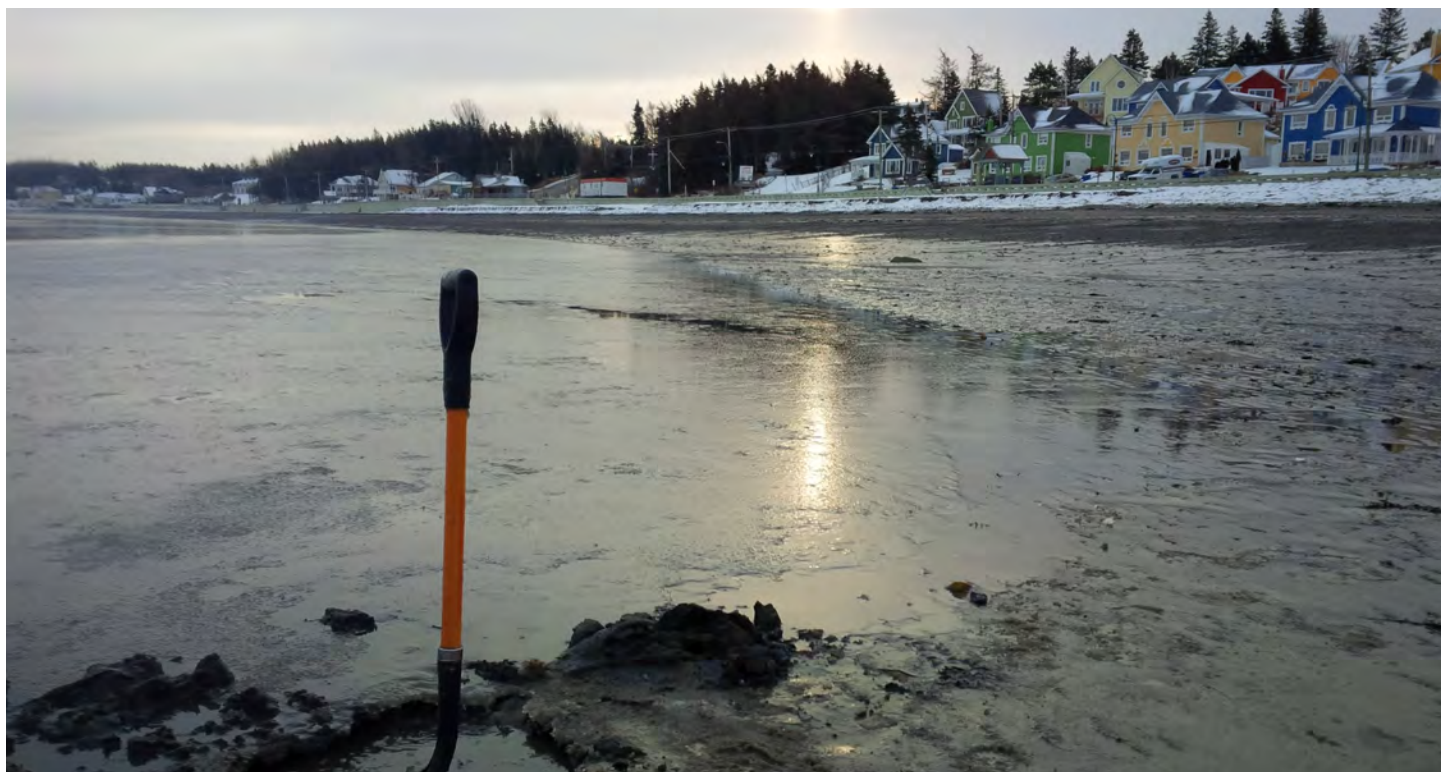


CENTRE EAU TERRE ENVIRONNEMENT

Rapport annuel **2018-2019**



Institut national
de la recherche
scientifique

INRS.CA

Rapport annuel du 1^{er} mai 2018 au 30 avril 2019

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

Rédaction et mise en page

Mathilde Renaud

Révision

Jean-Daniel Bourgault et Tatiana Soldatova Aeyan

Photo de la page couverture (bas)

Kim Huong Hoang

Autres crédits photos

AECETE, Hachem Agili, Paschale Bégin, Denis Bernier, Jean-François Bureau, Léo Chassiot, Arnaud De Coninck, Mathieu Des Roches, Patrick Drogui, Christian Fleury, Lyal Harris, Clémence Jouveau du Breuil, laetitiaphotographe.com, Marc Richer-Laflièche, Valérie Langlois, Isabelle Laurion, René Lefebvre, Tram Nam, Antoine Nicault, Sébastien Ouellet-Proulx, Louis-César Pasquier, Sylvain Perrier, Danaé Pitre, Jasmin Raymond, Thomas Robert, Pierre-Simon Ross, Harold Vigneault

Pour information

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

CENTRE EAU TERRE ENVIRONNEMENT

Institut national de la recherche scientifique

L'Institut national de la recherche scientifique (INRS) est dédié à la recherche fondamentale et appliquée, aux études de cycles supérieurs et à la formation de chercheurs. L'Institut oriente ses activités vers le développement économique, social et culturel du Québec, tout en assurant le transfert des connaissances et des technologies dans l'ensemble des secteurs où il œuvre. 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 interdisciplinaires :

Eau Terre Environnement (Québec)

Énergie Matériaux Télécommunications
(Varennnes et Montréal)

Armand-Frappier Santé Biotchnologie (Laval)

Urbanisation Culture Société (Montréal et Québec)

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

Le programme scientifique comporte quatre grands axes de recherche :

- Assainissement et valorisation des résidus
- Biogéochimie aquatique
- Hydrologie
- Sciences de la Terre

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 dix-huitième rapport annuel du Centre Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique pour l'année 2018-2019.

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 recherche fondamentale et appliquée, la formation aux cycles supérieurs, le transfert technologique et la diffusion des connaissances font partie intégrante de cette mission. À ce chapitre, l'année a été riche en événements et en retombées.



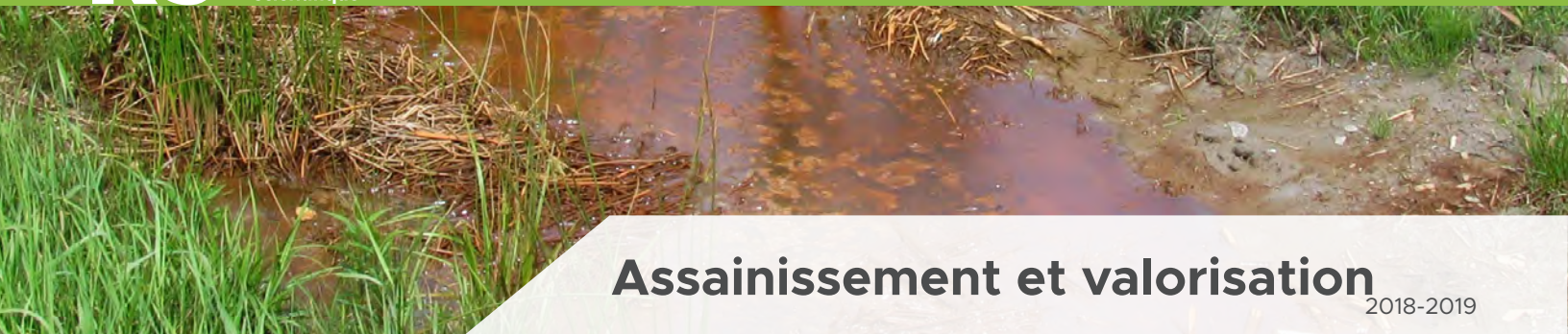
Ce rapport fait état des projets importants de l'année dans les différents domaines d'intérêt du Centre. Citons d'abord le financement d'un nouveau laboratoire en écotoxicogénomique et perturbation endocrinienne (LEPE) et d'une chaire du même nom, ainsi que de la Chaire de recherche du Canada en hydroclimatologie statistique. Citons également des exemples de projets de recherche, dont la restauration et la protection des habitats du poisson affectés par l'activité minière en milieu nordique, la production de bioplastique à partir de matières résiduelles de l'industrie papetière, l'évaluation du potentiel des aquifères comme infrastructure naturelle pour le refroidissement écoénergétique, et l'adaptation des pratiques de gestion d'infrastructures hydrauliques afin de minimiser les impacts sur les poissons et leur habitat. Ces quelques exemples de nouveaux projets, parmi d'autres, font état du dynamisme de notre corps professoral et de leurs équipes de recherche.



Le présent rapport se veut donc un survol des grandes réalisations du Centre Eau Terre Environnement pour l'année 2018-2019. Les succès obtenus sont le résultat de la contribution exceptionnelle de tous les membres, professeurs, étudiants, stagiaires, personnels de recherche et de laboratoire, 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 leur excellent travail.

Photo du haut (© laetitiaphotographe.com) : équipe de la professeure Valérie Langlois, responsable du nouveau laboratoire LEPE; photo du centre : travaux de terrain en géothermie au Nunavik; photo du bas : membres et collaborateurs du nouveau regroupement stratégique EcotoQ dirigé par le professeur Patrice Couture.



Assainissement et valorisation

2018-2019

Les villes du monde produisent annuellement près de 1,3 milliard de tonnes de déchets solides; ces déchets ont un grand 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 d'effluents, de résidus contaminés et de boues d'épuration. 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.

Des exemples de recherche et de formation appliquées aux défis actuels

Former des experts en valorisation

Le « Programme de formation en génie des procédés industriels pour le traitement et la valorisation des rejets agricoles et agro-industriels en produits à haute valeur ajoutée » est une nouvelle formation universitaire née d'une collaboration entre l'INRS et des universités africaines. Le programme vise à former des professionnels qualifiés à la maîtrise et au doctorat dans le domaine de la valorisation des déchets au Bénin, en Côte d'Ivoire et au Togo. L'industrie agricole africaine génère de grandes quantités de résidus qui au lieu d'être jetés gagneraient à être transformés, par exemple, en bioplastiques, biocarburants ou biopesticides.



Gadgets électroniques, sources de métaux

La quantité de déchets électroniques générée à travers le monde est en progression de 3 à 5 % par année. Ces déchets qui comprennent les ordinateurs, téléviseurs, téléphones et autres gadgets électroniques sont encore très peu recyclés (15-20 %) malgré leur fort potentiel de valorisation. En effet, ces déchets constituent une source potentielle de métaux de base, précieux et stratégiques, et de terres rares dont la disponibilité est limitée sur les marchés. Une équipe de l'INRS veut s'attaquer à ce problème en mettant au point un procédé hydrométallurgique combinant plusieurs techniques physiques et chimiques pour récupérer les métaux de déchets électroniques non triés.



