). Resolution analysis of tomographic slug test head data: two-dimensional radial case. *Water Resources Research*, 51: 2356-2376. DOI: 10.1002/2013WR014785
- **Raymond, J., Lamarche, L.** et **Malo, M.** (2015). Field demonstration of a first thermal response test with a low power source. *Applied Energy*, 147: 30-39. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.01.117
- **Tremblay, L., Lefebvre, R., Paradis, D.** et **Gloaguen, E.** (2014). Conceptual model of leachate migration in a granular aquifer derived from the integration of multi-source characterization data (St-Lambert, Canada). *Hydrogeology Journal*, 22: 587-608. DOI: 10.1007/s10040-013-1065-1
- Zolitschka, B., **Francus, P.**, Ojala, A. E. K. et Schimmelmann, A. (2015). Varves in lake sediments – a review. *Quaternary Science Review*, 117: 1-41. DOI: 10.1016/j.quascirev.2015.03.019

Une diversité de partenaires de recherche

- Agnico Eagle
- Golder Associés
- Gouvernement du Canada (Défense; Ressources naturelles)
- Gouvernement du Québec (Développement durable, Environnement, Lutte contre les changements climatiques; Énergie et Ressources naturelles; Sécurité publique; Transports)
- Hydro-Québec
- Institut national d'optique (INO)
- Mira Geoscience
- Ville de Québec

Le Canada possède près de 9% des ressources en eau douce de la planète

La gestion durable de cette ressource vitale est une priorité au Centre Eau Terre Environnement de l'INRS qui regroupe la plus forte concentration d'experts universitaires dans le domaine de l'eau au Canada.

L'expertise des chercheurs du Centre dans le développement et l'application de nouvelles approches numériques permet d'offrir des outils d'analyse et d'aide à la décision applicables à divers contextes. L'équipe multidisciplinaire s'intéresse autant à la disponibilité des ressources qu'aux problématiques environnementales. La formation de professionnels qualifiés aux cycles supérieurs et le transfert de connaissances et de technologies font partie de la mission du Centre.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

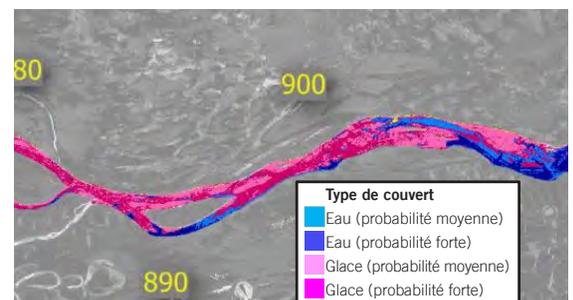
Attention, eau chaude!

Les saumons sont des poissons sensibles à la température. Certaines rivières à saumons se réchauffent tellement en été que les seuils de tolérance de l'espèce sont dépassés. La pêche doit alors y être interdite pour réduire la pression sur la ressource. Dans l'est du Canada, il n'existe pas de réseau organisé de mesures de la température de l'eau dans les rivières à saumons malgré l'importance vitale de cette information pour une bonne gestion de la ressource. Le projet en cours vise à établir un réseau de stations de suivi de la température de l'eau avec une méthodologie standardisée et une gestion centralisée des données.



Combiner pour bonifier

Le suivi de la glace de rivières à l'aide d'images satellites radar est une expertise développée à l'INRS depuis 15 ans. Certaines limitations identifiées lors de précédents projets incluent une caractérisation de la couverture de glace à améliorer, l'absence d'image certaines journées et la très grande quantité de données à traiter. Le but du projet est de développer une approche intégrée combinant des images radar et des données optiques de moyenne résolution (MODIS et Landsat-8) et d'automatiser certains traitements. Cette approche combinée devrait permettre de localiser quotidiennement le front de glace et de caractériser les types dominants de glace en plus d'accélérer le traitement des données.



Nouveau labo pour économiser l'eau

La Stratégie québécoise d'économie d'eau potable vise la réduction d'au moins 20% du taux de fuite des conduites d'ici 2017. Les villes doivent donc trouver des moyens de réduire les pertes dans leur réseau de distribution. La régulation de la pression est un de ces moyens. Un nouveau laboratoire de l'INRS reproduisant un secteur type d'un réseau municipal de distribution d'eau potable est en mesure d'aider les villes à atteindre cet objectif. Un projet est en cours afin d'évaluer l'efficacité et la capacité d'implantation de différentes stratégies de contrôle en temps réel de la pression avant leur mise en place dans un réseau municipal.



Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués



HYDRAULIQUE ENVIRONNEMENTALE

Normand Bergeron | Géomorphologie et habitat fluvial
normand.bergeron@ete.inrs.ca

Yves Secretan | Hydro-informatique
yves.secretan@ete.inrs.ca



HYDROLOGIE DES BASSINS VERSANTS

Alain N. Rousseau | Modélisation et gestion intégrée
alain.rousseau@ete.inrs.ca

Jean-Pierre Villeneuve | Aquarespabilité municipale et gestion intégrée | jean-pierre.villeneuve@ete.inrs.ca



HYDROLOGIE STATISTIQUE

Fateh Chebana | Modélisation et événements extrêmes
fateh.chebana@ete.inrs.ca

Taha B. M. J. Ouarda* | Hydrométéorologie

André St-Hilaire | Hydrologie environnementale
andre.st-hilaire@ete.inrs.ca



HYDROLOGIE URBAINE

Sophie Duchesne | Infrastructures
sophie.duchesne@ete.inrs.ca

Alain Mailhot | Modélisation et changements climatiques
alain.mailhot@ete.inrs.ca



TÉLÉDÉTECTION

Monique Bernier | Ressources hydriques
monique.bernier@ete.inrs.ca

Karem Chokmani | Ressources hydriques
karem.chokmani@ete.inrs.ca

* absence prolongée

Quelques publications récentes

(Les auteurs du Centre ETE sont en gras)

- **Chebana, F.**, Charron, C., **Ouarda, T. B. M. J.** et **Martel, B.** (2014). Regional frequency analysis at ungauged sites with the generalized additive model. *Journal of Hydrometeorology*, 15: 2418-2428. DOI: 10.1175/JHM-D-14-0060.1
- **Duchesne, S.**, **Bouchard, K.**, **Toumbou, B.** et **Villeneuve, J.-P.** (2014). Assessing the impact of renewal scenarios on the global structural state of sewer pipes networks. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 41: 761-768. DOI: 10.1139/cjce-2014-0037
- **Dugdale, S. J.**, **Bergeron, N. E.** et **St-Hilaire, A.** (2015). Spatial distribution of thermal refuges analysed in relation to riverscape hydromorphology using airborne thermal infrared imagery. *Remote Sensing of Environment*, 160: 43-55. DOI: 10.1016/j.rse.2014.12.021
- **El Alem, A.**, **Chokmani, K.**, **Laurion, I.** et El Adlouni, S. E. (2014). An adaptive model to monitor chlorophyll-a in inland waters in Southern Quebec using downscaled MODIS imagery. *Remote Sensing*, 6: 6446-6471. DOI: 10.3390/rs6076446
- **Mailhot, A.**, **Talbot, G.** et Lavallée, B. (2015). Relationships between rainfall and Combined Sewer Overflow (CSO) occurrences. *Journal of Hydrology*, 523: 602-609. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2015.01.063
- **Matte, P.**, **Secretan, Y.** et Morin, J. (2014). Temporal and spatial variability of tidal-fluvial dynamics in the St. Lawrence fluvial estuary: An application of nonstationary tidal harmonic analysis. *Journal of Geophysical Research - Oceans*, 119: 5724-5744. DOI: 10.1002/2014JC009791
- **Mermoz, S.**, Allain-Bailhache, S., **Bernier, M.**, Pottier, E., Van Der Sanden, J. J. et **Chokmani, K.** (2014). Retrieval of river ice thickness from C-band PolSAR data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52: 3052-3062. DOI: 10.1109/TGRS.2013.2269014
- **Rousseau, A. N.**, **Klein, I. M.**, **Freudiger, D.**, **Gagnon, P.**, Frigon, A. et **Ratté-Fortin, C.** (2014). Development of a methodology to evaluate probable maximum precipitation (PMP) under changing climate conditions: Application to southern Quebec, Canada. *Journal of Hydrology*, 519: 3094-3109. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.10.053
- **St-Hilaire, A.**, **S. Duchesne** et **A.N. Rousseau** (2015). Floods and water quality in Canada - A review of the interactions with urbanization, agriculture and forestry. *Canadian Water Resources Journal*, en ligne. DOI: 10.1080/07011784.2015.1010181

Une diversité de partenaires de recherche

- Agence spatiale canadienne
- Centre de recherches pour le développement international (CRDI)
- Consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques
- Dromadaire Géo-innovations
- Environnement Canada
- Fédération québécoise pour le saumon atlantique et Fondation pour la conservation du saumon atlantique
- Gouvernement du Québec (Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques; Santé et Services sociaux; Sécurité publique; Transports)
- Rio Tinto Alcan

