

CENTRE EAU TERRE ENVIRONNEMENT

Rapport d'activités **2020-2021**



Institut national
de la recherche
scientifique

INRS.CA

Rapport annuel du 1^{er} mai 2020 au 30 avril 2021

Disponible en format électronique : inrs.ca/linrs/planification-strategique/rapports-dactivite-annuels/

Rédaction et mise en page

Mathilde Renaud

Révision

Jean-Daniel Bourgault

Crédits photo

Jason Ahad, Paschale Bégin, Claude Bélanger, Laëtitia Boudaud, Denis Chalifour, Véronique Dubos, Dany Dumont, Pierre Francus, Majid Gholami, Yvon Héroux, Josée Lecompte, Dan David Ngoyo Mandemvo, Antoine Nicault, Pierre-Simon Ross, Solugen, André St-Hilaire, Jacob Stolle, Amélie Thériault, Jean-Michel Thériault

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.inrs.ca

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 la relève en recherche. 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 membres un milieu de recherche innovant centré sur les besoins de la société québécoise.

L'INRS est composé de quatre centres multidisciplinaires :

- **Eau Terre Environnement (Québec)**
- Énergie Matériaux Télécommunications (Varenes et Montréal)
- Armand-Frappier Santé Biotechnologie (Laval)
- Urbanisation Culture Société (Montréal et Québec)

Centre Eau Terre Environnement

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 six axes de recherche : géomatique et télédétection; écologie, écotoxicologie et génomique environnementale; hydroclimatologie; technologies environnementales; géologie et ressources géologiques; géosciences environnementales.

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 rapport d'activités du Centre Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique pour l'année 2020-2021.

Cette année de pandémie mondiale a été hors du commun sous plusieurs aspects. Nous avons vécu une fermeture soudaine de l'INRS, le télétravail pour tous, l'enseignement à distance, la reprise graduelle des activités de recherche et un début de retour dans les bureaux. Tous les membres du Centre ont su faire preuve d'une grande capacité d'adaptation afin de poursuivre notre mission 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 malgré tout riche en retombées.

Citons d'abord la présentation d'une nouvelle programmation scientifique pour le Centre comprenant six grands axes de recherche : géomatique et télédétection; écologie, écotoxicologie et génomique environnementale; hydroclimatologie; technologies environnementales; géologie et ressources géologiques; géosciences environnementales. Il y a eu aussi par exemple le financement du Centre d'innovation de technologies avancées et d'assainissement décentralisé des effluents liquides (CITADEL) et d'un important projet de recherche sur la contamination des sources d'eau potable à Madagascar. En toute fin d'année, une nouvelle directrice pour le Centre a été nommée, Louise Hénault-Ethier, une spécialiste des entotechnologies.

Le présent rapport se veut un survol des réalisations du Centre Eau Terre Environnement pour l'année 2020-2021. Les succès obtenus malgré les conditions difficiles sont le résultat de la contribution exceptionnelle de tous les membres, corps professoral, étudiantes et étudiants, stagiaires, personnels de recherche, de laboratoire et de soutien, ainsi que les membres associés, notamment ceux de la Commission géologique du Canada avec qui nous cohabitons.

Nous adressons de sincères remerciements à tous nos membres et à nos collaborateurs et les encourageons à poursuivre leur excellent travail.

André St-Hilaire, directeur par intérim





Géomatique et télédétection

2020-2021

La thématique de recherche en **observation de la terre et utilisation de l'intelligence artificielle à des fins environnementales** est en pleine expansion au Centre Eau Terre Environnement. Les avancées technologiques, la diversification des capteurs et l'accès à une très grande quantité de données augmentent les besoins de nouvelles méthodes d'analyse et de traitement. Ces outils ayant des applications dans une grande variété de domaines, d'autres équipes de recherche sont mises à contribution pour faire avancer la recherche appliquée. Le Centre possède également une expérience nordique bien établie.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Gestion de la pêche sportive

La ville de Gaspé est une destination de pêche de renommée internationale grâce à la présence de trois rivières à saumons : York, Dartmouth et Saint-Jean. La Société de gestion des rivières de Gaspé (SGRG) est un organisme à but non lucratif qui gère la pêche sportive sur ces rivières. Un projet de recherche de l'INRS en collaboration avec la SGRG vise une meilleure caractérisation des habitats du saumon atlantique, une espèce dont la pêche sportive a une grande valeur économique en Gaspésie et dans les Maritimes. Des méthodes géomatiques à la fine pointe de la technologie seront utilisées pour produire une cartographie semi-automatisée, précise et à jour, des habitats de ces trois rivières. Cette nouvelle cartographie permettra de mieux évaluer le potentiel de production de ces rivières et ainsi de mieux en gérer l'exploitation par la pêche sportive.