Photo : Fairphone/Closing The Loop via flickr (CC BY-NC-SA)

Mines carboneutres dans la mire

Une équipe de l'INRS participe à un projet de recherche pancanadien mené par l'Université de la Colombie-Britannique visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre en piégeant du CO₂ dans des résidus issus de l'exploitation minière. L'expertise de l'INRS en carbonatation minérale, une réaction dans laquelle le CO₂ réagit avec le silicate de magnésium présent dans les résidus pour former des carbonates stables, sera mise à profit. L'objectif du projet est de réduire considérablement les émissions de CO₂ des exploitations minières et il pourrait conduire à la première mine carboneutre au monde.



Photo : Miracle Mineral via Wikimedia Commons (CC BY 2.0)

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

Louis-César Pasquier | Séquestration et utilisation du CO₂
louis-cesar.pasquier@ete.inrs.ca



BIOTECHNOLOGIES ENVIRONNEMENTALES

Kokou Adjallé** | Bioproduits et chimie verte
kokou.adjalle@ete.inrs.ca

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

Rajeshwar Dayal Tyagi | Bioconversion de résidus
rd.tyagi@ete.inrs.ca

* retraite en 2019

** arrivée en 2019

*** absence prolongée

Quelques publications récentes

(Les noms des auteurs du Centre ETE sont en **gras**)

- Chen J, **Adjallé K**, Barnabé S, Perrier M et Paris J (2019). Mechanical and thermal pretreatment processes for increasing sugar production from woody biomass via enzymatic hydrolysis. *Waste and Biomass Valorization*, 10: 2057-2065.
<http://dx.doi.org/10.1007/s12649-018-0217-x>
- **Chen J**, Li J, Dong W, Zhang X, **Tyagi RD**, **Drogui P** et Surampalli RY (2018). The potential of microalgae in biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90: 336-346.
<http://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.073>
- **Dia O**, **Drogui P**, Buelna G et Dubé R (2018). Hybrid process, electrocoagulation-biofiltration for landfill leachate treatment. *Waste Management*, 75: 391-399.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2018.02.016>
- **Maiti S**, **Gallastegui G**, **Suresh G**, Pachapur VL, **Brar SK**, Le Bihan Y, **Drogui P**, Buelna G, Verma M et Galvez-Cloutier R (2018). Microwave-assisted one-pot conversion of agro-industrial wastes into levulinic acid: An alternate approach. *Bioresource Technology*, 265: 471-479.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2018.06.012>
- **Nielsen G**, Hatam I, Abuan KA, Janin A, **Coudert L**, **Blais J-F**, **Mercier G** et Baldwin SA (2018). Semi-passive *in-situ* pilot scale bioreactor successfully removed sulfate and metals from mine impacted water under subarctic climatic conditions. *Water Research*, 140: 268-279.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.035>
- **Pasquier L-C**, Kemache N, **Mocellin J**, **Blais J-F** et **Mercier G** (2018). Waste concrete valorization; Aggregates and mineral carbonation feedstock production. *Geosciences*, 8: Art. 342.
<http://dx.doi.org/10.3390/geosciences8090342>

Une diversité de partenaires de recherche

- Consortium de recherche et innovation en bioprocédés industriels au Québec (CRIBIQ)
- Consortium de recherche et d'innovation en transformation métallique (CRITM)
- Groupe VEOS
- Métox
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec
- Nemaska Lithium
- Ressources naturelles Canada
- Sanexen Services environnementaux

Biogéochimie aquatique

2018-2019

La pollution de l'eau est un enjeu environnemental de première importance

Les contaminants 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.

Le groupe en biogéochimie aquatique du Centre Eau Terre Environnement de l'INRS mène des recherches concertées sur la dispersion des contaminants, l'assimilation et les effets chez les organismes vivants et la détection des changements environnementaux dans ces écosystèmes. Il contribue également à la recherche sur les impacts des changements climatiques en étudiant le fonctionnement et la productivité des écosystèmes aquatiques ainsi que le rôle qu'ils jouent sur le climat.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Biodiversité nordique

Une équipe de l'INRS spécialisée en biosuivi des écosystèmes d'eau douce participe à une collaboration scientifique impliquant plusieurs pays nordiques (Canada, États-Unis, Danemark, Norvège, Suède). ARCTIC-BIODIVER est un projet de recherche multidisciplinaire visant à combler les lacunes dans les connaissances sur la biodiversité des lacs et des rivières de l'Arctique et à développer des scénarios d'impacts des changements climatiques à l'échelle nationale et circumpolaire. Des indicateurs et des critères d'évaluation des impacts écologiques des changements climatiques pour ces écosystèmes fragiles seront déterminés.



Inquiétant dégel

Les changements climatiques sont responsables d'une fonte accélérée du pergélisol dans le Nord. Une des conséquences est une libération de contaminants, microbes et matière organique emprisonnés dans le pergélisol vers les eaux de surface. Ce phénomène peut être à l'origine de profonds changements dans la structure, le fonctionnement et les services des écosystèmes aquatiques comme l'accès à l'eau potable. Une équipe de l'INRS étudie les risques émergents liés à la fonte du pergélisol pour les écosystèmes et les sources d'eau potable des communautés dans le nord du Québec et du Canada.



Toxicité + génomique

Le nouveau Laboratoire en écotoxicogénomique et perturbation endocrinienne (LEPE) de l'INRS permet de tester en laboratoire et sur le terrain les effets des contaminants sur la santé des organismes aquatiques. Des biomarqueurs uniques pour chaque espèce étudiée sont utilisés pour mieux comprendre les effets et les mécanismes d'action des contaminants. L'équipe de recherche est également spécialiste des perturbateurs endocriniens. Des lignées cellulaires ultra-sensibles leur permettent, entre autres, d'identifier les contaminants capables d'altérer la réponse hormonale chez des organismes vivants.



Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués



ÉCOTOXICOLOGIE

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

Claude Fortin | Biogéochimie des métaux
claud.fortin@ete.inrs.ca

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

Valérie Langlois | Écotoxicogénomique
valerie.langlois@ete.inrs.ca



LIMNOLOGIE

Jérôme Comte | Diversité et fonction microbienne
jerome.comte@ete.inrs.ca

Isabelle Lavoie | Biosuivi des écosystèmes d'eau douce
isabelle.lavoie@ete.inrs.ca

Isabelle Laurion | Eutrophisation et changements climatiques
isabelle.laurion@ete.inrs.ca

Quelques publications récentes

(Les noms des auteurs du Centre ETE sont en **gras**)

- **Comte J**, Culley A, Lovejoy C et Vincent WF (2018). Microbial connectivity and sorting in a High Arctic watershed. *ISME Journal*, 12: 2988-3000.
<http://dx.doi.org/10.1038/s41396-018-0236-4>
- Matveev, A, **Laurion I** et Vincent WF. (2018). Methane and carbon dioxide emissions from thermokarst lakes on mineral soils. *Arctic Science*, 4: 584-604.
<http://dx.doi.org/10.1139/AS-2017-0047>
- McDonnell D, Barry MN, **Baillon L**, **Wallace SJ**, Brown SR, Hodson PV et **Langlois VS** (2019). Comparative toxicity of two diluted bitumens to developing yellow perch (*Perca flavescens*). *Science of the Total Environment*, 655 : 977-985.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.199>
- Mocq J et **Hare L** (2018). Influence of acid mine drainage, and its remediation, on lakewater quality and benthic invertebrate communities. *Water Air & Soil Pollution*, 229: Art. 28.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11270-017-3671-3>
- Pandey LK, **Lavoie I**, Morin S, Depuydt S, Lyu J, Lee H, Jung J, Yeom D-H, Han T et Park J (2019). Towards a multi-bioassay-based index for toxicity assessment of fluvial waters. *Environmental Monitoring and Assessment*, 19: Art. 112.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10661-019-7234-5>
- **Ponton DE**, **Fortin C** et **Hare L** (2018). Organic selenium, selenate and selenite accumulation by lake plankton and the alga *Chlamydomonas reinhardtii* at different pH and sulfate concentrations. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37: 2112-2122.
<http://dx.doi.org/10.1002/etc.4158>
- **Urien N**, **Jacob S**, **Couture P** et **Campbell PGC** (2018). Cytosolic distribution of metals (Cd, Cu) and metalloids (As, Se) in livers and gonads of field-collected fish exposed to an environmental contamination gradient: An SEC-ICP-MS analysis. *Environments*, 5: Art. 102.
<http://dx.doi.org/10.3390/environments5090102>

Une diversité de partenaires de recherche

- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ)
- Environnement et Changement climatique Canada
- Fondation Saumon
- International Zinc Association
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec
- Pêches et Océans Canada
- Villes de Québec et Trois-Rivières

Hydrologie et télédétection

2018-2019

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

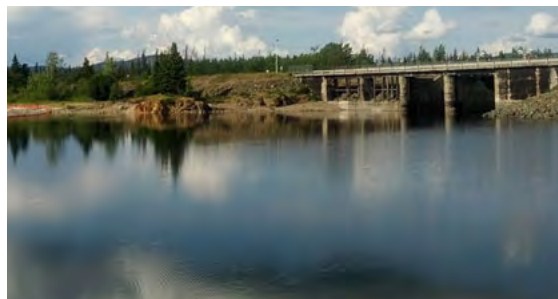
La gestion durable de cette ressource vitale est une priorité au Centre Eau Terre Environnement de l'INRS qui regroupe une importante concentration d'experts universitaires dans le domaine de l'eau.

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.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

De l'eau au bon niveau

La présence d'un barrage sur une rivière en modifie le débit et peut affecter la reproduction des poissons en raison des changements dans le volume, la température et le taux d'oxygène de l'eau. Pour minimiser ces impacts, il est possible de moduler le débit d'eau en aval du barrage durant la période de migration des poissons. Une équipe de l'INRS analyse les données hydrologiques, hydrographiques et thermiques récoltées sur une rivière de l'Ouest canadien et réalise des simulations en intégrant plusieurs scénarios. L'objectif est de créer des outils adaptés de prévision et de gestion pour les responsables de barrages.



Microplastiques, un fléau!

Les microplastiques sont aujourd'hui omniprésents dans les milieux aquatiques et l'eau que l'on boit. Cette pollution est d'une ampleur encore insoupçonnée il y a quelques années. On dénote un grand manque de connaissances scientifiques sur cette problématique. Un expert en télédétection de l'INRS et son équipe ont pour objectif de créer un outil intégrant la modélisation numérique et la télédétection pour détecter, mesurer et modéliser le devenir des microparticules (diamètre inférieur à 5 mm) de plastique dans les milieux aquatiques afin de combler certaines lacunes dans les connaissances.