Nouveaux projets des équipes de recherche du Centre

ASSAINISSEMENT ET VALORISATION

Assainissement et décontamination

- Bioréacteur à membrane adapté au traitement des polluants organiques persistants d'intérêt émergent (resp. Patrick Drogui; financ. CRSNG)
- Développement de procédés électrophotocatalytiques destinés au traitement des eaux industrielles : application aux bioprocédés (resp. Patrick Drogui; financ. Consortium de recherche et innovation en bioprocédés industriels au Québec)
- Développement d'un procédé électrolytique de désinfection et de traitement des eaux récréatives sans ajout de produits chimiques (resp. Patrick Drogui; financ. CRSNG)
- Développement d'une technologie innovante de production de biohydrogène et de molécules plateformes par électrosynthèse microbienne (resp. Patrick Drogui, coll. S.K. Brar, R.D. Tyagi; financ. FRQNT)
- Essais spécialisés dans le cadre du projet de développement METOX® (resp. Guy Mercier, Jean-François Blais; financ. Métox Inc.)
- Mise au point d'une unité de traitement électrolytique à intégrer dans une filière d'épuration des eaux usées résiduaires pour la clarification et déphosphatation (resp. Patrick Drogui; financ. CRSNG)
- Mise au point et optimisation d'une filière de décontamination de sites pollués par des dioxines et furanes (resp. Jean-François Blais, Guy Mercier; financ. CRSNG, Hydro-Québec)
- Traitement de sols contaminés par des métaux et des composés organiques toxiques (resp. Guy Mercier, Jean-François Blais; financ. CRSNG)

Bioconversion de biomasses

- Méthodes et techniques de filtration pour séparer les microorganismes vivants et les débris du surnageant sans perte significative de volume et d'activité biologique (resp. Satinder Kaur Brar; financ. Inocucor Technologies)
- Nanoparticules enduites de surfactant pour la séparation des sucres d'un acide (resp. Satinder Kaur Brar; financ. CRSNG, NanoQuébec)
- Optimisation d'un bioprocédé pour la production de bioplastique à partir de matières renouvelables issues de l'industrie des pâtes et papiers (resp. Rajeshwar Dayal Tyagi; financ. Sigma Devtech)
- Production à coût raisonnable d'enzymes oxydantes et hydrolytiques pour différentes applications (resp. Satinder Kaur Brar; financ. CRSNG)
- Valorisation des biosolides de papetières pour la production de bio-inoculants (resp. Satinder Kaur Brar; financ. CRSNG)

Valorisation de résidus

- Développement, optimisation et évaluation technico-économique de filières avancées de valorisation des déchets mixtes non triés de piles et batteries (resp. Jean-François Blais, Guy Mercier; financ. CRSNG)

- Faisabilité de la carbonatation minérale pour la réduction des émissions de CO₂ des alumineries (resp. Guy Mercier; financ. CRSNG)
- Séquestration du CO₂ à la cheminée dans l'industrie du fer par carbonatation minérale de résidus miniers : valorisation de deux déchets (resp. Guy Mercier, Jean-François Blais; financ. FRQNT)

BIOGÉOCHIMIE AQUATIQUE

Écotoxicologie aquatique

- Biodisponibilité et détoxification des métaux chez les algues unicellulaires (resp. Claude Fortin; financ. CRSNG)
- De l'échelle du mésocosme à celle du Nunavik : développement d'un bio-indicateur pour le suivi de la contamination métallique en région minière (resp. Claude Fortin; financ. FRQNT)
- Distribution intracellulaire des métaux dans les poissons comme outil d'évaluation du risque environnemental (resp. Patrice Couture, coll. P.G.C. Campbell; financ. Stantec)
- FONCER – Mine de savoir (resp. Claude Fortin, coll. P.G.C. Campbell, J.-F. Blais; financ. CRSNG)
- Rapport sur le projet Whabouchi de Nemaska Lithium : impacts sur le milieu aquatique (resp. Patrice Couture, coll. P.G.C. Campbell; financ. Nation crie de Nemaska)

Géochimie environnementale

- Cycles du carbone et des éléments traces dans les sédiments des lacs boréaux (resp. Charles Gobeil; financ. CRSNG)

GÉOSCIENCES

Contamination des eaux souterraines

- Expertise sur le potentiel de migration de liquide immiscible léger (resp. René Lefebvre; financ. Golder Associés)
- Détection de fuites d'hydrocarbures en conditions réalistes simulées : essais au laboratoire à échelle intermédiaire (resp. Richard Martel; financ. Institut national d'optique)

Environnements géologiques et ressources naturelles

- Analogie des formations géologiques de Macasty (Anticosti) et de l'Utica (Point Pleasant) (Ohio) (resp. Michel Malo; financ. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques du Québec)
- Géochronologie des corridors magmatiques hydrothermaux finis-archéens du Québec (resp. Lyal Harris; financ. FRQNT)
- Intégration de la géochimie des sols forestiers et des données magnétiques aéroportées de la région du lac Ewart (LG3) pour l'exploration de minéralisations aurifères orogéniques (resp. Marc Richer-Lafèche; financ. NovX21)
- Projet aurifère Amaruq, Nunavut : style, géométrie, chronologie relative et contrôles structuraux sur la distribution des zones minéralisées (resp. Michel Malo; financ. Mines Agnico Eagle Ltée)

- Synthèse des connaissances portant sur le potentiel géologique du Québec et les pratiques actuelles et en développement dans l'industrie pétrolière et gazière (resp. Michel Malo, coll. R. Lefebvre; financ. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec)
- Valorisation des carottes de forage d'exploration minière grâce au perfectionnement du Laboratoire mobile de caractérisation physique, minéralogique et chimique des roches (LAMROC) (resp. Pierre-Simon Ross, coll. E. Gloaguen; financ. FRQNT)

Géophysique

- Assimilation stochastique de données géophysiques pour la modélisation géologique et de teneur en trois dimensions (resp. Erwan Gloaguen, coll. B. Giroux, L. Harris, M. Malo, P.-S. Ross; financ. FRQNT, Mira Géoscience Ltée)
- Caractérisation de l'hétérogénéité spatiale des paramètres hydrauliques des aquifères par intégration géostatistique de données hydrogéologiques et géophysiques (resp. Erwan Gloaguen, coll. B. Giroux; financ. FRQNT)
- Étude de détection sismique et acoustique pour la discrimination des ordres de réaction de détonation (resp. Bernard Giroux; financ. Défense nationale Canada)
- Interprétation structurale et tectonique des données géophysiques pour l'Île Victoria, Territoires du Nord-Ouest (resp. Lyal Harris, coll. J. Bédard (CGC); financ. Ressources naturelles Canada)

Géothermie

- Rôle du socle grenvillien radiogénique pour la géothermie profonde au sud du Québec : interprétations géophysiques et études de terrain (resp. Lyal Harris, coll. B. Giroux; financ. CRSNG, Hydro-Québec)
- Technique innovatrice d'essai de réponse thermique avec une source de puissance faible (resp. Jasmin Raymond; financ. CRSNG)

Paléoenvironnements

- Évaluation des taux d'apport des différentes composantes sédimentaires de sédiments laminés pour améliorer les reconstructions paléoclimatiques (resp. Pierre Francus; financ. CRSNG)
- Modes de variabilité climatique passée de l'Arctique à partir de sédiments laminés de l'île d'Ellesmere (resp. Pierre Francus; financ. CRSNG)
- Temps sur un navire de recherche pour des travaux dans le golfe du Saint-Laurent et sur les lacs profonds de la Côte-Nord (resp. Pierre Francus; financ. CRSNG)

HYDROLOGIE

Analyse statistique et modélisation hydrologique

- Analyse comparative des méthodes d'entretien des bassins de sédimentation pour l'industrie de la tourbe horticole (resp. André St-Hilaire; financ. CRSNG)
- Analyse des séries de précipitations extrêmes (resp. Alain Mailhot; financ. Consortium Ouranos)
- Développement d'outils de modélisation hydrologique distribuée pour appuyer le développement durable et l'adaptation aux changements climatiques (resp. Alain Rousseau; financ. CRSNG)
- Drainage et infiltration de l'eau dans les sols organiques en maraîchage (resp. Alain Rousseau; financ. CRSNG)

- Évaluation des bénéfices et risques potentiels de lâchers d'eau liés à la construction d'une infrastructure de lâcher d'eau de surface au barrage Kenney (resp. André St-Hilaire; financ. Rio Tinto Alcan)
- Impacts des changements climatiques sur les apports en eau au système Grands Lacs/Saint-Laurent - Phase II (resp. André St-Hilaire, coll. F. Chebana; financ. Environnement Canada)
- Précipitations maximales probables et crue maximale probable dans des conditions climatiques changeantes (resp. Alain Rousseau; financ. Consortium Ouranos)
- Révision des critères de conception des ponceaux pour des bassins de drainage de 25 km² et moins dans un contexte de changements climatiques (resp. Alain Mailhot; financ. Ministère des Transports du Québec)