Agriculture de précision

La culture de la pomme de terre nécessite de grandes quantités d'eau et est très sensible à la fertilisation azotée. Il s'agit d'une culture relativement difficile en raison des nombreuses mauvaises herbes et des effets des variations dans les caractéristiques du sol. Dans les dernières années, la télédétection hyperspectrale et multispectrale par drone a démontré son utilité pour le suivi de la croissance des cultures en tenant compte de la variabilité spatiale du champ. Ce projet de recherche vise à développer un système d'aide à la décision (SAD) basé sur l'imagerie par drone et des algorithmes d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle pour la culture de la pomme de terre. L'objectif de ce SAD est d'optimiser, entre autres, l'application de fertilisants azotés, le déclenchement de l'irrigation, la quantification des besoins en eau et le suivi des mauvaises herbes afin de faire des gains tant sur le plan économique qu'environnemental.



Photo : [Annie Spratt](#) sur [Unsplash](#)

Révolution technologique

La télédétection optique et radar fournit des images et des données multitemporelles, multispectrales et multifréquences de haute résolution spatiale. Ces données exceptionnelles présentent à la fois des opportunités et des défis. Quatre révolutions technologiques bouleversent la recherche en observation de la Terre : les données massives, l'informatique haute performance en nuage, la technologie *open source*, et l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique (IA/AA). Un changement de paradigme est en cours sur les plans technologique et analytique. Ces technologies innovantes permettent de relever de nouveaux défis environnementaux. Depuis quelques années, une équipe de l'INRS collabore avec d'autres chercheurs dans le but de produire la première carte d'inventaire des terres humides du Canada à une résolution spatiale de 10 m en analysant les observations satellitaires optiques et radars par des algorithmes d'IA/AA sur la plateforme infonuagique de Google Earth Engine®.



Chercheurs de la thématique



NORMAND E. BERGERON

Géomorphologie et habitat fluvial
normand.bergeron@inrs.ca



KAREM CHOKMANI

Télé-détection et hydrologie
karem.chokmani@inrs.ca



SAEID HOMAYOUNI

Télé-détection et géomatique
environnementale
saeid.homayouni@inrs.ca



TAHA B.M.J. OUARDA

Hydrométéorologie statistique
taha.ouarda@inrs.ca



ALAIN N. ROUSSEAU

Modélisation hydrologique
alain.rousseau@inrs.ca



ANDRÉ ST-HILAIRE

Hydrologie et thermie en rivière
andre.st-hilaire@inrs.ca

Quelques publications récentes

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

- **Dufour-Beauséjour S, Bernier M, Simon J, Homayouni S**, Gilbert V, **Gauthier Y**, Tuniq J, Wendleder A et Roth A (2021). Tenuous correlation between snow depth or sea ice thickness and C- or X-Band backscattering in Nunavik Fjords of the Hudson Strait. *Remote Sensing*, 13 (4): Art. 768.
<https://doi.org/10.3390/rs13040768>
- **Lajili A**, Cambouris AN, **Chokmani K**, Duchemin M, Perron I, Zearth BJ, Biswas A et Adamchuck VI (2021). Analysis of four delineation methods to identify potential management zones in a commercial potato field in Eastern Canada. *Agronomy*, 11 (3): Art. 432.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11030432>
- Mahdianpari M, Brisco B, Granger JE, Mohammadimanesh F, Salehi B, Banks B, **Homayouni S**, Bourgeau-Chavez L et Weng Q (2020). The second generation Canadian Wetland Inventory Map at 10 meters resolution using Google Earth engine. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 46 (3): 360-375.
<https://doi.org/10.1080/07038992.2020.1802584>
- **Ratté-Fortin C, Chokmani K** et **Laurion I** (2020). Spatiotemporal variability in phytoplankton bloom phenology in Eastern Canadian Lakes related to physiographic, morphologic, and climatic drivers. *Environments*, 7 (10): Art. 77.
<http://dx.doi.org/10.3390/environments7100077>
- Yavari A, **Homayouni S, Oubennaceur K** et **Chokmani K** (2020). Flood inundation modeling in ungauged basins using Unmanned Aerial Vehicles imagery. *Earth Observation and Geomatics Engineering*, 4 (1): 44-45.
<http://dx.doi.org/10.22059/eoge.2020.297824.1075>