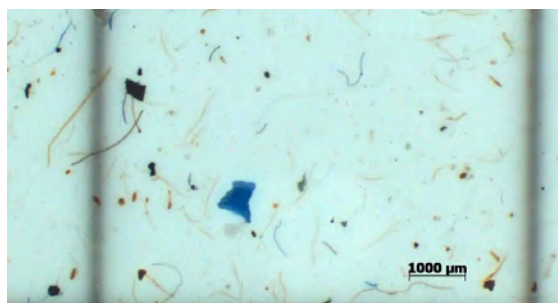


Photo : Vancouver Aquarium et CBC.CA

Prévoir les pluies du futur

Les changements climatiques ont des impacts sur les précipitations, en particulier sur leur distribution temporelle et sur la fréquence et l'intensité des événements extrêmes qui augmentent. Une équipe de l'INRS poursuit des recherches à long terme visant à développer des approches pour mieux caractériser les structures spatiotemporelles des précipitations et analyser les impacts des changements climatiques sur les précipitations et leurs extrêmes. À partir des plus récentes données et modèles climatiques, ils étudient comment les précipitations évolueront en climat futur. À terme, l'objectif est d'intégrer ces nouvelles connaissances aux méthodes actuelles de gestion du risque et de conception hydraulique.



Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués



HYDRAULIQUE ET SUIVI ENVIRONNEMENTAL

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 | Aquaresponsabilité municipale
jean-pierre.villeneuve@ete.inrs.ca



HYDROLOGIE STATISTIQUE

Fateh Chebana | Extrêmes météorologiques et climatiques
fateh.chebana@ete.inrs.ca

Taha B.M.J. Ouarda | Hydrométéorologie
taha.ouarda@ete.inrs.ca

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



HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE URBAINES

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

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



TÉLÉDÉTECTION

Monique Bernier | Suivi des ressources en eau
monique.bernier@ete.inrs.ca

Karem Chokmani | Géomatique de l'environnement
karem.chokmani@ete.inrs.ca

Saeid Homayouni** | Géomatique de l'environnement
saeid.homayouni@ete.inrs.ca

* Retraite en 2018

** Arrivée en 2019

Quelques publications récentes

(Les noms des auteurs du Centre ETE sont en gras)

- **Blanchette M, Rousseau AN, Foulon É, Savary S** et Poulin M (2019). What would have been the impacts of wetlands on low flow support and high flow attenuation under steady state land cover conditions? *Journal of Environmental Management*, 234: 448-457.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.095>
- Dugdale SJ, Curry AR, **St-Hilaire A** et Andrews SN (2018). Impact of future climate change on water temperature and thermal habitat for keystone fishes in the lower Saint John River, Canada. *Water Resources Management*, 32: 4853-4878.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11269-018-2057-7>
- **Frechette DM**, Dugdale SJ, Dodson JJ et **Bergeron NE** (2018). Understanding summertime thermal refuge use by adult Atlantic salmon using remote sensing, river temperature monitoring, and acoustic telemetry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 75: 1999-2010.
<http://dx.doi.org/10.1139/cjfas-2017-0422>
- **Gignac C, Bernier M** et **Chokmani K** (2019). ICEPAC - A probabilistic tool to study sea ice spatio-temporal dynamic: application to the Hudson Bay area, northeastern Canada. *Cryosphere*, 13: 451-468.
<http://dx.doi.org/10.5194/tc-13-451-2019>
- **Khedhaouiria D, Mailhot A** et Favre A-C (2018). Daily precipitation fields modeling across the Great Lakes region (Canada) by using the CFSR reanalysis. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 57: 2419-2438.
<http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-18-0019.1>
- Niazmardi S, **Homayouni S** et Safari A (2019). A computationally efficient multi-domain active learning method for crop mapping using satellite image time-series. *International Journal of Remote Sensing*, 40: 6383-6394.
<http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2019.1591648>
- **Ouellet M** et **Duchesne S** (2018). A method to consider replaced pipes in modeling of sewer pipe deterioration. *Urban Water Journal*, 15: 392-397.
<http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2018.1455883>
- **Requena AI, Ouarda TBMJ** et **Chebana F** (2018). Low-flow frequency analysis at ungauged sites based on regionally estimated streamflows. *Journal of Hydrology*, 563: 523-532.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.016>

Une diversité de partenaires de recherche

- Administration régionale Kativik
- Agence spatiale canadienne
- Commission mixte internationale
- Fédération canadienne des municipalités
- Gouvernement du Canada (Affaires autochtones et du Nord; Pêches et Océans)
- Gouvernement du Québec (Environnement et la Lutte contre les changements climatiques; Forêts, Faune et Parcs; Transports)
- Rio Tinto
- Ville de Québec

Sciences de la Terre

2018-2019

Exploitation minière, eau souterraine, érosion des côtes, gaz de schiste, géothermie : les géosciences sont très présentes dans l'actualité

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 sciences de la Terre au pays.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Climatiseur souterrain

La climatisation des bâtiments, en rejetant l'air chaud à l'extérieur, contribue au développement d'îlots de chaleur dans les villes. Une équipe de l'INRS propose une solution de refroidissement écoénergétique qui utilise l'eau souterraine pour climatiser plus efficacement les bâtiments en ville. Cette technique consomme 40 à 80 % moins d'énergie que les méthodes habituelles. Le projet de recherche, réalisé en collaboration avec Ressources naturelles Canada et le ministère de l'Environnement du Québec, évaluera les risques et déterminera les meilleures pratiques dans une optique de conservation des ressources en eau souterraine.



Photo : www.cwcs.co.uk via flickr (CC BY 2.0)

Or abitibien

Une équipe de géologues du CGQ étudie un dépôt en Abitibi dont la minéralisation volcanogène est riche en or. La typologie du minerai y contraste avec celle des autres zones minéralisées du secteur et la distribution de l'or y est compliquée par une déformation et un métamorphisme superposés. En améliorant les connaissances sur la métallogénie de l'or dans ce secteur à fort potentiel, le projet pourrait avoir des implications importantes pour l'exploration aurifère en Abitibi et ailleurs dans des ceintures de roches vertes archéennes. Les travaux pourront également contribuer à l'élaboration de meilleurs guides d'exploration minière.



Pollution en héritage

La rivière Saint-Charles est au cœur de la Ville de Québec. Le secteur de la rivière en amont du barrage à l'embouchure avec le fleuve était autrefois fortement industrialisé et les polluants se sont accumulés dans les sédiments. Une équipe de l'INRS et ses collaborateurs mènent un projet de recherche original croisant les informations historiques avec les analyses des sédiments afin de mieux comprendre quelles sont les sources de la pollution dans les sédiments de la rivière. Les connaissances obtenues serviront à la gestion des sédiments et l'aménagement des berges de la rivière par la Ville.



Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués



EAUX SOUTERRAINES

René Lefebvre | Hydrogéologie des ressources
rene.lefebvre@ete.inrs.ca

Richard Martel | Hydrogéologie des contaminants
richard.martel@ete.inrs.ca

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

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



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-Lafleche | Ressources minérales
marc.richer-lafleche@ete.inrs.ca

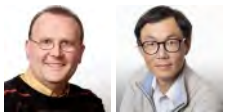
Pierre-Simon Ross | Volcanologie et géologie économique
pierre-simon.ross@ete.inrs.ca



GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE

Bernard Giroux | Outils géophysiques
bernard.giroux@ete.inrs.ca

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



SÉDIMENTOLOGIE

Pierre Francus | Paléoenvironnements
pierre.francus@ete.inrs.ca

Damien Pham Van Bang | Érosion et changements climatiques
damien.pham_van_bang@ete.inrs.ca

* Retraite en 2019

Quelques publications récentes

(Les noms des auteurs du Centre ETE sont en **gras**)

- **Beaudry C, Lefebvre R**, Rivard C et Cloutier V (2018). Conceptual model of regional groundwater flow in a fractured rock aquifer system based on hydrogeochemistry. *Canadian Water Resources Journal*, 43: 152-172. <http://dx.doi.org/10.1080/07011784.2018.1461579>
- **Bédard K, Comeau F-A, Raymond J, Malo M et Nasr M** (2018). Geothermal characterization of the St. Lawrence lowlands sedimentary basin, Québec, Canada. *Natural Resources Research*, 27: 479-502. <http://dx.doi.org/10.1007/s11053-017-9363-2>
- Cordier F, Tassi P, Claude N, Rodrigues S, Crosato A et **Pham Van Bang D** (2019). Numerical study of alternate bars in alluvial channels with non-uniform sediment. *Water Resources Research*, 55: 2976-3003. <http://dx.doi.org/10.1029/2017WR022420>
- **Debreil J-A, Ross P-S** et Mercier-Langevin P (2018). The Matagami district, Abitibi greenstone belt, Canada: volcanic controls on Archean volcanogenic massive sulfide deposits associated with voluminous felsic volcanism. *Economic Geology*, 113: 891-910. <http://dx.doi.org/10.5382/econgeo.2018.4575>
- **Gatel L**, Lauvernet C, Carlier N, Weill S, Tournabize J et **Paniconi C** (2019). Global evaluation and sensitivity analysis of a physically based flow and reactive transport model on a laboratory experiment. *Environmental Modelling & Software*, 113: 73-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.12.006>
- Jones AF, Turner JN, Daly SJ, **Francus P** et Edwards RJ (2019). Signal-to-noise ratios, instrument parameters and repeatability of Itrax XRF core scan measurements of floodplain sediments. *Quaternary International*, 514: 44-54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2018.09.006>
- **Martel R, Castellazzi P, Gloaguen E, Trépanier L** et Garfias J (2018). ERT, GPR, InSAR, and tracer tests to characterize karst aquifer systems under urban areas: The case of Quebec City. *Geomorphology*, 310: 45-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.03.003>
- McLeod JB, Ferguson IJ, Craven J, Roberts B et **Giroux B** (2018). Pre-injection magnetotelluric surveys at the Aquistore CO₂ sequestration site, Estevan, Saskatchewan, Canada. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 74: 99-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijggc.2018.04.024>

Une diversité de partenaires de recherche

- ArcelorMittal
- Biokinetics
- Gouvernement du Yukon
- Mines Agnico Eagle
- Gouvernement du Canada (Défense nationale; Ressources naturelles)
- Gouvernement du Québec (Énergie et Ressources naturelles; Environnement et Lutte contre les changements climatiques; Transports)
- Société Asbestos
- Ville de Québec

Nouveaux projets de l'année des chercheurs du Centre (responsables et collaborateurs à l'INRS)