Habitat fluvial

- Évaluation de l'effet des ponceaux routiers et forestiers sur la connectivité de l'habitat des rivières à saumons, Québec (resp. Normand Bergeron; financ. Fondation pour la conservation du saumon atlantique)
- Impact de la colonisation de nouveaux habitats par le saumon atlantique anadrome sur la productivité de la population de la rivière Sainte-Marguerite (resp. Normand Bergeron; financ. Fédération québécoise pour le saumon atlantique)
- Mise sur pied d'un réseau de suivi de la température de l'eau dans les rivières à saumons de l'Est canadien (resp. Normand Bergeron, André St-Hilaire; financ. CRSNG, Fondation pour la conservation du saumon atlantique)
- Température de l'eau de rivière comme composante clé de l'habitat des poissons : développement de nouveaux outils de modélisation (resp. André St-Hilaire; financ. CRSNG)

Hydrologie urbaine

- Évaluation en laboratoire de stratégies de contrôle en temps réel de la pression sur les réseaux de distribution d'eau potable (resp. Sophie Duchesne; financ. CRSNG)
- Observatoire INRS-CERIU sur la gestion de l'espace public urbain (resp. Jean-Pierre Villeneuve; financ. Université du Québec)

TÉLÉDÉTECTION

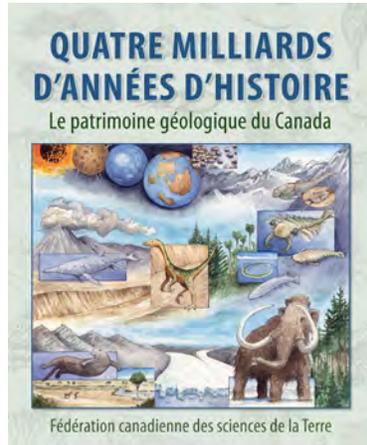
- Amélioration de la connaissance du risque relié aux inondations (resp. Karem Chokmani; financ. Ministère de la Sécurité publique du Québec)
- Caractérisation des conditions de glace de l'hiver 2014 dans l'estuaire de la rivière Romaine à partir d'images satellites (resp. Monique Bernier; financ. Hydro-Québec)
- Développement d'une approche intégrée utilisant des images radar jumelées à des données optiques de moyenne résolution afin de fournir à l'utilisateur l'emplacement du front glacé (resp. Monique Bernier; financ. Agence spatiale canadienne, Dromadaire Inc.)
- Développement d'une méthodologie opérationnelle de suivi des rendements à l'aide de l'imagerie RADARSAT-2 dans deux cultures stratégiques pour le Canada : maïs et soya (resp. Karem Chokmani, coll. M. Bernier; financ. Agence spatiale canadienne)
- Suivi des conditions de glaces de rives à proximité d'infrastructures maritimes au Nunavik dans un contexte de changements climatiques (resp. Monique Bernier; financ. Ministère des Transports du Québec)
- Télédétection hyperspectrale pour les applications environnementales (resp. Karem Chokmani; financ. CRSNG)

Les publications

Quatre milliards d'années d'histoire : le patrimoine géologique du Canada

www.fbycbook.com

Ce livre paru en novembre 2014 est la version française d'un effort collectif d'une centaine de spécialistes à travers le Canada, dont trois chercheurs de l'INRS. En particulier, Aïcha Achab, professeur honoraire, a codirigé la production de la version française. Ce livre de vulgarisation est une initiative de la Fédération canadienne des sciences de la Terre.



Revue des Sciences de l'eau

www.rse.inrs.ca

Revue électronique internationale éditée conjointement avec le Groupement d'intérêt scientifique des sciences de l'eau (France). Disponible sur la plateforme [Érudit](http://www.eric.ed.gov).

Publications scientifiques

La liste annuelle des publications et communications scientifiques des chercheurs du Centre peut être consultée en ligne :

www.ete.inrs.ca/ete/publications#rapports_annuels

La majorité des rapports de recherche, des mémoires et des thèses du Centre sont disponibles en ligne :

www.ete.inrs.ca/ete/publications/rapports

www.ete.inrs.ca/ete/publications/theses-memoires

Capsules INRSciences

www.ete.inrs.ca/ete/publications#CapsulesINRSciences

Articles de vulgarisation visant à mettre en valeur et à rendre accessible la recherche menée par les étudiants du Centre.

Les activités d'animation

Midis-conférences

Le Centre présente tout au long de l'année des conférences en lien avec ses domaines de recherche.

Congrès, colloques et ateliers

10-11 juillet 2014 : École d'été sur les géosciences et la télédétection pour étudiants aux cycles supérieurs tenue au Centre. Cette activité précédait l'[International Geoscience and Remote Sensing Symposium \(IGARSS 2014\) / 35^e Symposium canadien de télédétection](http://www.igeos.org), présidé par la professeure Monique Bernier, ayant eu lieu à Québec du 13 au 18 juillet.

25-31 août : Activité de formation continue sur le terrain « Méthodes de caractérisation de la sous-surface » offerte par les chercheurs en géosciences du Centre en collaboration avec les universités Laval et de Rennes (France).

24-25 octobre : Assemblée générale et colloque annuel de l'[Association universitaire canadienne d'études nordiques \(AUCEN\)](http://www.aucen.ca) tenue au Centre.

23 février 2015 : Colloque annuel du [GRREBS \(Groupe de recherche sur les ressources énergétiques des bassins sédimentaires\)](http://www.grrebs.ca) intitulé « 2^e Atelier sur la géothermie dans les bassins sédimentaires ».

L'excellence de la recherche

Plusieurs membres du Centre ont reçu cette année des distinctions soulignant l'excellence de leurs travaux de recherche ou la qualité de leurs communications scientifiques.

Ainsi, en 2014-2015, trois étudiants ont reçu des prix pour la meilleure présentation par affiche dans des congrès :

- François Lapointe, doctorant dans l'équipe de P. Francus : prix de la meilleure affiche lors du congrès étudiant du Geotop (13-15 février)
- Arnaud Fontaine, doctorant dans l'équipe de B. Dubé de la Commission géologique du Canada : prix de l'AQUEST pour la meilleure affiche de doctorat au congrès Québec Mines (17-20 novembre)
- Cédric Beaubien, étudiant à la maîtrise dans l'équipe de C. Fortin : 2^e place ex aequo pour la meilleure affiche étudiante au 18^e colloque annuel du Chapitre Saint-Laurent (5-6 juin)

En mai 2014, lors de la collation des grades de l'INRS, plusieurs diplômés du Centre se sont distingués :

- Prix pour la meilleure thèse de doctorat : Rimeh Daghbir, diplômée en sciences de l'eau sous la direction de P. Droqui.
- Prix pour le meilleur mémoire de maîtrise : Claudine Fortier, diplômée en sciences de l'eau sous la direction d'A. Mailhot.
- Prix du leadership : Amélie Thériault, diplômée de la maîtrise en sciences de l'eau, pour son implication dans le comité de programmes, en tant que coprésidente de la section jeunesse de l'Association canadienne des ressources hydriques ainsi que sa participation à un projet d'accès à l'eau au Nicaragua.
- Prix du rayonnement international : Julien Mocq, diplômé du doctorat en sciences de l'eau, pour sa participation à de nombreux congrès nationaux et internationaux et les collaborations qu'il a établies avec des spécialistes du saumon atlantique de France, de Norvège, du Royaume-Uni et de l'Amérique du Nord.
- Prix de l'innovation : Louis-César Pasquier, diplômé au doctorat en sciences de la terre, pour ses travaux sur le piégeage du gaz carbonique de sources industrielles par carbonatation minérale qui ont mené à une demande de brevet international.

Une autre étudiante du Centre a été primée en juin au colloque du Chapitre Saint-Laurent. Anne Crémazy, diplômée au doctorat dans l'équipe de C. Fortin, a reçu le Prix d'excellence pour son projet de thèse. L'objectif de ce prix est d'encourager les étudiants à poursuivre une carrière dans les domaines de la chimie et de la toxicologie environnementale, de l'écotoxicologie, de l'évaluation ou de la gestion du risque.

En août, le professeur Yves Gratton a été reçu au Cercle d'excellence de l'Université du Québec en reconnaissance de sa contribution scientifique remarquable en océanographie physique tant en recherche qu'en formation.

Aussi en août, Gabriel Fabien-Ouellet, étudiant au doctorat dans l'équipe d'E. Gloaguen a reçu une prestigieuse bourse d'études supérieures du Canada Vanier. Ces bourses visent à favoriser la rétention au pays des meilleurs étudiants au doctorat.

En novembre, Stephen Dugdale, étudiant au doctorat dans l'équipe de N. Bergeron s'est vu remettre un prix Mitacs pour une innovation exceptionnelle, un logiciel d'imagerie aérienne qu'il a développé lors d'un stage en entreprise.

Aussi en novembre, la professeure Satinder Kaur Brar a été élue au Collège de nouveaux chercheurs et créateurs en arts et en science de la Société royale du Canada en reconnaissance de sa contribution dans les domaines de la production à valeur ajoutée et du développement durable.

En janvier 2015, la professeure Monique Bernier a été honorée pour sa contribution au rayonnement international de la région de Québec en étant nommée ambassadrice 2014 pour avoir présidé le comité organisateur de l'International Geoscience and Remote Sensing Symposium, un important congrès ayant eu lieu en juillet. Celui-ci a d'ailleurs reçu la mention « événement de l'année 2014 » par le Cercle des ambassadeurs.