Écologie, écotoxicologie et génomique environnementale

2020-2021

La thématique de recherche au Centre Eau Terre Environnement englobe le **fonctionnement et la santé des écosystèmes, les services écologiques, ainsi que la résilience et l'adaptation aux perturbations environnementales anthropiques pour lesquels les outils génomiques et écotoxicologiques sont mis à profit**. Les recherches se font à tous les niveaux des réseaux trophiques, des microorganismes aux vertébrés et à leurs habitats. Les changements climatiques et les contaminants émergents par exemple nécessitent de nouvelles approches pour suivre et évaluer leurs effets sur les organismes vivants et les écosystèmes.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Contaminant = métaux

Dans le cadre du projet multidisciplinaire MiraNor qui appuie par la recherche le développement durable du Nord québécois, une équipe de l'INRS en écotoxicologie examine les impacts de l'activité minière sur l'habitat, la contamination et la santé des poissons dans le contexte des changements climatiques. Les travaux sur le terrain sont réalisés en collaboration avec les communautés autochtones concernées. La contamination de lacs affectés par l'activité minière à Schefferville et à Fermont a été analysée. Certains métaux ont été détectés en concentration plus élevée dans ces lacs que dans les sites de référence, ce qui est préoccupant pour la santé des poissons. Ce projet étudie également en laboratoire la tolérance de certains poissons à l'exposition aux métaux en fonction de la température de l'eau. Ces nouvelles connaissances serviront aux gestionnaires des ressources ainsi qu'aux communautés nordiques.



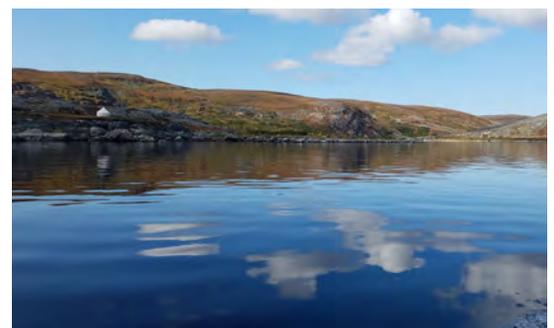
Contaminant = bitume

Le pétrole extrait des sables bitumineux de l'Alberta est très visqueux. Il doit être dilué avant de pouvoir être transporté par oléoduc. Une fois dilué, ce bitume moins visqueux est nommé « dilbit ». Lors de déversements accidentels, le comportement du *dilbit* dans le sol et l'eau souterraine n'est pas connu contrairement au pétrole brut conventionnel. L'objectif du projet de l'INRS en collaboration avec la Commission géologique du Canada est de déterminer les caractéristiques géochimiques et la toxicité résultante du *dilbit* dans le sol et l'eau souterraine. Des expériences de déversement de *dilbit* dans des colonnes de sol ont été réalisées en laboratoire en comparant avec du pétrole brut conventionnel. Les composantes toxiques résultantes ont été mesurées dans le sol et le lixiviat. La toxicité aquatique a été évaluée à l'aide d'analyses d'embryotoxicité chez une espèce de poisson.



Réchauffement du nord

Les changements climatiques affectent les milieux aquatiques du Nord en causant une augmentation de la température de l'eau et un brunissement lié au transfert accru de matière organique. Ces changements affectent la qualité des habitats pour les poissons. Ce projet examine l'évolution de la température et du contenu en oxygène des lacs et rivières en réponse aux changements climatiques. L'omble chevalier et le touladi jouent un rôle clé pour la sécurité alimentaire des communautés nordiques, mais il y a très peu d'information sur la qualité de leurs habitats qui risquent d'être modifiés par les changements climatiques. Ce projet cherche à combler ces lacunes en combinant la modélisation aux suivis sur le terrain. La modélisation des conditions oxythermiques permettra également d'obtenir une estimation plus juste des émissions de GES par les milieux aquatiques nordiques puisque celles-ci dépendent en grande partie de la température et du contenu en oxygène de l'eau.