ASSAINISSEMENT ET VALORISATION

Assainissement et décontamination

- Captage, utilisation et stockage du CO₂ dans des résidus miniers (resp. : Louis-César Pasquier; financ. via UBC : Ressources naturelles Canada - Programme de croissance propre au sein des secteurs des ressources naturelles)
- Développement de tests et d'expertise concernant la gestion des écumes d'aluminium et du Sérox sur le site de Bécancour (resp. : Guy Mercier; coll. : J.-F. Blais, L.-C. Pasquier; financ. : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec)
- Développement d'un procédé hybride pour la décontamination et la réutilisation des eaux résiduaires de buanderies commerciales (resp. : Patrick Drogui; coll. : R. D. Tyagi; financ. : CRSNG - Subvention de recherche et développement coopératifs, Groupe VEOS)
- Étalonnage portant sur la performance des stations d'épuration des eaux usées de la Ville de Québec (resp. : Jean-François Blais; financ. : Vérificateur général de la Ville de Québec)
- Étude d'évaluation d'une unité d'électrocoagulation conçue pour le traitement des eaux contaminées par des résidus ferreux et d'engrais (resp. : Patrick Drogui; financ. : Sanexen Services environnementaux)
- Injection de mousse générée *in situ* pour le lavage de sols contaminés (resp. : Richard Martel; financ. : Mitacs - Programme Accélération)
- Matériaux contaminés, développement d'un traitement sur site par des méthodes physicochimiques et réaction d'oxydoréduction (resp. : Louis-César Pasquier; coll. : J.-F. Blais, G. Mercier; financ. : CRSNG - Subvention de recherche et développement coopératifs, Métox)
- Purification et concentration par filtration membranaire du LiOH présent dans le catholyte produit par la cellule électrolytique (resp. : Jean-François Blais; coll. : P. Drogui, G. Mercier; financ. : Nemaska Lithium)
- Technologies vertes/avancées de décontamination et assainissement décentralisé des eaux résiduaires (resp. : Patrick Drogui; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)
- Traitement du lisier porcin par séparation solide/liquide et distillation azéotropique (resp. : Jean-François Blais; financ. : CRSNG - Subvention d'engagement partenarial)

Bioconversion de biomasses

- Biomolécules actives d'intérêt pharmaceutique et alimentaire par fermentation de substrats agroalimentaires émergents (resp. : Satinder Kaur Brar; financ. : FRQNT - Projet de recherche en équipe)
- Production de bioplastiques à partir de matières résiduelles de l'industrie papetière et développement de bioproduits (resp. : Rajeshwar Dyal Tyagi; coll. : J.-F. Blais, P. Drogui; financ. : Consortium de recherche et innovation en bioprocédés industriels au Québec)

- Production de l'enzyme lipase à partir de déchets et son utilisation pour la synthèse de l'éthyl lactate (resp. : Satinder Kaur Brar; financ. : Ministère des Relations internationales et de la Francophonie du Québec - Coopération Québec-Singapour)
- Production de polyhydroxyalcanoates (bioplastiques), extraction et récupération des protéines à partir de boues activées d'eaux usées de papeteries comme matière de base (resp. : Rajeshwar Dyal Tyagi; coll. : J.-F. Blais, P. Drogui; financ. : CRSNG - Subvention de recherche et développement coopératifs)
- Technologie d'ozonolyse pulsée pour améliorer la production de molécules plateformes à base de lignine (resp. : Satinder Kaur Brar; financ. : CRSNG - Subvention d'engagement partenarial)

Valorisation des résidus

- Développement d'une filière hydrométallurgique complète de valorisation des métaux et éléments de terres rares présents dans les déchets électroniques non triés (resp. : Jean-François Blais; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)
- Évaluation de la solubilisation de métaux par oxydation de minéraux contenant des terres rares à l'aide de bactéries (resp. : Jean-François Blais; financ. : Ressources naturelles Canada)
- Pôle de recherche industriel : génie des procédés pour le traitement et la valorisation des déchets agro-industriels (resp. : Patrick Drogui; coll. : R. D. Tyagi; financ. : Centre de recherches pour le développement international)
- Production d'un sel de métal, le MgO via la séquestration du CO₂ à la cheminée de grands émetteurs et l'expérimentation sur un prototype (resp. : Louis-César Pasquier; coll. : J.-F. Blais, G. Mercier; financ. : Consortium de recherche et d'innovation en transformation métallique, CRSNG - Subvention de recherche et développement coopératifs, Sigma Devtech)

BIOGÉOCHIMIE AQUATIQUE

Écotoxicologie

- Biodisponibilité des métaux chez les producteurs primaires en milieu aquatique (resp. : Claude Fortin; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)
- Caractérisation des microorganismes présents dans des sédiments d'eau douce le long d'un gradient de pollution par des hydrocarbures pétroliers (resp. : Jérôme Comte; financ. : Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec)
- Chaire de recherche du Canada en écotoxicogénomique et perturbation endocrinienne (resp. : Valérie Langlois; financ. : Secrétariat des Chaires de recherche du Canada)
- Effets des cytostatiques sur les poissons d'eau douce (resp. : Valérie Langlois; financ. : Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec)

- Étude des effets du *Bacillus thuringiensis* variété *israelensis* sur des espèces d'amphibiens québécois (resp. : Valérie Langlois; financ. : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec)
- Évaluation du potentiel de toxicité d'un effluent issu d'un procédé novateur d'extraction du lithium (resp. : Patrice Couture; financ. : CRSNG - Subvention d'engagement partenarial)
- Laboratoire en écotoxicogénomique et perturbation endocrinienne (resp. : Valérie Langlois; financ. : Fondation canadienne pour l'innovation, Gouv. du Québec, INRS)
- Mise au point d'une technologie de dépistage pour prédire les impacts de déversements de pétrole sur la faune aquatique et étude de la restauration d'un lac suite à un déversement contrôlé de pétrole (resp. : Valérie Langlois; financ. : CRSNG - Subvention d'engagement partenarial, Mitacs - Programme Accélération)
- Mise en place d'outils de mesure des effets endocriniens de rejets industriels et municipaux (resp. : Valérie Langlois; financ. : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec - Plan d'action 2018-2023 de la Stratégie québécoise de l'eau)
- Mobilité terrestre-aquatique d'éléments technologiques cruciaux dans un environnement en évolution au Canada (resp. : Claude Fortin; financ. : CRSNG - Subvention de projets stratégiques, Environnement et Changement climatique Canada)
- Revue de littérature sur les outils de mesure des effets endocriniens de rejets industriels ou municipaux (resp. : Valérie Langlois; financ. : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec)
- Vers la restauration et la protection des habitats du poisson affectés par l'activité minière en milieu nordique : focus sur le bassin-versant de la rivière Caniapiscaw (resp. : Patrice Couture; financ. : Environnement et Changement climatique Canada - Fonds pour dommages à l'environnement)

Limnologie

- Accès à de l'eau potable de qualité dans un environnement arctique en évolution (resp. : Jérôme Comte; coll. : I. Laurion; financ. : Gouv. du Canada - Fonds Nouvelles frontières en recherche - Volet Exploration)
- Améliorer la gestion et la protection des approvisionnements en eau potable et leur développement durable en milieu urbain (resp. : Isabelle Lavoie; financ. : CRSNG - Subvention de recherche et développement coopératifs, Villes de Québec et Trois-Rivières)
- Infrastructure de pointe pour la recherche et la formation en microbiologie aquatique (resp. : Jérôme Comte; coll. : I. Lavoie; financ. : Fondation canadienne pour l'Innovation, Gouv. du Québec, INRS)
- Programme de formation de leaders en développement durable de l'eau et des bassins versants (resp. : Valérie Langlois; financ. via U. Queen's : CRSNG - Programme FONCER)
- Qualité des ressources à la base du réseau trophique et flux d'énergie entre niveaux trophiques à l'interface biofilm-consommateur : réponse des écosystèmes aquatiques aux stress environnementaux (resp. : Isabelle Lavoie; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle et supplément tremplin vers la découverte)
- Scénarios de biodiversité aquatique et services écosystémiques dans un environnement arctique en évolution (resp. : Isabelle Lavoie; financ. : FRQNT - Programme de recherche internationale sur la biodiversité)

GÉOMATIQUE ET TÉLÉDÉTECTION

Géomatique environnementale

- Application de l'outil de gestion et d'analyse du risque d'inondation (GARI) sur la section québécoise de la rivière Richelieu (resp. : Karem Chokmani; financ. : Ministère de la Sécurité publique du Québec)
- Développement d'un nouvel outil pour modéliser le devenir des microplastiques dans les milieux aquatiques (resp. : Saeid Homayouni; coll. : Karem Chokmani; financ. : Conseil national de recherches du Canada - Programme d'idéation Fonds Nouveaux débuts)
- Évaluation du risque d'inondation dans un contexte de changement climatique (resp. : Karem Chokmani; financ. : Fédération canadienne des municipalités)

Télédétection environnementale

- Calibrage du simulateur de croissance STICS pour l'estimation de la biomasse et des rendements du maïs à l'échelle régionale par intégration d'imagerie radar à ouverture de synthèse satellite (resp. : Karem Chokmani; financ. : Agence spatiale canadienne)
- Détection automatique des doryphores de la pomme de terre en utilisant l'imagerie RVB à ultra haute résolution acquise par drone (resp. : Karem Chokmani; financ. : Mitacs - Programme Accélération)
- Développement de modèles multi-capteurs pour le suivi de la turbidité issue des effluents miniers de la région de Schefferville (resp. : Karem Chokmani; financ. : Mitacs - Programme Accélération)
- Développement d'une version mobile du site web CAIMAN (resp. : Monique Bernier; financ. : Administration régionale Kativik)
- Évaluer par télédétection satellitaire la présence possible d'anciennes déformations de terrain (resp. : Monique Bernier; financ. : Ministère des Transports du Québec)
- Mise à jour de l'algorithme de cartographie de glace IceMAP-R en vue de la constellation RADARSAT (resp. : Monique Bernier; financ. : Ministère de la Sécurité publique du Québec - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques)
- Mise en place d'un système de suivi par télédétection satellitaire des mouvements de terrain dans les sols argileux du Québec (resp. : Monique Bernier; financ. : Ministère de la Sécurité publique du Québec - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques; part. : Ministère des Transports du Québec)
- Preuve de principe de l'utilisation de la télédétection afin de mesurer le carbone organique dissous pour l'évaluation des risques associés au cuivre (resp. : Karem Chokmani; financ. via U. Wilfrid-Laurier : CRSNG - Subvention de recherche et développement coopératifs, International Copper Association)
- Suivi des glaces de mer à Deception Bay, Salluit et Kangiqsujaq (resp. : Monique Bernier; financ. : Mine Raglan/Glencore; part. : Administration régionale Kativik)
- Suivi des sentiers à Deception Bay, Salluit et Kangiqsujaq (resp. : Monique Bernier; financ. : Affaires autochtones et du Nord Canada - Programme de surveillance du climat dans les collectivités autochtones; part. : Administration régionale Kativik)

HYDROLOGIE

Habitat du poisson

- Adaptation des pratiques de gestion d'infrastructures hydrauliques afin de minimiser les impacts sur les poissons et leur habitat sur la rivière Nechako (C.-B.) (resp. : André St-Hilaire; financ. : Consortium Ouranos, CRSNG - Subvention de recherche et développement coopératifs, Rio Tinto)
- Analyse historique du lien entre les méthodes de gestion de la pêche au saumon et les populations de saumons des rivières St-Jean, York et Dartmouth (resp. : Normand Bergeron; financ. : Société de gestion des rivières de Gaspé)
- Analyse des relations poissons-habitat à l'échelle de la rivière (resp. : Normand Bergeron; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)
- Analyse régionale de la température de l'eau sur les rivières à saumon (resp. : André St-Hilaire; coll. : N. Bergeron, T.M.B.J. Ouarda, INRS; financ. : Pêches et Océans Canada)
- Caractérisation des variables abiotiques et de l'hydrodynamique près des sites de fraie du touladi dans le lac Témiscouata (resp. : André St-Hilaire; financ. : Mitacs - Programme Accélération)
- Développement d'un indice de qualité d'habitat (IQH) pour l'omble chevalier (resp. : André St-Hilaire; financ. : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec)