En avril, Vilmantas Prékienis, étudiant au doctorat dans l'équipe d'I. Laurion a obtenu, pour une deuxième année consécutive, une bourse de recherche interdisciplinaire d'EnviroNord.

Le professeur Rajeshwar Dayal Tyagi a quant à lui été honoré à quelques reprises en cours d'année. Il a été reçu membre de l'Académie européenne des sciences et des arts. En octobre, lors de la Conférence mondiale de génie, il a reçu le prix ASCE (American Society of Civil Engineers) State-of-the-Art of Civil Engineering pour sa contribution à la réalisation du livre *Climate Change Modeling, Mitigation, and Adaptation*. En avril, l'American Academy of Environmental Engineers and Scientists a décerné à son équipe le prix Superior Achievement for Excellence in Environmental Engineering and Science, dans la catégorie recherche universitaire, pour un projet sur la bioconversion de déchets en biodiésel.

L'effort de vulgarisation

De façon régulière, les membres du Centre donnent des entrevues et contribuent à des articles dans les médias (presse écrite, radio, télévision, Internet) dans leur domaine de spécialité.

Durant l'année, des étudiants du Centre ont animé des chroniques radio de vulgarisation scientifique à l'émission *Futur simple* de CKRL : Sarah Goubet (au doctorat avec I. Laurion), Emmanuelle Millet (dans l'équipe de recherche d'E. Gloaguen), Isabelle Fournier (à la maîtrise avec P. Couture), Bouchra Nasri (au doctorat avec A. St-Hilaire), Roxane Lavoie (stagiaire postdoctorale dans l'équipe de R. Lefebvre) et Marjorie Allaire-Verville (à la maîtrise professionnelle).

Plusieurs membres du Centre ont aussi participé en cours d'année à l'émission de radio de vulgarisation scientifique *Les Années lumière* de Radio-Canada. En août 2014, la professeure Monique Bernier a été

invitée à parler de télédétection à la suite du congrès qu'elle a présidé. En octobre, dans le cadre de l'inauguration des premières installations de piégeage et de stockage de CO₂ au Canada, le professeur Michel Malo a été invité comme expert pour une chronique sur cette technologie. En mars 2015, Aïcha Achab, professeure honoraire, était l'auteure de la semaine pour sa contribution au livre *Quatre milliards d'années d'histoire : le patrimoine géologique du Canada*. Et en avril, Carole-Anne Gillis, étudiante au doctorat, était en vedette dans la chronique *Doc/Post-doc*.

Enfin à la télévision, l'émission de vulgarisation scientifique *Le Code Chastenay* à Télé-Québec a mis de l'avant durant l'automne 2014 trois professeurs du Centre. Un reportage intitulé « [Alchimie dans les égouts](#) » a fait état des expériences menées au laboratoire de biotechnologies du professeur Rajeshwar Dayal Tyagi dans le but de convertir des boues d'usines d'épuration en produit à valeur ajoutée. Les professeurs Michel Malo et Bernard Giroux étaient pour leur part interviewés dans un reportage intitulé « [CO₂ sous roche](#) » en lien avec la chaire de recherche sur la séquestration géologique du CO₂ qui était détenue par le professeur Malo.

En fin d'année 2014, dans sa revue annuelle des percées scientifiques, le quotidien *Le Soleil* a publié trois articles sur des travaux du Centre : *CO₂ : deux problèmes = une solution* (équipe du professeur Guy Mercier), *Didymo : les pêcheurs innocents* (travaux de la doctorante Carole-Anne Gillis) et *La pêche aux épinettes* (projet Archives dirigé par le professeur Yves Bégin).

Un autre palmarès scientifique, celui du magazine *Québec-Science*, incluait parmi ses dix découvertes de l'année, le nouveau modèle géologique développé par le professeur Lyal Harris et son collègue Jean Bédard de la Commission géologique du Canada.

En février 2015, à la suite de l'annonce de l'aide financière du programme de vitrine technologique accordée à l'entreprise Métox pour tester le procédé de décontamination des sols développé par l'équipe de Guy Mercier, plusieurs médias de la région de Québec ont rapporté la nouvelle.

En mars 2015, deux événements de vulgarisation ont été tenus. Le 12 mars, une visite pour découvrir les installations de recherche du Centre a été organisée pour les étudiants collégiaux et universitaires de la région de Québec. Et le 14 mars avait lieu la journée « Les filles et les sciences » visant à faire connaître aux adolescentes de la région les professions scientifiques et technologiques. Plusieurs étudiantes et une professeure du Centre ont participé avec enthousiasme à l'animation des activités de cette journée.

Enfin le 25 avril, le Centre a participé à l'activité de vulgarisation sur les sciences de la terre du Centre géoscientifique de Québec (CGQ) qui se tient chaque année dans le cadre du jour de la Terre.



Gabriel Huot-Vézina (CGQ) et Arnaud Fontaine (INRS), kiosque du CGQ pour le Jour de la terre au centre commercial Place fleur de lys

Les programmes d'études

www.ete.inrs.ca/ete/etudier/programmes

Six programmes en sciences de l'eau et de la terre sont offerts au Centre. La maîtrise en sciences de l'eau est un programme exclusif à l'INRS au Québec. Les programmes en sciences de la terre sont offerts en collaboration avec l'Université Laval. De plus, le Centre Eau Terre Environnement et la Commission géologique du Canada (CGC-Québec) sont partenaires d'une collaboration scientifique appelée Centre géoscientifique de Québec. Les chercheurs de la CGC sont ainsi professeurs associés à l'INRS et peuvent diriger des mémoires et des thèses. Ces deux collaborations en sciences de la terre bonifient l'offre de cours et de domaines d'étude.

Deuxième cycle

- Maîtrise de recherche en sciences de l'eau
- Maîtrise professionnelle en sciences de l'eau
- Maîtrise de recherche en sciences de la terre
- Maîtrise professionnelle en sciences de la terre – technologies environnementales

Troisième cycle

- Doctorat en sciences de l'eau
- Doctorat en sciences de la terre



Équipe d'étudiants-chercheurs du professeur Patrick Drogui

Les stages

Le Centre Eau Terre Environnement encourage la venue de stagiaires postdoctoraux pour l'enrichissement de ses équipes de recherche. Des bourses postdoctorales de l'INRS sont disponibles. De plus, chaque été, les équipes de recherche du Centre accueillent des étudiants du premier cycle universitaire pour un stage, une façon stimulante pour les étudiants d'acquérir une expérience en recherche tout en contribuant à l'avancement d'un projet en cours.

Stages postdoctoraux à l'INRS :

www.inrs.ca/recherche/stages-postdoctoraux

Stages d'été au Centre :

www.stages.ete.inrs.ca



Étudiants à la maîtrise en sciences de l'eau lors du stage de terrain de l'automne 2015

La réalisation de la mission de formation et de recherche appliquée du Centre Eau Terre Environnement de l'INRS se fait grâce à l'expertise de haut niveau détenue par ses professeurs-chercheurs ainsi que par le biais de laboratoires, d'installations et d'équipements spécialisés dédiés à l'innovation.

Les principales infrastructures dont le Centre est doté comprennent des laboratoires de recherche modernes, des laboratoires à grande échelle, des infrastructures mobiles, ainsi qu'une station de recherche en milieu naturel.



Édifice INRS au centre-ville de Québec

Les **laboratoires pour l'innovation scientifique et technologique en environnement (LISTE)** sont situés au Parc technologique du Québec métropolitain. Ils servent, entre autres, à la mise à l'échelle des technologies développées en partenariat avec les entreprises. Dotés d'équipements permettant l'expérimentation préindustrielle essentielle à l'analyse de la viabilité économique des innovations, ces laboratoires constituent un atout majeur pour les entreprises québécoises et canadiennes.

Le Centre dispose également d'**infrastructures mobiles** permettant de réaliser sur le terrain des travaux spécialisés de décontamination environnementale, d'hydrogéologie et d'analyse géologique.

La **station de recherche CIRSA**, située à Sacré-Cœur au Saguenay près de l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite, offre aux équipes de recherche du Centre un espace de travail et de formation dans un environnement naturel exceptionnel. Elle comprend un laboratoire et peut accueillir jusqu'à 30 personnes.

Les **laboratoires de recherche** sont localisés sur le campus urbain de l'Université du Québec au centre-ville de Québec. Ils comprennent un ensemble très complet d'équipements d'analyse essentiels à la recherche avancée ainsi que d'importantes capacités de modélisation et de traitement de données. Le Centre dispose notamment d'une salle blanche de classe 1 000 incluant un espace de travail de classe 100, de salles environnementales pour des expériences à température contrôlée et d'équipements de préparation d'échantillons géologiques.



Laboratoires au parc technologique



Station de recherche CIRSA de l'INRS au Saguenay

L'ensemble de ces infrastructures appuie la recherche fondamentale et appliquée liée à l'hydrologie, la biogéochimie, les géosciences, ainsi qu'à l'assainissement et à la valorisation des matières résiduelles.