Chercheurs et chercheuses de la thématique



JÉRÔME COMTE

Diversité et fonction microbiennes
jerome.comte@inrs.ca



PATRICE COUTURE

Écotoxicologie
patrice.couture@inrs.ca



CLAUDE FORTIN

Biogéochimie des métaux
claud.fortin@inrs.ca



VALÉRIE LANGLOIS

Écotoxicogénomique
valerie.langlois@inrs.ca



ISABELLE LAURION

Écologie aquatique et bio-optique
isabelle.laurion@inrs.ca



ISABELLE LAVOIE

Biosuivi des écosystèmes d'eau
douce
isabelle.lavoie@inrs.ca

Quelques publications récentes

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

- **Fadhlaoui M, Laderriere V, Lavoie I et Fortin C** (2020). Influence of temperature and nickel on algal biofilm fatty acid composition. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39 (8): 1566-1577. <http://dx.doi.org/10.1002/etc.4741>
- **Langlois VS** (2021). Amphibian toxicology: A rich but underappreciated model for ecotoxicology research. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 80 (4): 661-662. <https://doi.org/10.1007/s00244-021-00844-0>
- Liu F, Tan Q-G, Weiss D, Crémazy A, **Fortin C** et **Campbell PGC** (2020). Unravelling metal speciation in the microenvironment surrounding phytoplankton cells to improve predictions of metal bioavailability. *Environmental Science & Technology*, 54 (13): 8177-8185. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.9b07773>
- **Preskienis V, Laurion I, Bouchard F**, Douglas PMJ, Billet MF, Fortier D et Xu X (2021). Seasonal patterns in greenhouse gas emissions from lakes and ponds in a High Arctic polygonal landscape. *Limnology and Oceanography*, 66 (S1): S117-S141. <http://dx.doi.org/10.1002/lno.11660>
- Ryskie S, Neculita CM, Rosa É, Coudert L et **Couture P** (2021). Active treatment of contaminants of emerging concern in cold mine water using advanced oxidation and membrane-related processes: A review. *Minerals*, 11 (3): Art. 259. <http://dx.doi.org/10.3390/min11030259>
- Timlick L, Peters LE, **Wallace SJ**, Dettman H, Brown SR, Mason J, **Langlois VS** et Palace VP (2020). Effects of environmentally relevant residual levels of diluted bitumen on wild fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105 : 699-704. <http://dx.doi.org/10.1007/s00128-020-03008-3>



Hydroclimatologie

2020-2021

La thématique de recherche en **modélisation des aléas naturels et de leurs impacts sur la ressource en eau douce et les enjeux côtiers en contexte de changements climatiques** est d'importance majeure au Centre Eau Terre Environnement. L'approvisionnement et la gestion des eaux de surface et souterraine et l'aménagement du territoire en lien avec les ressources hydriques (hydroélectricité, eau potable, irrigation, eaux pluviales, cartographie des zones inondables) sont étudiés. La modélisation numérique et physique en laboratoire sert également à développer des approches pour limiter les impacts de l'érosion côtière.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Alerte météo

Au Québec, on note une hausse des hospitalisations et de la mortalité par temps très froid. Une équipe de l'INRS en hydroclimatologie statistique a développé dans les dernières années un système d'alerte actuellement utilisé au Québec lors de vagues de chaleur. Le but du présent projet est de concevoir un système d'alerte similaire pour les vagues de froid. Grâce aux données historiques, l'équipe a pu déterminer deux seuils de température qui déclencheraient une alerte afin de prévenir les autorités de la santé. Ces seuils varient en fonction de la région et de la période (jour/nuit) et sont différents pour un excès de mortalité ou d'hospitalisations. Le système d'alerte se base sur les prévisions d'Environnement Canada et tient compte de leur fiabilité. Le délai entre l'exposition au froid et les impacts sanitaires observés est également pris en considération.