Hydraulique urbaine

- Analyse comparative d'algorithmes de calcul de balancement hydraulique de réseaux de distribution d'eau potable (resp. : Sophie Duchesne; financ. : CRSNG - Subvention d'engagement partenarial)
- Application d'une stratégie prédictive globale de contrôle en temps réel pour améliorer la performance des bassins de rétention des eaux pluviales dans la prévention des inondations (resp. : Sophie Duchesne; financ. : Mitacs)
- Élaboration d'un programme de suivi des ouvrages de gestion des eaux de ruissellement du bassin versant du lac Saint-Charles à Québec (resp. : Alain Mailhot; financ. : Mitacs - Programme Accélération)
- Évaluation du potentiel du rinçage à l'air automatisé des conduites de distribution d'eau potable (resp. : Sophie Duchesne; financ. : Mitacs - Programme Accélération, Nordikeau)
- Outils et modèles pour la gestion hydraulique améliorée des réseaux de distribution d'eau potable (resp. : Sophie Duchesne; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)

Hydrologie environnementale

- Analyse régionale et modélisation de la température de l'eau en rivière (resp. : André St-Hilaire; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)
- Bilan des nutriments (phosphore, azote) et évaluation de scénarios d'assainissement de leurs sources sur la qualité de l'eau du lac Saint-Charles (resp. : Alain Rousseau; financ. : Mitacs - Programme Élévation, Ville de Québec)
- Développement d'outils de modélisation hydrologique pour appuyer le développement durable et l'adaptation aux changements climatiques (resp. : Alain Rousseau; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)

- Étude de la CMP (crue maximale probable) de baie d'Espoir (resp. : Alain Rousseau; financ. : Hatch)
- Évaluation globale de la prise en charge de la problématique du surplus de nutriments et des éclosions de cyanobactéries (resp. : Alain Rousseau; financ. : Commission mixte internationale)
- Impacts des inondations sur l'agriculture dans le bassin du lac Champlain et de la rivière Richelieu et développement d'indicateurs de performance (resp. : Alain Rousseau; financ. : Commission mixte internationale)
- Intégration de scénarios de climats futurs dans la planification de la conservation et de la restauration de milieux humides dans un but de protection de la ressource en eau de la Ville de Québec (resp. : Alain Rousseau; financ. : Consortium Ouranos, Mitacs - Programme Accélération, OBV de la Capitale, Ville de Québec)
- Modèle d'interventions localisées en conservation des sols organiques (resp. : Alain Rousseau; financ. via U. Laval : CRSNG - Subvention de recherche et développement coopératifs)
- Planification d'ensemble des travaux du point de vue hydrologique et hydraulique (resp. : Alain Rousseau; financ. : Municipalité régionale de comté)
- Réduction du temps de calcul et volume de stockage du modèle Hydrotel (resp. : Alain Rousseau; financ. : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec)
- Réseau de recherche sur la gestion des risques liés aux inondations dans un contexte de changements climatiques (resp. : Taha B.M.J. Ouarda; financ. via UQAM: FRQNT - Réseau Gestion des risques liés aux inondations)
- Simulation des processus hydrologiques et évaluation fonctionnelle des milieux humides du bassin de la rivière Nenjiang (resp. : Alain Rousseau; financ. via Chinese Academy of Sciences : National Natural Science Foundation of China)
- Validation et traitement des mesures de température de l'eau des rivières du réseau de surveillance des projets benthos (resp. : André St-Hilaire; financ. : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques)

Hydroclimatologie statistique

- Analyse fréquentielle des crues des bassins versants désignés par la MRC pour une gestion intégrée des risques d'inondations et une cartographie des zones inondables (resp. : Taha B.M.J. Ouarda; financ. : Municipalité régionale de comté)
- Analyse fréquentielle des débits de crue de la rivière Richelieu, du niveau d'inondation du lac Champlain et des apports nets au bassin de la rivière Richelieu (resp. : Taha B.M.J. Ouarda; financ. : Commission mixte internationale)
- Approches pour estimer les débits journaliers aux traverses de cours d'eau par des infrastructures linéaires (resp. : Taha B.M.J. Ouarda; financ. : CRSNG - Subvention d'engagement partenarial)
- Chaire de recherche du Canada en hydroclimatologie statistique (resp. : Taha B.M.J. Ouarda; financ. : Secrétariat des Chaires de recherche du Canada)

- Événements simples et multiples de précipitation aux échelles journalières et sous-journalières en climat historique et futur (resp. : Alain Mailhot; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)
- Prévion des événements hydrologiques extrêmes aux sites jaugés et non jaugés en contexte de changements climatiques (resp. : Taha B.M.J. Ouarda; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)
- Risque hydrologique avec approches statistiques avancées (resp. : Fateh Chebana; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)
- Seuils d'alertes sanitaires pour l'adaptation aux changements climatiques : Modèles de vulnérabilités spatiales et comportements lors d'alertes (resp. : Taha B.M.J. Ouarda; financ. : FRQSC - Programme intersectoriel Audace)

SCIENCES DE LA TERRE

Analyses par tomodesitométrie

- Abaznodali8wdi : la route des paniers; histoire et cartographie de la pratique de la vannerie chez les W8banakiak entre 1500 et aujourd'hui (resp. : Pierre Francus; financ. : CRSH - Subventions de développement SAVOIR)
- Caractérisation par tomodesitométrie de l'impact de projectiles d'explosifs improvisés (resp. : Pierre Francus; financ. : Biokinetics, Recherche et Développement pour la Défense Canada)

Environnements géologiques et ressources naturelles

- Contrôles primaires et structuraux principaux sur la nature et la distribution de l'or dans la lentille minéralisée LZ-5, camp minier Doyon-Bousquet-LaRonde, Abitibi, Québec (resp. : Pierre-Simon Ross; coll. : P. Mercier-Langevin, CGC; financ. : Mines Agnico Eagle)
- Est-ce que Vénus est une exoplanète typique de la taille de la Terre? Comparaison entre Vénus et la Terre archéenne (resp. : Lyal Harris; coll. : J. Bédard, CGC; financ. via U. London)
- Modélisation numérique de la tectonique archéenne (resp. : Lyal Harris; coll. : J. Bédard, CGC; financ. via Istanbul Technical U.)
- Rôle des structures profondes sur la minéralisation en Au orogéniques et Ni-Cu-EGP-Cr magmatique dans la province du Supérieur (resp. : Lyal Harris; coll. : E. Gloaguen; financ. : Ressources naturelles Canada - Initiative géoscientifique ciblé)
- Travaux de géologie et géochimie dans le feuillet SNRC 35G11, Domaine Nord, Orogène de l'Ungava, Nunavik, Québec (resp. : Pierre-Simon Ross; financ. : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec)

Géophysique

- Apport de l'intelligence artificielle pour la détection de la sismicité induite par l'activité minière (resp : Bernard Giroux; coll. : E. Gloaguen; financ. : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec)
- Monitoring d'instabilité de falaise par sismique passive (resp : Bernard Giroux; financ. : ArcelorMittal, CRSNG - Subvention de recherche et développement coopératifs)

Hydrogéologie et géothermie

- Cartographie du potentiel géothermique de la communauté nordique de Whapmagoostui-Kuujuarapik, Nunavik, Québec (resp. : Jasmin Raymond; financ. : CIMA+, CRSNG - Subvention d'engagement partenarial)
- Développement de méthodologies d'analyse des données du Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ) (resp. : René Lefebvre; coll. : Daniel Paradis, CGC; financ. : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques)
- Évaluation du potentiel géothermique des mines désaffectées à Thetford Mines (resp. : Jasmin Raymond; financ. : Ministère de l'Économie et de l'Innovation - Programme Innovation, Société Asbestos)
- Développement d'un prototype pour des tests d'injection de chaleur oscillatoire et pour évaluer la capacité thermique lors de la conception de pompes à chaleur géothermiques (resp. : Jasmin Raymond; financ. : CRSNG - Programme de l'Idée à l'Innovation)
- Franchir les obstacles pour un développement énergétique durable de l'Arctique grâce au stockage thermique (resp. : Jasmin Raymond; financ. : Gouv. du Canada - Fonds Nouvelles frontières en recherche - Volet Exploration)
- Les aquifères, une infrastructure naturelle pour le refroidissement écoénergétique (resp. : Jasmin Raymond; coll. : J. Comte, R. Lefebvre et S. Van Neste, INRS, G. Bordeleau, M. Parent et C. Rivard, CGC; financ. : CRSNG - Soutien à l'avancement de la recherche sur les changements climatiques au Canada)
- Modélisation géothermique au puits de surveillance Takhini (resp. : Jasmin Raymond; financ. : Gouv. du Yukon)

Sédimentologie

- Dynamique des écosystèmes lacustres dans quatre écozones de l'Est canadien au cours des 150 dernières années : une approche « mégadonnées » (resp. : Pierre Francus; financ. via U. McGill : FRQNT - Projet de recherche en équipe)
- Dynamiques spatio-temporelles des contaminations anthropiques au sein des sédiments de la rivière Saint-Charles à Québec (resp. : Pierre Francus; coll. : C. Fortin, INRS, J. Ahad, CGC; financ. : Réseau du Québec maritime - Programme Odyssée Saint-Laurent, Ville de Québec)
- Impact de vagues sur un mur vertical (resp. : Damien Pham Van Bang; financ. : Ministère des Relations internationales et de la Francophonie du Québec - Coopération Québec-Kyoto)
- Interaction entre un mur de protection côtière et le transport sédimentaire : affouillements locaux au pied et abaissement global de la plage (resp. : Damien Pham Van Bang; financ. : Ministère des Transports du Québec - Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques)
- Lois d'érosion et de consolidation de sédiments cohésifs (resp. : Damien Pham Van Bang; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle)
- Révéler les secrets des sédiments varvés : du microtomodesitomètre au climat (resp. : Pierre Francus; financ. : CRSNG - Subvention à la découverte individuelle et supplément en recherche nordique)

Les publications

Publications des membres

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 : espace.inrs.ca

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 Erudit.

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

4-22 juin 2018 : École d'été du programme CRSNG-FONCER en Technologies environnementales de décontamination et gestion intégrée des eaux et effluents résiduels (TEDGIEER).

13 juin 2018 : Atelier intitulé « Big Data et bioindicateurs » tenu au Centre en marge du colloque annuel du Chapitre St-Laurent.

13-17 août 2018 : 20^e édition du Congrès international de sédimentologie (ISC) tenu à Québec et coorganisé par le professeur Pierre Francus.