Ces outils d'innovation et l'expertise qui y est associée sont accessibles aux entreprises et aux agences par le biais de projets de recherche en collaboration orientés vers leurs besoins spécifiques. Le Centre offre ainsi l'opportunité aux acteurs de l'activité économique et aux organismes législateurs de contribuer à l'amélioration des connaissances tout en servant leur mission respective et en s'appropriant le savoir.

POUR EN SAVOIR PLUS, VEUILLEZ CONTACTER : **Carole Parent**, agente de valorisation, carole.parent@ete.inrs.ca, 418 654-2531

LABORATOIRES DE RECHERCHE

Les laboratoires de recherche comprennent un laboratoire général et plusieurs laboratoires spécialisés ainsi que des salles de microscopie et de préparation des échantillons. Les laboratoires spécialisés permettent d'analyser des échantillons d'eau par colorimétrie, fluorométrie, spectroscopie, radioisotopie et chromatographie, ainsi que d'analyser les composés organiques et les métaux traces présents dans différentes matrices (eau, effluents, boues d'épuration, sols, sédiments, tissus biologiques), et enfin, d'analyser les éléments présents dans des échantillons solides (roches, sols, sédiments, boues).

POUR EN SAVOIR PLUS, VEUILLEZ CONTACTER : **Stéfane Prémont**, responsable des laboratoires, stefane.premont@ete.inrs.ca

Scanographie par microfluorescence X

Analyses non destructives par radiographie couplées à l'analyse chimique par microfluorescence X de roches, de sols et de sédiments

L'**ITRAX Core Scanner** permet l'acquisition à très haute résolution (100 μm) de la composition chimique d'échantillons solides sans prélèvement. L'instrument utilise le principe de la microfluorescence X (XRF) qui permet la mesure de la plupart des éléments allant de l'aluminium à l'uranium. La configuration du système permet d'analyser des demi-carottes et *U-channels* de 1,8 m de long, des roches, des déblais de forage et d'autres matériaux fins. Ces analyses sont accompagnées d'une radiographie et d'une photographie de l'échantillon à très haute résolution. Des mesures de la susceptibilité magnétique sont également possibles.



Scanographe de microfluorescence X (ITRAX)

Une des applications est la reconstitution, à diverses échelles temporelles, du climat du passé de régions peu documentées à partir de l'analyse de sédiments lacustres et marins.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

Pierre Francus, pierre.francus@ete.inrs.ca

ete.inrs.ca/giras

Microscopie électronique à balayage

Production d'images en haute résolution de la surface et de la composition d'un échantillon à l'aide d'une technologie utilisant les interactions électrons-matière

Le microscope électronique à balayage (MEB) **Zeiss EVO® 50** permet d'obtenir des images de la surface de matériaux solides à des grossissements allant de 100 X à 60 000 X.

Le MEB est équipé de trois types de détecteurs pour différentes applications : caractérisation morphologique (détecteurs d'électrons secondaires), densité atomique des phases et granulométrie (détecteurs à électrons rétrodiffusés), analyse ponctuelle de la composition chimique et affichage des éléments par cartographie (détecteur à rayons X). Le MEB peut fonctionner en pression contrôlée permettant l'observation d'échantillons sans métallisation préalable.



Microscope électronique à balayage (MEB)

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

Pierre Francus, pierre.francus@ete.inrs.ca

ete.inrs.ca/meb

Biogéochimie aquatique et limnologie

Analyse des métaux traces dans des échantillons liquides ou solides (tissus biologiques, matières en suspension, sédiments, sols) et analyse bio-optique

Les principaux équipements sont les suivants :

- Compteurs de particules et de radioactivité (émissions bêta et gamma)
- Spectromètres d'émission atomique et de masse par plasma à couplage inductif (ICP-AES et ICP-MS)
- Appareils de chromatographie liquide, gazeuse et ionique (HPLC, LC-MS-MS, GC, GC-MS)
- ICP-MS couplé à un HPLC
- Analyseur de mercure

Ces instruments appuient les recherches sur le cheminement des métaux toxiques dans la chaîne alimentaire, la biodisponibilité des contaminants, les impacts des activités anthropiques et l'évaluation de la sensibilité du milieu naturel.



Appareil de chromatographie en phase gazeuse

Les travaux en limnologie visent à évaluer les effets des changements climatiques sur la dynamique de mélange et la transparence de l'eau en milieu lacustre, et leur interaction avec le réseau alimentaire microbien. La bio-optique permet de caractériser et dénombrer les petites particules (bactéries, picophytoplancton), faire le suivi *in situ* des microorganismes possédant une fluorescence naturelle, décrire leur morphométrie et leur taxonomie et étudier leur physiologie.

RESPONSABLE DU LABORATOIRE :

Stéfane Prémont, stefane.premont@ete.inrs.ca

Géodynamique

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

Les études de terrain et le traitement avancé des données de géophysique et de télédétection combinés à des simulations physiques basées sur ces informations permettent d'interpréter la géométrie et l'évolution des structures géologiques ainsi que de déterminer les contrôles structuraux et tectoniques des gîtes minéralisés et des pièges à pétrole. La tomodynamométrie permet d'observer la déformation progressive des modèles physiques de simulation. Les recherches portent également sur des aspects fondamentaux de la tectonique ancienne de la Terre et d'autres planètes.

Les principaux équipements sont les suivants :

- Centrifugeuse d'accélération élevée (1000 g) permettant la mise à l'échelle de déformation de modèles en pâte à modeler et en mastic de silicone pour simuler la déformation ductile des roches et le diapirisme.
- Bacs à sable permettant de réaliser des déformations à contrainte et vitesse contrôlées pour simuler la déformation fragile ou fragile-ductile des roches, les effets des structures et hétérogénéités lithologiques. Les calculs de la déformation finie sont réalisés par imagerie PIV (StrainMaster, LaVision).
- Stations de travail équipées d'écrans interactifs et de logiciels spécialisés pour le traitement des données géophysiques (Oasis Montaj, Geosoft), l'analyse géotechnique en 2D (UDEC 5.0, Itasca) et la reconstruction en 3D (GOCAD, Gocad Research Group).

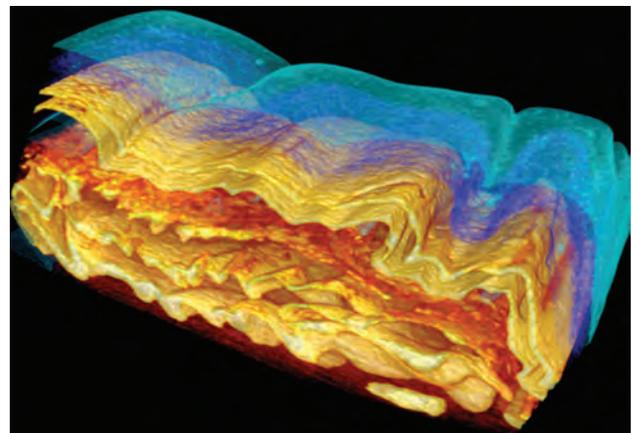


Image en 3D d'un modèle de plissement durant l'écoulement canalisé

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

Lyal Harris, lyal.harris@ete.inrs.ca

Téledétection appliquée

Traitement et analyse d'images d'observation de la terre en vue de cartographier et de modéliser les phénomènes liés notamment à la ressource en eau dans un environnement nordique

L'utilisation d'images satellitaires radars (RADARSAT, TerraSAR-X, ALOS-PALSAR) et optiques (GeoEye, Quickbird, RapidEye, NOAA, Landsat-8, MODIS) permet le développement d'applications pour la mesure et le suivi de la ressource hydrique, de la cryosphère (neige, glace, sol gelé) et de la ressource éolienne. Le Centre dispose d'une banque de plusieurs centaines d'images, en plus de logiciels spécialisés pour le traitement et l'analyse de celles-ci (Geomatica, eCognition, ArcGIS et MATLAB) et pour l'automatisation des routines.

Le laboratoire possède également un système aéroporté léger de télédétection hyperspectrale (SALTH), un aéronef sans pilote pouvant opérer deux caméras hyperspectrales couvrant la gamme spectrale de 400 nm à 1700 nm.



Système aéroporté léger de télédétection hyperspectrale (SALTH)

De plus, les mesures réalisées grâce à l'instrumentation de terrain (carottiers à neige, géoradar, GPS, caméra GPS, station météo, thermocouples et sondes d'humidité) permettent l'étalonnage et la validation des algorithmes développés par les chercheurs.

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES:

Monique Bernier, monique.bernier@ete.inrs.ca

SALTH : **Karem Chokmani**, karem.chokmani@ete.inrs.ca

Modélisation hydrologique

Plusieurs logiciels de modélisation hydrologique ont été développés au Centre.