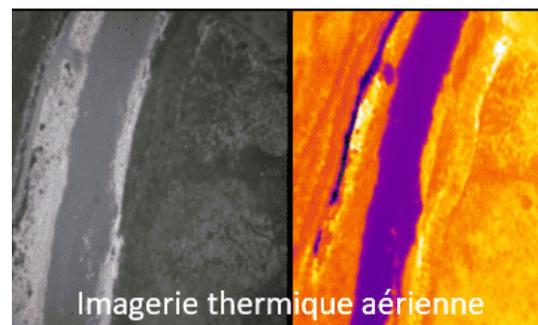
Halte aux eaux pluviales

L'imperméabilisation des surfaces due à l'urbanisation et les changements climatiques sont responsables d'une augmentation de la contamination et de la variabilité des débits des eaux de ruissellement. Dans les milieux aquatiques récepteurs, on observe une augmentation de la température de l'eau, des matières en suspension et des contaminants ainsi qu'une plus grande variabilité des débits. L'habitat du poisson s'en trouve dégradé. Des ouvrages de contrôle à la source des eaux pluviales permettent de réduire le ruissellement vers les cours d'eau et d'en améliorer la qualité. L'objectif du projet est d'étudier l'impact de ces ouvrages sur la protection de l'habitat du poisson. Des données seront récoltées dans deux municipalités et serviront à développer des modèles mathématiques pour évaluer comment et dans quelle mesure ces ouvrages de contrôle à la source des eaux pluviales peuvent réduire au maximum l'impact potentiel sur l'habitat du poisson.



Poissons dans l'eau chaude

Dans le cadre du projet multidisciplinaire MiraNor qui appuie par la recherche le développement durable du Nord québécois, une équipe en hydrologie examine les impacts des changements climatiques sur les populations de poissons nordiques qui pourraient exacerber les effets des activités minières. Le réchauffement de la température de l'eau pourrait modifier la toxicité des contaminants présents dans l'eau et pourrait entraver la reproduction et la migration des espèces d'eau froide. Une base de données des températures de l'eau dans les rivières étudiées sera créée à partir d'imagerie thermique par satellite et de thermographes. Un modèle hydrothermique permettra de simuler les températures futures basées sur des scénarios de changements climatiques afin de déterminer la fréquence et la durée des températures extrêmes de l'eau des rivières d'ici l'an 2100. Cette modélisation permettra d'évaluer l'ampleur de l'incidence des changements climatiques sur les populations de poissons nordiques.



Imagerie thermique aérienne

Chercheurs et chercheuses de la thématique



NORMAND E. BERGERON

Géomorphologie et habitat fluvial
normand.bergeron@inrs.ca



FATEH CHEBANA

Sciences des données appliquées à l'environnement et à la santé
fateh.chebana@inrs.ca



SOPHIE DUCHESNE

Hydrologie et infrastructures urbaines
sophie.duchesne@inrs.ca



PIERRE FRANCUS

Sédimentologie environnementale et paléoclimats
pierre.francus@inrs.ca



ALAIN MAILHOT

Hydrologie urbaine
alain.mailhot@inrs.ca



TAHA B.M.J. OUARDA

Hydrométéorologie statistique
taha.ouarda@inrs.ca



DAMIEN PHAM VAN BANG

Hydrodynamique et transport sédimentaire
damien.pham_van_bang@inrs.ca



ALAIN N. ROUSSEAU

Modélisation hydrologique
alain.rousseau@inrs.ca

Quelques publications récentes

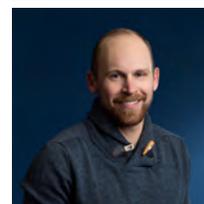
(Les noms des auteurs du Centre ETE sont en **gras**)

- **Abbesnezhadi K, Rousseau AN, Foulon É et Savary S** (2021). Verification of regional deterministic precipitation analysis products using snow data assimilation for application in meteorological network assessment in sparsely gauged Nordic basins. *Journal of Hydrometeorology*, 22 (4): 859-876. <http://dx.doi.org/10.1175/JHM-D-20-0106.1>
- **Alobaidi MH, Ouarda TBMJ, Marpu PR et Chebana F** (2021). Diversity-driven ANN-based ensemble framework for seasonal low-flow analysis at ungauged sites. *Advances in Water Resources*, 147 (Janvier): Art. 103814. <http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2020.103814>
- **Beaupré L, St-Hilaire A, Daigle A et Bergeron NE** (2020). Comparison of a deterministic and statistical approach for the prediction of thermal indices in regulated and unregulated river reaches: case study of the Fourchue River (Québec, Canada). *Water Quality Research Journal*, 55 (4): 394-408. <http://dx.doi.org/10.2166/wqrj.2020.001>
- Ouellet V, **St-Hilaire A**, Dugdale SJ, Hannah DN, Krause S et **Proulx-Ouellet S** (2020). River temperature research and practice: Recent challenges and emerging opportunities for managing thermal habitat conditions in stream ecosystems. *Science of the Total Environment*, 736 (Septembre): Art. 139679. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139679>
- **Shishegar S, Duchesne S**, Pelletier G et Ghorbani R (2021). A smart predictive framework for system-level stormwater management optimization. *Journal of Environmental Management*, 278 (Part 1): Art. 111505. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111505>
- **Vaittinada Ayar P et Mailhot A** (2021). Evolution of dry and wet spells under climate change over North-Eastern North America. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, 126 (5): Art. e2020JD033740. <http://dx.doi.org/10.1029/2020JD033740>
- **Yan B, Chebana F, Masselot P, Campagna C, Gosselin P, Ouarda TBMJ** et Lavigne É (2020). A cold-health watch and warning system, applied to the province of Quebec (Canada). *Science of the Total Environment*, 741 (Novembre): Art. 140188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140188>