20 septembre 2018 : Atelier sur le traitement des eaux en milieu nordique tenu au Centre dans le cadre du programme TEDGIEER.

28 novembre 2018 : 3^e journée de la science de l'Institut nordique du Québec tenue au Centre et coorganisée par le professeur Jasmin Raymond.

23 avril 2019 : Assemblée annuelle du partenariat constituant le Centre géoscientifique de Québec entre l'INRS et la Commission géologique du Canada.



Équipe de Jasmin Raymond (3^e à partir de la gauche) avec des participants de la journée de la science de l'Institut nordique du Québec.

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.

En mai 2018, Mitra Naghdi, doctorante avec S.K. Brar, a obtenu le 2^e prix de la meilleure présentation orale au 32^e congrès de l'Association canadienne sur la qualité de l'eau de l'Est du Canada (ACQE). Dany Roy, doctorant avec P. Drogui, a reçu une bourse dans le cadre du concours d'affiches scientifiques organisé par l'Association pour la prévention de la contamination de l'air et du sol (ACPAS). Jérémie Boudreault, étudiant à la maîtrise avec F. Chebana, s'est classé 2^e au concours de bourses de l'Association canadienne des ressources hydriques (ACRH).

En juin, Mafala Miranda, doctorante avec J. Raymond, était l'une des six étudiants lauréats du concours « Mon projet nordique » de l'Institut nordique du Québec qui ont été invités à présenter leur projet en Islande à l'Arctic Circle. Une autre doctorante, Sarah Wallace avec V. Langlois, a obtenu un prix et une bourse pour sa présentation orale lors du 23^e congrès annuel du Laurentian Chapter de la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Hachem Agili, diplômé au doctorat avec K. Chokmani, a reçu le prix d'excellence aux diplômés lors de la 14th International Conference on Precision Agriculture (ICPA).

En octobre, Caroline Doose, doctorante avec C. Fortin, a obtenu le prix de la meilleure communication orale par un étudiant au doctorat ou stagiaire postdoctoral lors d'un atelier tenu dans le cadre du Forum Santé, Environnement & Molécules.

En novembre, Javier Fernández Reynes, doctorant avec G. Mercier, a remporté le second prix au doctorat du « Défi de la recherche en géosciences » tenu dans le cadre du congrès Québec Mines + Énergie.

En février 2019, trois doctorantes de l'équipe de V. Langlois ont remporté les honneurs à la 33rd Gananoque Environmental Sciences and Engineering Conference (photo de droite) : Sarah Wallace pour la meilleure thèse en 180 secondes, Julie Robitaille pour la meilleure affiche et Paisley Thomson pour la meilleure présentation orale. Rajwinder Kaur, doctorante avec R.D. Tyagi, a elle aussi reçu le prix de la meilleure présentation orale dans la catégorie *Biosolids and Bioenergy* au 54^e Central Canadian Symposium on Water Quality Research.

En mars, deux étudiants à la maîtrise, Brayden St-Pierre (équipe de M. Malo) et Émile Boily-Auclair (équipe de P. Mercier-Langevin, CGC) ont terminé en 3^e position du prestigieux concours *Prospect Generator Challenge* s'adressant aux jeunes géologues et organisé dans le cadre du congrès international Prospector & Developers Association of Canada (PDAC). Lors de la 20^e édition de la Journée des sciences de la Terre et de l'environnement (JSTE), trois étudiants de l'INRS se sont démarqués. Rajwinder Kaur, doctorante avec R.D. Tyagi, a obtenu le premier prix dans la catégorie Sciences de l'environnement pour sa présentation orale. Le 2^e prix pour une affiche scientifique a été remis à Benjamin Latutrie, doctorant avec P.-S. Ross, et le 2^e prix pour une présentation orale dans la catégorie Hydrogéologie et sciences de l'eau a été remis à Ronan Abhervé, étudiant à la maîtrise avec R. Lefebvre.

En mai, lors de la collation des grades 2018-2019 de l'INRS, plusieurs diplômés du Centre se sont distingués :

- Prix pour la meilleure thèse de doctorat : Marc Laurencelle en sciences de la Terre sous la direction de René Lefebvre.
- Prix pour le meilleur mémoire de maîtrise : Maria Isabel Velez Marquez en sciences de la Terre sous la direction de Jasmin Raymond.
- Prix pour l'innovation et prix du leadership étudiant : Charles Gignac, diplômé au doctorat en sciences de l'eau. Celui de l'innovation pour la création avec des collègues de l'application Go-Explo valorisant des richesses du fleuve Saint-Laurent. Celui du leadership pour ses quatre années comme président de l'association étudiante.
- Prix du rayonnement international : François Lapointe, diplômé en sciences de la Terre, pour ses nombreuses présentations à l'international.

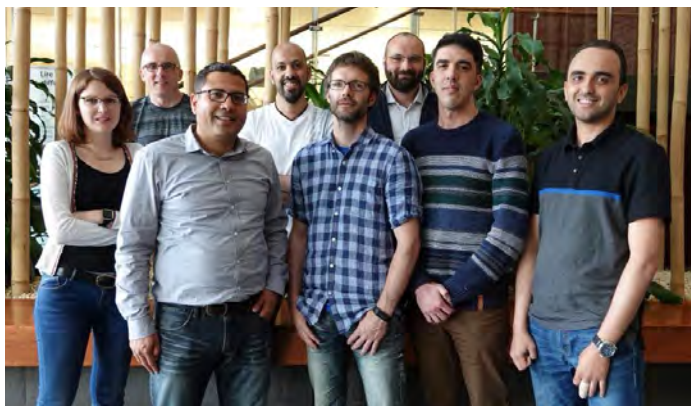
Les professeurs du Centre ne sont pas en reste, plusieurs ayant reçu des reconnaissances prestigieuses en cours d'année.

Au printemps 2018, l'associé de recherche Sébastien Raymond a été reconnu comme « Professeur étoile » par l'Université Laval. Lors de la remise des prix Planète de l'INRS en juin, la professeure retraitée Aicha Achab a obtenu le prix « Planète Bâtisseur » pour la création des deux partenariats majeurs du Centre en géosciences, l'un avec la Commission géologique du Canada et l'autre avec le département de géologie et génie géologique de l'Université Laval. Le professeur Jean-Pierre Villeneuve a pour sa part été décoré de l'insigne de Chevalier de l'Ordre national du Québec pour sa qualité de gestionnaire universitaire et ses activités de recherche sur la gestion de la ressource en eau.



Équipe de Valérie Langlois (à droite) avec leurs prix reçus à Gananoque.

À l'automne 2018, la professeure Valérie Langlois a été honorée par l'Université d'Ottawa qui lui a remis le prix d'excellence « Jeune diplômée » soulignant une contribution remarquable dans son domaine d'activité ou sa communauté. L'équipe du professeur Rajeshwar Dayal Tyagi a reçu la médaille d'argent de la catégorie Percées en recherche et en développement de l'International Water Association (IWA) pour ses travaux sur la conversion de déchets en biodiésel. Enfin, l'équipe du professeur Karem Chokmani a récolté les honneurs lors de la grande finale du défi AquaHacking grâce à son application E-nundation qui permet de prédire les inondations, d'aider à coordonner la réponse et d'en réduire les impacts.



Équipe de Karem Chokmani (à gauche de la rangée avant) ayant contribué à développer l'application E-nundation.

L'effort de vulgarisation

De façon régulière, les membres du Centre contribuent à des articles dans les médias dans leur domaine de spécialité.

Certains projets de recherche ont été le sujet d'articles de vulgarisation dans les médias écrits. Par exemple, les travaux de l'équipe de Karem Chokmani dans la lutte au doryphore de la pomme de terre à l'aide de drones et de l'intelligence artificielle ont fait l'objet d'un article dans le média *La Terre de chez-nous*. Un autre exemple est le projet de l'équipe de Rajeshwar Dayal Tyagi sur la production de bioplastique à partir de déchets d'usines de pâtes et de papiers qui a fait l'objet d'un article sur Unpointcinq, un média web d'action climatique au Québec. Les travaux de l'équipe de Claude Fortin sur la toxicité des éléments des terres rares dans l'environnement sont un autre exemple de recherches qui ont fait l'objet d'un article cette fois-ci dans le journal *Le Soleil*.

Les membres du Centre ont également été présents par des entrevues et reportages sur le web, à la radio et à la télévision en cours d'année.

À la télévision, en mai 2018, le logiciel GARI développé par l'équipe de Karem Chokmani a été présenté dans le cadre d'un reportage sur les inondations à l'émission *Découverte* de Radio-Canada. À l'automne, la chaîne locale CCAP.tv a présenté une série de reportages sur le lac Saint-Charles dans lesquels sont intervenus plusieurs étudiants et professeurs du Centre.

À la radio, en mai 2018, le professeur Pierre-Simon Ross a été interviewé lors de l'éruption d'un volcan à Hawaï. À l'automne, le professeur Jasmin Raymond a présenté son nouveau laboratoire de géothermie à l'émission du matin de Radio-Canada. Une membre de son équipe, la doctorante Mafalda Miranda, a également participé à une émission radio sur la géothermie nordique à CHOQ.ca. Marie-Ève Jean, une doctorante de l'équipe de Sophie Duchesne, a quant à elle participé à deux émissions de vulgarisation sur leurs travaux de recherche à *Futur simple* (CKRL) et *Moteur de recherche* (Radio-Canada).

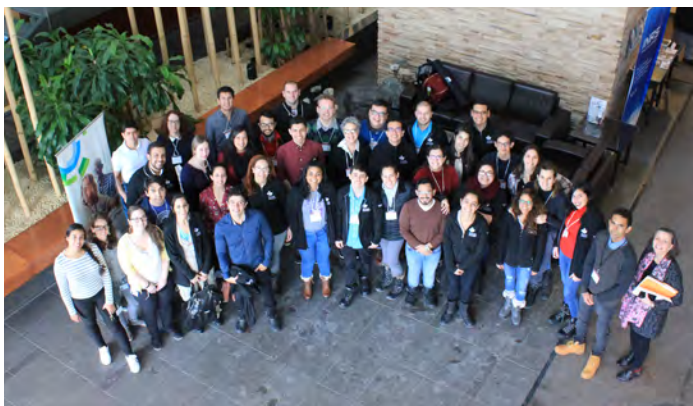
Sur le web, l'équipe du canal hydraulique, dont le professeur Damien Pham Van Bang est responsable, a participé à un reportage vidéo de Savoir.media dont le thème était « Construire sur un sol inondable ».



Kiosque de l'équipe d'Erwan Gloaguen (debout au centre) lors des journées éducatives du congrès Québec Mines + Énergie

Sur le plan des activités de vulgarisation, l'année a été bien remplie. À l'automne 2018, deux événements importants ont eu lieu. Le 3 novembre, le Centre a tenu des portes ouvertes pour faire connaître ses travaux de recherche auprès de futurs étudiants et stagiaires. Du 18 au 22 novembre ont eu lieu les journées Découverte du congrès Québec Mines + Énergie auxquelles plusieurs membres du Centre ont participé en animant des kiosques pour les jeunes et en donnant des conférences pour le grand public.