En appui à l'hydraulique fluviale

H2D2/MODELEUR: H2D2 est un logiciel modulaire et extensible utilisant la méthode des éléments finis pour résoudre des équations de Saint-Venant, de convection-diffusion avec différentes cinétiques et de transport des sédiments de fond. Il peut être couplé au logiciel MODELEUR, un système d'information géographique (SIG) spécialisé dans le domaine de l'hydraulique fluviale.

gre-ehn.ete.inrs.ca/H2D2

En appui à la gestion des eaux de surface à l'échelle des bassins versants

HYDROTEL/PHYSITEL: HYDROTEL est un modèle hydrologique distribué intégrant des données de télédétection et de SIG. Il permet de simuler toute une gamme de processus hydrologiques tels que les apports aux réservoirs hydroélectriques, les crues maximales probables afin d'évaluer la sécurité des barrages, le rôle des milieux humides et de l'aménagement du territoire dans l'hydrologie des bassins versants. PHYSITEL est un SIG spécialisé permettant de préparer la base de données pour différents modèles hydrologiques distribués.

GIBSI: Système de modélisation intégrée (quantité et qualité de l'eau de surface) et de gestion des données attributs et spatiales d'un bassin versant incluant un système de gestion de la base de données et un SIG. GIBSI est un outil d'aide à la décision qui permet aux gestionnaires de l'eau d'explorer divers modes d'aménagement des ressources et du territoire à l'échelle du bassin versant comme l'évaluation de pratiques de gestion bénéfiques d'assainissement agricole (ex. bandes riveraines, plan agroenvironnemental de fertilisation) et l'évaluation des risques de contamination ponctuelle et diffuse des sources d'eau potable.

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES:

H2D2/MODELEUR : **Yves Secretan**, yves.secretan@ete.inrs.ca

HYDROTEL/PHYSITEL et GIBSI : **Alain N. Rousseau**, alain.rousseau@ete.inrs.ca

LABORATOIRES POUR L'INNOVATION SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE EN ENVIRONNEMENT

Ces laboratoires regroupent des équipements plus imposants qui ne cadrent pas avec des laboratoires de recherche traditionnels ainsi que des unités préindustrielles de recherche appliquée demandant un environnement de travail plus robuste.

Hydraulique environnementale

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

Ce canal hydraulique multifonctionnel intègre marées et courants. Sa grande taille permet de faire des simulations à des échelles 1:5 jusqu'à 1:1 selon les processus.

Il offre un riche potentiel d'applications, par exemple pour :

- Modéliser le profil d'équilibre des plages
- Modéliser la sédimentation dans les ports et les marinas
- Étudier l'interaction des courants et des vagues sur les structures près des côtes et en mer
- Modéliser les dépassements et débordements sur les littoraux causés par la hausse du niveau marin
- Simuler l'effet des marées sur les aménagements portuaires
- Simuler l'effet des glaces sur les rives en présence de houle et de courants
- Modéliser la diffusion des polluants dans des systèmes hydrauliques complexes
- Concevoir des aménagements ou solutions douces de protection des côtes

D'une **longueur de 120 m**, d'une **largeur** et d'une **profondeur de 5 m**, le canal est muni d'un portique de levage de 10 tonnes en plus des éléments suivants :

- Batteur pour simuler différentes houles
- Atténuateur en enrochement
- Système de vidange et de remplissage connecté à un réservoir de 3500 m³ pour simuler des marées
- Système bidirectionnel de circulation d'eau pouvant atteindre un débit de 5 m³/s généré par un propulseur
- Série de 13 supports multifonctionnels pour instruments de mesure (vitesse d'écoulement, turbidité, topographie, etc.) et 13 autres pour des mesures de niveau d'eau
- Système d'acquisition de données pouvant accueillir plus de 1600 capteurs

Des analyses sédimentologiques peuvent être réalisées sur place grâce à un tomodensitomètre (voir section suivante) sur lequel s'adaptent des canaux à échelle réduite permettant notamment de simuler des courants stationnaires, de la houle et des mouvements gravitaires.



Canal hydraulique (© Denis Bernier)

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
Jannette B. Frandsen, jannette.frandsen@ete.inrs.ca

lhe.ete.inrs.ca

Tomodensitométrie

Mesures non destructives des variations internes de densité sur des corps statiques (structure interne, porosité, etc.) ou mesures de phénomènes dynamiques principalement en hydrologie

L'infrastructure est composée d'un tomodensitomètre **Siemens SOMATOM Definition AS+ 128**, d'une unité de traitement et de stockage des données, d'un laboratoire de sédimentologie et d'appareils d'hydraulique, de biosédimentologie et d'hydrologie. L'ampleur de cette infrastructure est unique au Canada et dans une classe à part au niveau mondial.

Cet équipement médical adapté permet l'étude dynamique en 4D de structures solides et d'écoulements de fluides grâce à un volume créé à partir d'une séquence d'images simultanées d'une définition sous millimétrique.

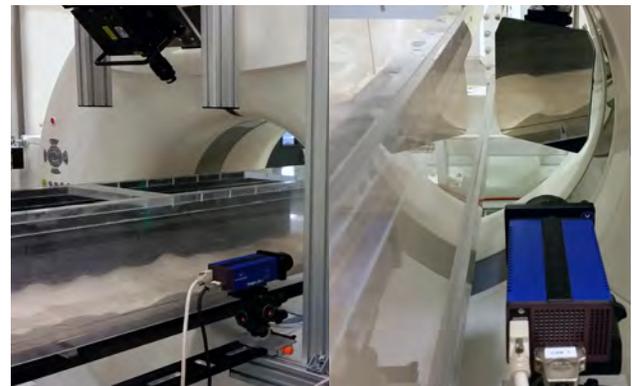
Différents dispositifs confèrent à cet équipement une flexibilité d'application unique. Le tomodensitomètre est sensible à des variations de densité de 0,1%. Il est doté d'une ouverture de 78 cm de diamètre et d'une configuration sources/détecteurs permettant des mesures à 360° autour du corps analysé. Il est installé sur des rails de 4,3 m de longueur permettant l'analyse d'objets de grande taille (troncs d'arbres, carottes de sédiments, etc.).

Le laboratoire comprend un granulomètre laser, des aquariums et des caissons de pression pour des mesures de bioturbation, des canaux hydrauliques pouvant reproduire des courants unidirectionnels, de la houle et des mouvements gravitaires, ainsi que divers instruments de mesure tels que courantomètre, turbidimètre et sonde de résistivité. Il est également possible de faire des mesures simultanées de vélocimétrie par images de particules (PIV) et de tomodensitométrie (TDM) permettant d'évaluer à la fois les turbulences (par PIV), la bathymétrie et les concentrations de sédiments en suspension (par TDM), et ce, de manière non invasive à une cadence de sept fois par seconde. Un canal hydraulique de grande dimension (voir section précédente) est disponible pour valider à large échelle les mesures sous tomodensitomètre.

Les champs d'application de cet équipement d'une grande précision sont multiples et extrêmement variés: génie maritime (mesure du transport sédimentaire), génie géologique (risques géologiques et comportement des hydrates de gaz), hydrogéologie (migration des fluides et des polluants), foresterie (impacts d'insectes nuisibles), paléontologie (recherche de microfossiles dans les sédiments), écologie marine (comportement de la faune benthique), métallogénie (analyse de la structure 3D d'alliages), pétrographie (analyse de carottes de roches) et archéologie (analyse de la structure interne de pièces métalliques).



Tomodensitomètre SOMATOM Definition AS+ 128



Mesures de PIV

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE:

Pierre Francus, pierre.francus@ete.inrs.ca

ctscan.ete.inrs.ca

Bioprocédés

Mise en œuvre des principales étapes de transformation biologique de matières résiduelles visant à mettre au point ou à optimiser des procédés de conversion en produits à valeur ajoutée

Des unités modulaires permettent de réaliser toutes les étapes incluant le conditionnement de la matière première, sa transformation et la récupération du produit fini. L'objectif général est de développer, optimiser et mettre à l'échelle de nouveaux bioprocédés, ainsi que de récupérer, purifier et caractériser divers dérivés issus de la fermentation.

Les substrats de base utilisés peuvent être des matières résiduelles d'origine urbaine, industrielle, agricole, ou encore des milieux de culture synthétiques. Les produits générés peuvent être, notamment, des biopesticides microbiens et fongiques, des inoculants microbiens, des promoteurs de croissance végétale, des enzymes industrielles, des biopolymères, des biocarburants, des biosurfactants et du biohydrogène.

Deux hydrolyseurs d'une capacité respective de 150 et 2000 litres servent au prétraitement des substrats.

Pour la fermentation, le complexe dispose de deux laboratoires de fermentation entièrement instrumentés, réservés respectivement aux matières résiduelles ou aux milieux synthétiques afin d'éviter toute contamination. Chaque laboratoire dispose de fermenteurs d'une capacité respective de 5, 15, 150 et 2000 litres.