ANDRÉ ST-HILAIRE

Hydrologie et thermie en rivière
andre.st-hilaire@inrs.ca



JACOB STOLLE

Hydrodynamique côtière et fluviale
jacob.stolle@inrs.ca

Technologies environnementales

2020-2021

La thématique de recherche porte sur les **technologies environnementales pour le traitement des rejets solides, aqueux et gazeux en contexte d'économie circulaire et de lutte aux changements climatiques**. Au Centre Eau Terre Environnement, des technologies de traitement de l'eau potable et des eaux usées, de décontamination de matrices polluées, de réhabilitation de sites contaminés et de séquestration de CO₂ sont développées. Le groupe de recherche travaille également sur des bioprocédés de valorisation de résidus (organique, métallique, etc.) en produits à valeur ajoutée (par. ex. bioplastiques, biocarburants, nutriments).

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Valorisation agricole

Valoriser les résidus agricoles est un pas important vers une économie circulaire en agriculture. Le projet de recherche vise à valoriser les résidus de production de la canneberge en utilisant un procédé thermochimique pour produire une phase aqueuse (vinaigre de bois) qui sera ensuite traitée par un procédé membranaire pour obtenir deux produits d'intérêt : l'acide acétique et un mélange de composés phénoliques. L'acide acétique peut-être valorisé comme agent de conservation pour l'agriculture. Quant aux composés phénoliques, ils feront l'objet d'analyses qualitatives et quantitatives de leurs compositions en différentes molécules d'intérêt (pharmaceutiques, agroalimentaires, biocides/désinfectants, etc.) afin de déterminer des voies potentielles de valorisation. L'objectif à terme est de proposer une gamme de produits phytosanitaires écologiques à base de vinaigre de bois.



Traitement de résidus organiques

La compagnie Solugen Global commercialise une technologie brevetée de distillation azéotropique pour le traitement d'effluents industriels hautement contaminés. Cette compagnie travaille actuellement à adapter cette technologie pour le traitement du lisier porcin. La filière de traitement vise à produire un effluent de haute qualité (eau traitée) pouvant être réutilisé à la ferme ou dans l'industrie, ainsi que des biosolides (engrais organique), des engrais azotés (concentré d'azote ammoniacal) et des concentrés de nutriments. Le projet réalisé à l'INRS vise à optimiser certaines étapes de la filière de traitement en développement et d'évaluer la performance de celles-ci pour le traitement de divers autres types de matières organiques résiduelles, dont les fumiers de bovins, les digestats de biométhanisation, les boues de fosses septiques, les lixiviats de sites d'enfouissement sanitaire et les boues de l'industrie agroalimentaire.



Pollution par les microfibres

Les microplastiques, qui sont des particules de moins de 5 mm, sont maintenant omniprésents dans l'environnement aquatique. Les eaux usées sont une source importante de microplastiques provenant entre autres du lavage des vêtements sous la forme de microfibres. Les traitements actuels des eaux usées ne sont pas efficaces pour dégrader les microplastiques. Dans ce projet de recherche, on examine la dégradation de ces particules par oxydation électrolytique, un processus qui ne requiert pas d'ajout de produits chimiques. Des radicaux hydroxyles générés par des électrodes dégradent les microplastiques en molécules de CO₂ et d'eau. Une fois les expériences en cours complétées, l'équipe envisage de tester cette technologie directement en conditions réelles, c.-à-d. à la sortie des eaux usées d'une buanderie commerciale.