Plusieurs événements ont aussi eu lieu au cours de l'hiver 2019. Le 18 février, le Centre a accueilli une importante délégation d'étudiants du Programme des futurs leaders dans les Amériques provenant de 11 pays d'Amérique latine et des Caraïbes pour un survol de nos recherches et de nos laboratoires. Le 23 février a eu lieu la journée Les filles et les sciences visant à faire connaître aux adolescentes de la région les professions scientifiques et technologiques. Plusieurs étudiants et surtout étudiantes du Centre y participent chaque année. Enfin, le 20 mars a eu lieu la finale institutionnelle du concours Ma thèse en 180 secondes/*Three Minute Thesis* dans lequel les doctorants doivent relever le défi de présenter leur thèse en 3 minutes top chrono. Sarah Goubet, doctorante dans l'équipe d'Isabelle Laurion, a remporté la finale francophone.



Visiteurs du Programme des futurs leaders dans les Amériques.

Les programmes d'études

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

Des programmes de 2^e et 3^e cycles 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 de recherche.

Quatre parcours de bidiplomation sont également offerts en collaboration avec un institut marocain, deux universités françaises et une université d'Islande.

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

Cheminements bidiplômants

- Maîtrise en sciences de l'eau INRS – ISHÉDD (Institut supérieur des hautes études en développement durable)
- Maîtrise en écotoxicologie aquatique INRS – Université de Bordeaux
- Maîtrise en géoingénierie et environnement INRS – Université de Rennes 1
- Maîtrise en énergie renouvelable INRS – Université de Reykjavik

Troisième cycle

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

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/etudier/stages-postdoctoraux

Stages d'été au Centre :

www.stages.ete.inrs.ca



Journée étudiante inter-centres de l'INRS à l'automne 2018.

Professeurs-chercheurs

Normand E. Bergeron
Monique Bernier
Jean-François Blais
Satinder Kaur Brar
Fateh Chebana
Karem Chokmani
Jérôme Comte
Patrice Couture
Patrick Drogui
Sophie Duchesne
Claude Fortin
Pierre Francus
Bernard Giroux
Erwan Gloaguen
Landis Hare
Lyal Harris
Saeid Homayouni
Valérie Langlois
Isabelle Laurion
Isabelle Lavoie
René Lefebvre
Alain Mailhot
Richard Martel
Taha B.M.J. Ouarda
Claudio Paniconi
Louis-César Pasquier
Damien Pham Van Bang
Jasmin Raymond
Marc Richer-Lafleche
Pierre-Simon Ross
Alain N. Rousseau
André St-Hilaire
Rajeshwar Dayal Tyagi
Jean-Pierre Villeneuve

Professeurs émérites

Bernard Bobée
Peter G.C. Campbell
Georges Drapeau

Professeurs honoraires

Mario Bergeron
Charles Gobeil
Yves Gratton
Pierre Lafrance
Michel Malo
Guy Mercier
Yves Secretan
André Tessier

Professeurs associés

Aïcha Achab (retraîtée), INRS
Jason M.E. Ahad, Commission géologique du Canada, bureau de Québec (CGC-Québec)
Sonia Arriaga Garcia, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT, Mexique)
Patrick Athéba, Université Félix-Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)
Jean-Christian Auclair (retraité), INRS
Antonio Avalos Ramirez, Centre national en électrochimie et en technologies environnementales (CNETE)
Simon Barnabé, UQTR
Jean H. Bédard, CGC-Québec
Christian Bégin, CGC-Québec
Mohamed Ali Ben Alaya, University of Victoria
Simon Besner, Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ)
Daniela Blessent, Universidad de Medellín (Colombie)
Pierre Blier, UQAR
Marie-Amélie Boucher, UQAC
Gérardo Buelna, Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)
Daniel Caissie, Pêches et Océans Canada
Athyna Cambouris, Agriculture et Agroalimentaire Canada
Céline Campagna, Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ)
Sébastien Castonguay, CGC-Québec
Maximiliano Cledon, Centre of Applied Research and Technological Transfer (CIMAS, Argentine)
Louise Corriveau, CGC-Québec
Lucie Coudert, UQAT
Catherine Couillard, Pêches et Océans Canada
Simon Courteney, University of Waterloo
Jean-Pierre Dedieu, Centre national de la recherche scientifique (CNRS, France)
Mélanie Desrosiers, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec (MELCC)
Gregory Dipple, University of British Columbia
Bernard Doyon, Cégep F.X. Garneau
Benoît Dubé, CGC-Québec
Mathieu J. Duchesne, CGC-Québec
Salah-Eddine El Adlouni, Université de Moncton
Amro M. Farid, Thayer School of Engineering at Dartmouth (É.-U.)
Anne-Catherine Favre, École nationale supérieure de l'énergie, l'eau et l'environnement (ENSE3, France)
Jean-Pierre Fortin (retraité), INRS
Jaime Max Gárfias Soliz, Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA, Mexique)
Pierre Gosselin, INSPQ
Nicolas Gruyer, MELCC
Carl Guilmette, Université Laval
Sylvio J. Gumiere, Université Laval
Yasser Hamdi, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN, France)
Alexis Hannart, Consortium Ouranos
Michel Houlié, CGC-Québec
David Huard, Consortium Ouranos
Maria Iliuta, Université Laval
Amélie Janin, Yukon Research Centre
Sandra Kentish, University of Melbourne (Australie)
Azadeh Kermanshahi, Dalhousie University
Inas Khayal, Dartmouth Institute (É.-U.)
Andreas Langousis, Masdar Institute of Science and Technology (Émirats Arabes Unis)
Isabelle Larocque, L.A.K.E.S Institute (Suisse)

Denis Lavoie, CGC-Québec
Yann Le Bihan, CRIQ
Séverine Le Faucheur, Université de Genève (Suisse)
Céline Le Pichon, Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA, France)
Michel Leclerc (retraité), INRS
Sinh Lequoc (retraité), INRS
Philippe Maillard, Universidade Federal de Minas Gerais (Brésil)
Yvon Maranda (retraité), MELCC
Prashanth Marpu, Masdar Institute of Science and Technology (Émirats Arabes Unis)
Patrick Mercier-Langevin, CGC-Québec
Yves Michaud, CGC-Québec
Marie Minville, IREQ
Annalisa Molini, Masdar Institute of Science and Technology (Émirats Arabes Unis)
Jean-Louis Morel, Université de Lorraine (France)
Jean Morin, Environnement et Changement climatique Canada
Miroslav B. Nastev, CGC-Québec
Carmen Neculita, UQAT
Daniel Paradis, CGC-Québec
Michel A. Parent, CGC-Québec
Geneviève Pelletier, Université Laval
Didier Perret, CGC-Québec
Reinhard Pienitz, Université Laval
Nicolas Pinet, CGC-Québec
Annie Poulin, École de technologie supérieure
Monique Poulin, Université Laval
Milla Rautio, UQAC
Nicolas Reynier, Ressources naturelles Canada
John F. V. Riva (retraité), INRS
Christine Rivard, CGC-Québec
Alfonso Rivera, CGC-Québec
Maïkel Rosabal Rodriguez, UQAM
René Roy, Consortium Ouranos
Fabiola Sandoval Savas, Instituto Tecnológico Superior de Perote (ITSPE, Mexique)
Martine M. Savard, CGC-Québec
Marie-Odile Simonnot, Université de Lorraine (France)
Alain Soucy (retraité), INRS
Rao Y. Surampalli, Global Institute for Energy, Environment and Sustainability (GIEES, É.-U.)
Sonia Thiboutot, Recherche et développement pour la défense - Centre de recherches de Valcartier
Gaële Triffault, MELCC
Richard Turcotte, MELCC
Dajana Vuckovic, Concordia University
Fathiha Zidane Busson (retraitée), Université Hassan II (Maroc)

Professeurs et chercheurs invités

Philippe Després, Université Laval
Mélanie Dionne, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec
Daniel Fortier, Université de Montréal
Soizic Morin, IRSTEA (France)
José R. Valéro (retraité), Service canadien des forêts
Warwick F. Vincent, Université Laval

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 du Centre 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.

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.

L'ensemble de ces infrastructures appuie la recherche fondamentale et appliquée liée à l'hydrologie, les sciences de la Terre, la biogéochimie aquatique, 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.

Les **laboratoires de recherche** sont localisés sur le campus urbain de l'Université du Québec au centre-ville de Québec. Ils comprennent un laboratoire général et plusieurs laboratoires spécialisés ainsi que des salles de microscopie et de préparation des échantillons. Le Centre dispose notamment d'une salle blanche de classe 1000 incluant un espace de travail de classe 100 et de salles environnementales pour des expériences à température contrôlée. On retrouve dans ces laboratoires 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.



Laboratoires LISTE au parc technologique



Station de recherche CIRSA au Saguenay

LABORATOIRES DE RECHERCHE

Ces laboratoires 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).

RESPONSABLE DES LABORATOIRES :

Stéfane Prémont, 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 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. Il est également possible d'effectuer des mesures de la susceptibilité magnétique.



| Scanographie 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.

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.



| Microscopie électronique à balayage (MEB)

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE:

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

ete.inrs.ca/giras

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 recherches portent 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. 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



| 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

Écotoxicogénomique

Améliorer la compréhension des effets des contaminants chez les organismes vivants

Le laboratoire en écotoxicogénomique et perturbation endocrinienne (LEPE) regroupe l'expertise, les connaissances, l'infrastructure et l'instrumentation nécessaires pour tester les effets des contaminants sur la santé des organismes vivants. Les expériences se font en laboratoire, en microcosme, en mésocosme et sur le terrain. L'équipe développe des biomarqueurs uniques pour chaque espèce visée afin de comprendre et valider les mécanismes d'action des contaminants. Le groupe est également spécialisé dans l'étude des perturbateurs endocriniens et possède, entre autres, des lignées cellulaires ultra-sensibles qui permettent d'identifier les contaminants capables d'altérer la réponse hormonale.



| Salle environnementale multifonctionnelle

Ce laboratoire possède une composante bio-informatique en génomique avec une série de logiciels pour analyser de grandes bases de données. La composante laboratoire comprend un ensemble d'instruments dédiés à la biologie moléculaire et cellulaire. La composante expérimentale inclut, entre autres, des salles environnementales multifonctionnelles, des incubateurs/couveuses automatiques et une hotte cellulaire avec incubateur à CO₂. L'équipe profite également de l'accès à la station de recherche CIRSA de l'INRS.