À l'étape de la récupération du produit fini, les modules suivants servent au traitement des bouillons fermentés :

- Centrifugeuse en continu
- Unité de microfiltration et d'ultrafiltration
- Système de chromatographie par échange d'ions (séparation des protéines)
- Lit fluidisé (production de particules solides)
- Lyophilisateur

Les principaux instruments analytiques complétant l'installation sont les suivants :

- Cytomètre de flux
- Cycleur thermique pour ADN
- Appareil à électrophorèse



Hydrolyseurs de 150 et de 2000 litres



Centrifugeuse en continu

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
Rajeshwar Dayal Tyagi, rd.tyagi@ete.inrs.ca

Électrotechnologies environnementales

Développement de procédés électrolytiques, membranaires et oxydatifs pour optimiser le traitement des eaux et d'effluents industriels

L'objectif du LEEPO (Laboratoire d'électrotechnologies environnementales et de procédés oxydatifs) est de développer des procédés novateurs pour améliorer les systèmes existants de traitement des eaux et d'effluents industriels, voire remplacer les technologies classiques peu efficaces pour l'élimination des contaminants organiques réfractaires, inorganiques et microbiens. On vise en particulier à mettre au point des unités compactes portatives ayant un large spectre de dépollution.

Les principaux équipements sont les suivants :

- Potentiostat/galvanostat
- Titrateur potentiométrique
- Spectrophotomètres UV-vis et de photoluminescence
- Cellules d'électrophotocatalyse et d'ozonation
- Réacteurs de photocatalyse et de sonochimie
- Deux réacteurs d'électrooxydation/électrodéposition de type laboratoire (2 - 5 L) et une unité de type préindustriel (100 - 150 L)
- Deux réacteurs d'électrocoagulation/électroflocculation de type laboratoire et une unité de type préindustriel
- Bioréacteur à membrane de type laboratoire (4 - 6 L) et une unité de type préindustriel (100 - 150 L)
- Unités de traitement membranaire allant de la microfiltration à l'osmose inverse

Certains des modules d'électrotechnologies peuvent être intégrés au laboratoire mobile d'assainissement et de décontamination.



Équipements du LEEPO pour expérimentation préindustrielle

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

Patrick Drogui, patrick.drogui@ete.inrs.ca

leepo.ete.inrs.ca

Contamination souterraine

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

Les principaux équipements suivants permettent de simuler des écoulements souterrains, de suivre le transport des contaminants et d'expérimenter des technologies novatrices de décontamination des sols et de l'eau souterraine :

- Deux réservoirs de 4 et 9 m³ pour tester des stratégies de restauration *in situ* en reproduisant différents patrons d'injection/pompage
- Unités mobiles d'extraction multiphase et de lavage de sols avec équipements de suivi des procédés
- Colonnes pour étudier la migration des contaminants dans le sol et évaluer différentes méthodes passives (atténuation naturelle, mur de réaction)
- Colonnes de différents volumes pour évaluer la performance de différentes méthodes actives (barbotage, ventilation, biodégradation, lavage aux tensioactifs et oxydation chimique)
- Espace laboratoire réfrigéré jusqu'à 6 °C pour reproduire la température de l'eau souterraine
- Instruments de mesures permettant la caractérisation des sols et des phases aqueuses et organiques échantillonnés lors des essais (granulométrie, courbe caractéristique, densité, viscosité, tension interfaciale, angles de contact)



Essai d'extraction multiphase et de lavage de sol

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

Richard Martel, richard.martel@ete.inrs.ca

Gestion hydraulique

Développement de méthodes pour optimiser la gestion des réseaux de distribution d'eau potable

L'objectif principal des travaux de recherche du laboratoire de gestion hydraulique des réseaux de distribution d'eau potable est de développer des méthodes pour réagir rapidement lors de contaminations et pour réduire le plus possible les pertes d'eau. Un secteur type d'un réseau municipal de distribution d'eau potable est reproduit avec des conduites qui ont environ 2/3 du diamètre et de la pression réels d'un véritable réseau.

Le montage conçu pour être des plus polyvalent est équipé de nombreux senseurs (débit, pression, conductivité), de régulateurs de pression, de vannes d'isolement et de robinets (pour simuler l'utilisation d'eau ou les fuites) qui sont tous reliés à un système informatique central.



Réseau de distribution d'eau potable du laboratoire

Les principales applications découlant des travaux du laboratoire sont la détection de contaminations et la détermination de procédures d'intervention pour isoler les zones contaminées, le contrôle en temps réel des pressions en vue de réduire les pertes d'eau potable et la détection des fuites par l'analyse en temps réel de mesures de débit et de pression.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

Sophie Duchesne, sophie.duchesne@ete.inrs.ca

INFRASTRUCTURES MOBILES

Ces infrastructures sont utilisées pour réaliser des essais ou des analyses directement sur les sites d'intérêt. Outre les infrastructures décrites ci-dessous, un camion-laboratoire de biogéochimie est également disponible afin de préparer et traiter, lorsque nécessaire, des échantillons prélevés sur le terrain avant leur transport.

Caractérisation des aquifères

Développement d'approches de caractérisation détaillée des aquifères sur le terrain permettant une modélisation numérique représentative

Le principal équipement permettant de caractériser les propriétés physiques et géochimiques des aquifères est une foreuse spécialisée Geotech 605. Avec les données recueillies, il est possible de modéliser l'écoulement de l'eau et le transport des contaminants dans les aquifères. Il est également possible d'évaluer la vulnérabilité des aquifères à la contamination, de déterminer les modalités de protection et les modes d'exploitation les plus adaptés en vue d'une gestion durable de la ressource en eau souterraine.

Cette foreuse sur chenille dispose d'un système d'enregistrement en temps réel des réponses mécanique et électrique des sols. Elle permet aussi l'échantillonnage du sol ou de l'eau souterraine par l'installation de puits d'observation. Le système possède deux têtes de forage : une sert à faire des sondages par enfoncement (pénétration au cône) dans les dépôts meubles et l'autre est munie d'un marteau hydraulique pour faire des sondages par rotoperçusion jusqu'à 50 m dans le roc et les dépôts meubles selon les conditions.



Foreuse Geotech sur le terrain

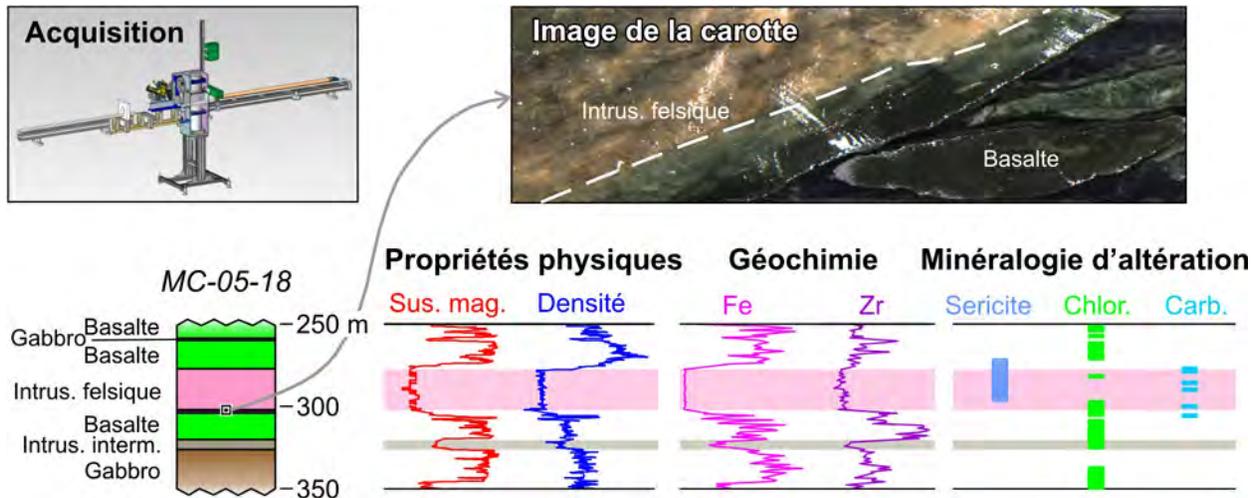
RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

René Lefebvre, rene.lefebvre@ete.inrs.ca

Caractérisation des roches

Mesures non destructives à haute résolution spatiale de paramètres physiques, minéralogiques et chimiques sur des carottes de forage

Le LAMROC (Laboratoire mobile de caractérisation physique, minéralogique et chimique des roches) permet de mesurer la densité et la susceptibilité magnétique et d'analyser la géochimie et la minéralogie de carottes de forage au diamant grâce à un système semi-automatisé. Celui-ci permet également l'acquisition d'une image continue de la carotte. Il est installé dans une unité mobile ce qui permet de tirer un maximum d'information de la carotte directement sur le site d'entreposage. Plusieurs instruments portables sont aussi disponibles pour mesurer les propriétés physiques des roches sur le terrain (susceptibilité magnétique, densité, rayonnement gamma naturel).