Chercheurs et chercheuses de la thématique



KOKOU ADJALLÉ

Biotechnologies environnementales
kokou.adjalle@inrs.ca



JEAN-FRANÇOIS BLAIS

Assainissement et décontamination
jean-francois.blais@inrs.ca



PATRICK DROGUI

Électrotechnologies et traitement des eaux
patrick.drogui@inrs.ca



LOUISE HÉNAULT-ETHIER

Entotechnologies
louise.henault-ethier@inrs.ca



RICHARD MARTEL

Hydrogéologie des contaminants
richard.martel@inrs.ca



LOUIS-CÉSAR PASQUIER

Stockage et utilisation du CO₂
louis-cesar.pasquier@inrs.ca

Quelques publications récentes

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

- **Davoodi SM**, Brar SK, Galvez-Cloutier R et **Martel R** (2020). Performance of packed and fluidized bed columns for the removal of unconventional oil using modified dolomite. *Fuel*, 285 (Janvier): Art. 119191.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119191>
- **Karimi Estahbanati MR, Kiendrebeogo M, Mostafazadeh Khosravanipour A, Drogui P** et Tyagi RD (2021). Treatment processes for microplastics and nanoplastics in waters: State-of-the-art review. *Marine Pollution Bulletin*, 168 (Juillet): Art. 112374.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112374>
- **Metahni S**, Coudert L, **Blais J-F, Tran LH, Gloaguen E** et **Mercier G** (2020). Techno-economic assessment of an hydrometallurgical process to simultaneously remove As, Cr, Cu, PCP and PCDD/F from contaminated soil. *Journal of Environmental Management*, 263 (Juin): Art. 110371.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110371>
- **Ouarda Y**, Trelu C, Lesage G, Rivallin M, **Drogui P** et Cretin M (2020). Electro-oxidation of secondary effluents from various wastewater plants for the removal of acetaminophen and dissolved organic matter. *Science of the Total Environment*, 738 (Octobre): Art. 140352.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140352>
- **Tebbiche I, Pasquier L-C, Mercier G, Blais J-F** et Kentish S (2020). Thermally activated serpentine leaching under flue gas conditions in a bubble column reactor operated at ambient pressure and temperature. *Hydrometallurgy*, 195 (Août): Art. 105391.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.hydromet.2020.105391>
- **Yadav B, Yellapu SK, Adjallé KD, Drogui P** et Tyagi RD (2021). Comparative study on production and characterisation of extracellular polymeric substances (EPS) using activated sludge fortified with crude glycerol from different biodiesel companies. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 1 (Avril): 208-222.
<http://dx.doi.org/10.1007/s43393-020-00017-5>



Géologie et ressources géologiques

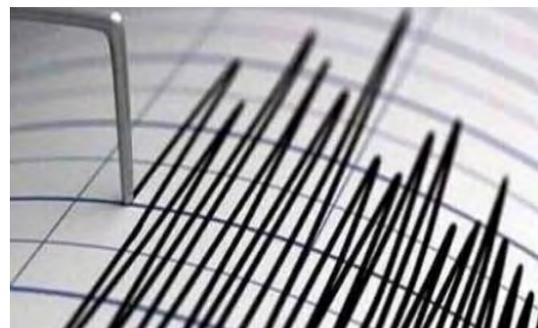
2020-2021

La thématique de recherche au Centre Eau Terre Environnement se concentre sur la **découverte et l'exploitation durable des ressources géologiques stratégiques et critiques au service de la transition énergétique**. On étudie la nature et l'origine des ressources et des roches encaissantes ainsi que les mécanismes de formation et de remobilisation de ces ressources. Les travaux se font en collaboration avec les agences gouvernementales et l'industrie minière. Des recherches portent également sur l'évaluation des ressources géothermiques profondes des bassins sédimentaires, des systèmes hydrothermaux et des régions nordiques.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Microséismes miniers

Le monitoring microsismique des mines est encore peu courant au Québec. Ce type de suivi permet de détecter des microséismes de faible magnitude induits par l'extraction minière. Il est ensuite possible de mieux estimer les risques de coups de terrain et ainsi d'accroître la sécurité et la productivité de la mine. Ce projet de recherche vise à développer des logiciels de détection d'évènements microsismiques, des temps d'arrivée des ondes sismiques P et S et de catalogage des microséismes par apprentissage profond. L'objectif est d'améliorer la détection des microséismes de faible magnitude et donc l'évaluation des changements de contrainte dans le massif rocheux et les risques liés à la cadence de minage. Ces programmes informatiques visent une utilisation en temps réel et seront mis à la disposition de l'industrie et des partenaires.