RESPONSABLE DU LABORATOIRE :

Valérie Langlois, valerie.langlois@ete.inrs.ca

Géothermie

Améliorer la compréhension des phénomènes souterrains de transfert de chaleur et d'écoulement pour diminuer les risques technologiques

Le laboratoire sert à mesurer les propriétés thermiques et hydrauliques des matériaux géologiques. Il comprend un scanneur infrarouge, un compteur de flux de chaleur, un perméamètre et porosimètre combiné et des appareils de coupe spécialisés. Ces équipements sont complémentaires au tomodensitomètre de l'INRS et peuvent être mis en commun pour combiner les techniques de scanographie infrarouge et aux rayons X, une première pour un laboratoire en géothermie. Les nouvelles connaissances serviront entre autres à valoriser les environnements favorables aux systèmes géothermiques superficiels et profonds, améliorer la conception des composantes souterraines des systèmes géothermiques et développer des technologies géothermiques plus compétitives.



| Une partie des équipements du laboratoire ouvert de géothermie

L'accès au laboratoire est géré dans un mode ouvert, inspiré des logiciels libres. L'utilisateur peut effectuer lui-même ses analyses gratuitement en échange d'une divulgation de ses résultats qui seront consignés dans une base de données disponible sur le web.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE : **Jasmin Raymond**, jasmin.raymond@ete.inrs.ca

GESTIONNAIRE : **Félix-Antoine Comeau**, felix-antoine.comeau@ete.inrs.ca

log.ete.inrs.ca

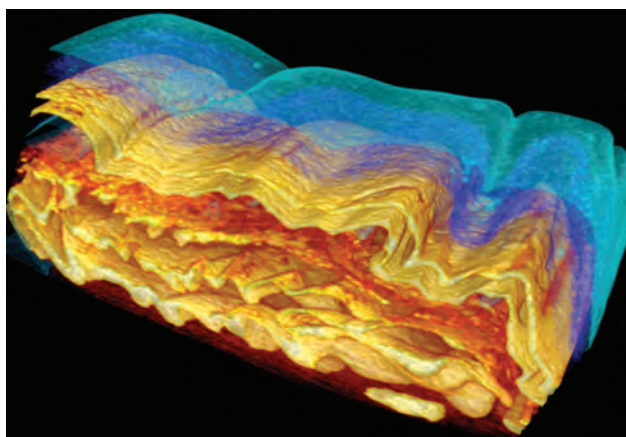
Géodynamique

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 tomodensitométrie 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 :

- o 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.
- o 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).
- o 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 des phénomènes environnementaux dans un contexte de changements climatiques

L'équipe de recherche en Téledétection Environnementale et NORdique (TENOR) travaille au développement et à l'application d'approches numériques et à l'élaboration d'outils d'analyse et d'aide à la décision applicables à divers contextes en faisant appel notamment à l'hydro-informatique, la géomatique et la téledétection. Les domaines d'expertise principaux sont la modélisation de l'aléa et la gestion du risque, le suivi environnemental en milieu nordique et éloigné, le suivi de la qualité des eaux de surface, l'estimation stochastique des variables hydrologiques, l'agriculture de précision et la géomatique agricole, l'utilisation des drones pour le suivi environnemental, le développement d'outils pédagogiques en sciences, l'instrumentation et les mesures de terrain.

Au sein de l'équipe, le laboratoire de Téledétection Environnementale par Drones (TED) comprend différents types de drones et une large gamme de capteurs : deux caméras hyperspectrales (400-1700 nm), une caméra infrarouge thermique, une caméra multispectrale à filtres interchangeable et un appareil photo numérique. L'équipe TENOR dispose également d'un laboratoire informatique équipé de logiciels spécialisés en traitement d'images et en géomatique, ainsi que l'instrumentation terrain (géoradar, carottiers de neige et de glace, capteurs hydrométéorologiques, etc.) nécessaire au développement et à la validation des algorithmes.



Drone de type multirotor du laboratoire TED



Drone de type hélicoptère du laboratoire TED

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES :

Équipe TENOR

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

Laboratoire TED et équipe TENOR

Karem Chokmani, karem.chokmani@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 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 :

- 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 :

Damien Pham Van Bang, damien.pham_van_bang@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

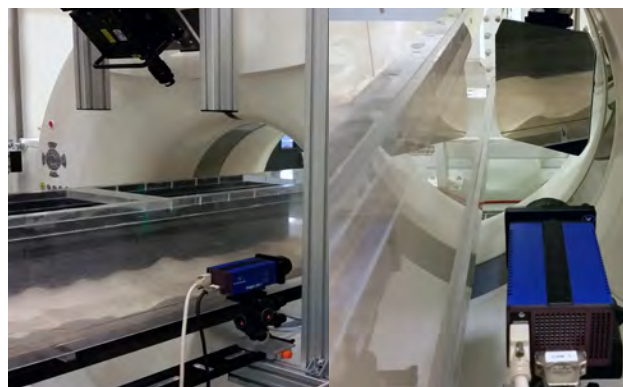
L'infrastructure est composée d'un tomodensitomètre **Siemens SOMATOM Definition AS+ 128**, d'une unité de traitement et de stockage des données, d'un laboratoire de sédimentologie et d'appareils d'hydraulique, de biosédimentologie et d'hydrologie. L'ampleur de cette infrastructure est unique au Canada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



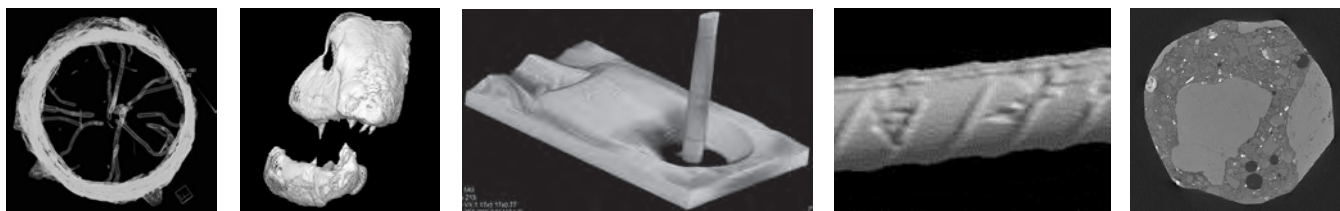
Tomodensitomètre SOMATOM Definition AS+ 128

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 courantmètre, 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.



Mesures de PIV

Les champs d'application de cet équipement d'une grande précision sont multiples et extrêmement variés : génie maritime (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 (structure 3D d'alliages), pétrographie (analyse de carottes de roches) et archéologie (structure interne de pièces métalliques).



Exemples d'images réalisées avec le tomodensitomètre : terriers de longicorne dans du bois, fossile de poisson, érosion autour d'un pilier, tige de béton corrodée, pâte de ciment

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES :

Pierre Francus, pierre.francus@ete.inrs.ca | **Damien Pham Van Bang**, damien.pham_van_bang@ete.inrs.ca

GESTIONNAIRES :

Louis-Frédéric Daigle, louis-frederic.daigle@ete.inrs.ca | **Mathieu Des Roches**, mathieu.des_roches@ete.inrs.ca

ctscan.ete.inrs.ca

Biotechnologies environnementales

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.



Bioréacteurs de 2000 et 150 L dans un des deux laboratoires de fermentation

Deux hydrolyseurs d'une capacité respective de 150 L et 2000 L 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 L.

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)
- Séchoir atomiseur (production de particules solides)
- Lyophilisateur

L'installation comprend également une chambre à environnement contrôlé de classe 100 (production d'inocula, entreposage des souches, contrôle de la qualité et caractérisation des produits microbiens purifiés). Elle est complétée par un laboratoire analytique complet équipé, entre autres, d'appareils GC-MS et LC-MS-MS et d'un cytofluoromètre.



Centrifugeuse en continu

CHEF DES OPÉRATIONS :
Mathieu Drouin, mathieu.drouin@ete.inrs.ca

lbe.ete.inrs.ca

Assainissement et décontamination

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

Ce laboratoire possède une usine mobile qui permet de tester des technologies d'assainissement directement sur le site d'où provient l'effluent, le sol contaminé ou le gaz à traiter. L'usine est aménagée dans une remorque spécialement conçue 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.



Remorque servant d'usine mobile



Décanteurs lamellaires avec instrumentation



Laboratoire d'expérimentation à environnement contrôlé



Montage de séquestration du CO_2 par carbonatation minérale

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

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES :

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

Louis-César Pasquier, louis-cesar.pasquier@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 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 un de type préindustriel (100-150 L)
- Deux réacteurs d'électrocoagulation/électrofloculation de type laboratoire et un de type préindustriel
- Bioréacteur à membrane de type laboratoire (4-6 L) et une de type préindustriel (100-150 L)
- Unités de traitement membranaire allant de la microfiltration à l'osmose inverse

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



Équipements du LEEPO pour expérimentation préindustrielle

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

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

leeco.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 mesure 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 pour caractériser les aquifères sur le terrain et les modéliser de façon 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 pour les sondages par enfoncement (pénétration au cône) dans les dépôts meubles, et une autre munie d'un marteau hydraulique pour les sondages par rotopercussion jusqu'à 50 m dans le roc et les dépôts meubles selon les conditions.



Foreuse Geotech sur le terrain

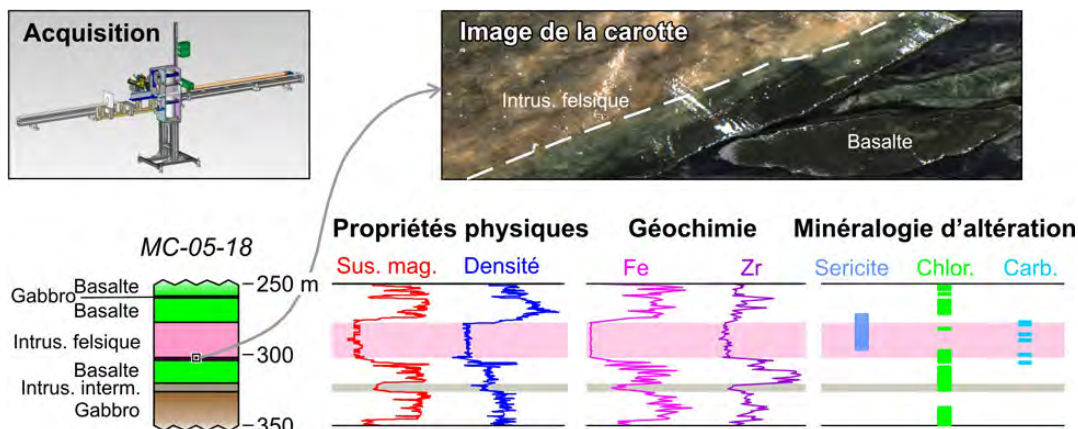
RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :

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

Caractérisation des roches

Mesures non destructives à haute résolution de paramètres physiques, minéralogiques et chimiques de 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 avec les techniques suivantes :

- Tomographie géoélectrique : imagerie du Quaternaire et du socle rocheux jusqu'à 800 m
- Levé audiomagnétotellurique : imagerie géoélectrique du socle rocheux jusqu'à 2000 m
- Induction électromagnétique : mesures de la conductivité électrique des matériaux géologiques
- Levé gravimétrique : mesures terrestres ou sur glace pour 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