RESPONSABLE SCIENTIFIQUE:
Pierre-Simon Ross, pierre-simon.ross@ete.inrs.ca

lamroc.ete.inrs.ca

Géophysique

Études géophysiques appliquées à l'exploration minière, gazière et pétrolière, la géotechnique et l'archéologie

Les équipements permettent de réaliser des travaux sur le terrain et en laboratoire en utilisant les méthodes et technologies suivantes :

- Tomographie géoélectrique : Imagerie du Quaternaire et du socle rocheux jusqu'à 800 m de profondeur
- Levé audiomagnétotellurique : Imagerie géoélectrique du socle rocheux jusqu'à 2000 m de profondeur
- Induction électromagnétique : Mesures de la conductivité électrique des matériaux géologiques
- Levé gravimétrique : Mesures terrestres ou sur glace appliquées à la cartographie géologique, la prospection minière et l'exploration gazière et pétrolière
- Levé magnétométrique : Mesures terrestres ou aquatiques pour la cartographie géologique, la prospection minière, l'exploration diamantifère, gazière et pétrolière, et la détection sous-marine
- Levé radiométrique : Système spectrométrique gamma mobile pouvant être déployé sur terre ou en hélicoptère pour la cartographie géologique et de sols agricoles, et la prospection minière
- Levé aquatique : Bateaux de 8 et 6,5 m avec équipage pour missions sur le fleuve et en mer



Levé sur glace

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE:
Marc Richer-Lafleche, marc.richer-lafleche@ete.inrs.ca

Assainissement et décontamination

Mise en œuvre à échelle préindustrielle d'un train de technologies impliquant des processus chimiques, physiques et biologiques afin de développer ou optimiser des procédés de décontamination tant pour des liquides, des solides que des gaz

Cet équipement mobile permet de tester des technologies d'assainissement directement sur le site d'où provient l'effluent, le sol contaminé ou le gaz à traiter. La remorque est spécialement aménagée pour accueillir divers modules correspondant à des systèmes disponibles sur le marché et pouvant être assemblés de manière à répondre aux besoins spécifiques de traitement.

En filière liquide, il est possible de traiter des eaux souterraines contaminées ainsi que des eaux usées municipales, industrielles ou agroalimentaires. En filière solide, des procédés de décontamination des sols, des matières résiduelles industrielles et dangereuses, et des boues d'épuration peuvent être développés ou optimisés. Certains montages permettent de répondre à des problématiques complexes de contamination mixte ou encore impliquant des contaminants récalcitrants. Enfin, la filière gazeuse permet de traiter des effluents gazeux industriels. Des procédés visant à réduire les émissions (CO_2 , SO_x , etc.) peuvent être étudiés. Les principales unités modulaires sont les suivantes :

Filière liquide

- Décanteur lamellaire
- Bioflottation/biofiltration/réacteur biologique séquentiel
- Filtre presse
- Filtre à plateaux
- Centrifugeuse
- Pressoir rotatif
- Échangeur d'ions
- Colonne d'adsorption

Filière solide

- Unité de tamisage
- Séparateur magnétique
- Table à secousses
- Lit fluidisé
- Banc de cellules de flottation

Filière gazeuse

- Réacteur (18 L)
- Cellule de précipitation



Remorque laboratoire



Décanteurs lamellaires avec instrumentation

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES:

Jean-François Blais, jean-francois.blais@ete.inrs.ca

Guy Mercier, guy.mercier@ete.inrs.ca

Professeurs-chercheurs

Yves Bégin
Mario Bergeron
Normand E. Bergeron
Monique Bernier
Jean-François Blais
Satinder Kaur Brar
Peter G.C. Campbell
Fateh Chebana
Karem Chokmani
Patrice Couture
Patrick Drogui
Sophie Duchesne
Claude Fortin
Pierre Francus
Jannette B. Frandsen
Bernard Giroux
Erwan Gloaguen
Charles Gobeil
Yves Gratton
Landis Hare
Lyal Harris
Pierre Lafrance
Isabelle Laurion
René Lefebvre
Alain Mailhot
Michel Malo
Richard Martel
Guy Mercier
Taha B.M.J. Ouarda
Claudio Paniconi
Jasmin Raymond
Marc Richer-Laflièche
Pierre-Simon Ross
Alain N. Rousseau
Yves Secretan
André St-Hilaire
Rajeshwar Dayal Tyagi
Jean-Pierre Villeneuve

Professeurs émérites

Bernard Bobée
Georges Drapeau
Michel Slivitzky

Professeurs honoraires

Aïcha Achab
Jean-Christian Auclair
Jean-Pierre Fortin
Michel Leclerc
Sinh Lequoc
Bernard Long
Guy Morin
Jean-Louis Sasseville
Alain Soucy
Normand Tassé
André Tessier

Professeurs associés

Jason M.E. Ahad, Commission géologique du Canada, bureau de Québec (CGC-Québec)
Jean H. Bédard, CGC-Québec
Christian Bégin, CGC-Québec
Sébastien Castonguay, CGC-Québec
Louise Corriveau, CGC-Québec
Benoît Dubé, CGC-Québec
Mathieu J. Duchesne, CGC-Québec
Michel Houlié, CGC-Québec
Denis Lavoie, CGC-Québec
Patrick Mercier-Langevin, CGC-Québec
Yves Michaud, CGC-Québec
Jean Morin, Environnement Canada
Miroslav B. Nastev, CGC-Québec
Michel A. Parent, CGC-Québec
Didier Perret, CGC-Québec
Nicolas Pinet, CGC-Québec
Christine Rivard, CGC-Québec
Alfonso Rivera, CGC-Québec
Martine M. Savard, CGC-Québec
Bernard Vigneault, CGC-Québec

Professeurs invités

Belkacem Abdous, Université Laval
Simon Barnabé, UQTR
Louis Bernatchez, Université Laval
Marie-Amélie Boucher, UQAC
Thomas Buffin-Bélanger, UQAR
Daniel Caissie, Pêches et Océans Canada
Michel Chouteau, École Polytechnique de Montréal
Simon Charles Courtenay, Pêches et Océans Canada
Richard A. Cunjak, Canadian Rivers Institute, University of New-Brunswick
Sylvie Daniel, Université Laval
Jean-Pierre Dedieu, LARHRA - CNRS (France)
Julian Dodson, Université Laval
Paul Drevnick, University of Michigan (États-Unis)
Salah-Eddine El Adlouni, Université de Moncton
Nassir El-Jabi, Université de Moncton
Anne-Catherine Favre, Université de Grenoble (France)
Philippe Gachon, UQAM
Jaime Max Gárfias Soliz, Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA, Mexique)
Pierre-Louis Gosselin, Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ)
Sylvio J. Gumiere, Université Laval
Katy Haralampides, University of New-Brunswick
Klaus Holliger, Université de Lausanne (Suisse)
Eric Lee Johnson, Hartwick College (New York, États-Unis)
Sylvain Jutras, Université Laval
Sandra Kentish, University of Melbourne (Australie)
Scott Lamoureux, Queen's University
Véronique Lapaige, Université de Montréal
Isabelle Larocque-Tobler, Université de Berne (Suisse)
Jean-Louis Morel, Institut national polytechnique de Lorraine (INPL, France)
Mir Abolfazl Mostafavi, Université Laval
Reinhard Pienitz, Université Laval

John F. V. Riva, retraité, Université Laval
Fabiola Sandoval-Salas, Instituto tecnológico superior de Perote
(Mexique)
Marie-Odile Simonnot, INPL (France)
Bruno Tremblay, Université McGill
Jean Érik Tremblay, Université Laval
Gozo Tsujimoto, Kobe City College of Technology (Japon)
José R. Valéro, retraité, Service canadien des forêts
Mih Tran Y, Vietnam Academy for Science and Technology
(Vietnam)
Fumihiko Yamada, Kumamoto University (Japon)
Fatiha Zidane, Université Hassan II (Maroc)

Chercheurs invités

Guy Ampleman, Recherche et Développement pour la défense
Canada (RDDC) - Valcartier
Patrick Atheba, Université Félix Houphouët Boigny (Côte
d'Ivoire)
Antonio Avalos Ramirez, Centre national en électrochimie et en
technologies environnementales (CNETE)
Gilles Bellefleur, Commission géologique du Canada
Rudolf Bertrand, retraité, Centre Eau Terre Environnement de
l'INRS
Simon Besner, Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ)
Claudia Blais, Institut national de la santé publique du Québec
(INSPQ)
Gerardo Buelna, Centre de recherche industrielle du Québec
(CRIQ)
Athyna Cambouris, Agriculture et Agroalimentaire Canada
François Caron, retraité, Ministère des Ressources naturelles du
Québec
Daniel Caya, Consortium Ouranos
Catherine Couillard, Pêches et Océans Canada
Mélanie Desrosiers, Ministère du Développement durable,
de l'Environnement et de la Lutte contre les changements
climatiques (MDDELCC)
Bernard Doyon, Collège F.X. Garneau
Sylvie Dufour, CNRS (France)
Peter S. Galbraith, Pêches et Océans Canada
David Huard, Consortium Ouranos
Amélie Janin, Yukon Research Centre
Yann Le Bihan, CRIQ
Yvon Maranda, retraité, MDDELCC
Stéphane Masson, Parc Aquarium du Québec
Emma Michaud, CNRS (France)
Marie Minville, Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ)
Luc Perreault, IREQ
Louis Prieur, Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer
(France)
André Pugin, Commission géologique du Canada
Milla Rautio, UQAC
Rao Y. Surampalli, United States Environmental Protection
Agency (EPA, États-Unis)
Sonia Thiboutot, RDDC - Valcartier
Richard Turcotte, Centre d'expertise hydrique du Québec
Marc Alex Vallée, CGG Geoscience