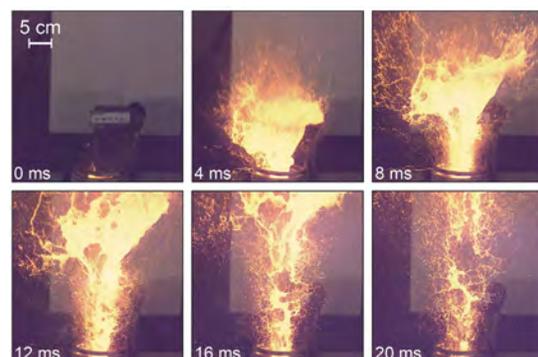
Géothermie minière

L'énergie géothermique est une ressource renouvelable à fort potentiel au Canada. En été, l'eau provenant du sous-sol permet de climatiser les édifices alors que l'eau stockée sous terre peut servir au chauffage en hiver. Les anciennes mines inondées possèdent des espaces souterrains inutilisés (puits, tunnels, galeries), ce qui permet de réduire les coûts d'installation des systèmes de pompe à chaleur géothermique en minimisant les travaux de forage. L'objectif du projet de recherche est d'améliorer les méthodes d'évaluation du potentiel géothermique de mines inondées. Le site d'une mine à Yellowknife est utilisé comme laboratoire naturel. L'approche en cours de développement consiste en un bilan qui combine les sources d'énergie provenant de l'eau et du roc. Les résultats obtenus seront comparés à ceux d'un modèle numérique 3D afin de peaufiner la méthode.



Éruptions explosives

En volcanologie, la compréhension des éruptions passées permet de mieux anticiper les comportements potentiels des volcans actifs, dans le but de diminuer les risques associés à de futures éruptions. L'équipe de recherche s'intéresse à la fragmentation explosive de magmas mafiques et ultramafiques et aux styles éruptifs qui en résultent. Ces éruptions explosives forment différents types de pyroclastes (particules volcaniques). Le projet examine le lien entre les caractéristiques des pyroclastes juvéniles et le type de fragmentation du magma. Des expériences en laboratoire utilisant des roches volcaniques refondues ont permis d'étudier la fragmentation hydrodynamique du magma qui produit des gouttelettes de liquide et des filaments. Les pyroclastes obtenus expérimentalement ont été comparés à des pyroclastes naturels provenant d'Hawaii. Le régime de fragmentation du jet de magma dépend de la viscosité et de la tension de surface du magma, de la vitesse d'éjection et d'effets aérodynamiques externes.



Chercheurs de la thématique



BERNARD GIROUX

Géophysique appliquée
bernard.giroux@inrs.ca



ERWAN GLOAGUEN

Assimilation de données géoscientifiques
erwan.gloaguen@inrs.ca



LYAL B. HARRIS

Géologie structurale
lyal.harris@inrs.ca



JASMIN RAYMOND

Géothermie
jasmin.raymond@inrs.ca



MARC RICHER-LAFLÈCHE

Géosciences appliquées
marc.richer-lafleche@inrs.ca



PIERRE-SIMON ROSS

Volcanologie et géologie économique
pierre-simon.ross@inrs.ca



RENAUD SOUCY LA ROCHE

Géologie structurale
renaud.soucy_la_roche@inrs.ca

Quelques publications récentes

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

- **Bédard K, Comeau F-A, Raymond J, Gloaguen E, Malo M** et Richard M-A (2020). Deep geothermal resource assessment of the St. Lawrence Lowlands sedimentary basin (Québec) based on 3D regional geological modelling. *Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources*, 6 : Art. 46.
<http://dx.doi.org/10.1007/s40948-020-00170-0>
- Cleven, NR, **Harris, LB** et Guilmette, C (2020). *Structural interpretation of enhanced high-resolution aeromagnetic depth slices of the Eeyou Istchee Baie-James region, Québec Superior province*. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, 85 pages (MB R2020-02).
<http://gq.mines.gouv.qc.ca/documents/EXAMINE/MB202002/MB202002RAP001.pdf>
- **Latutrie B** et **Ross P-S** (2021). What lithic clasts and lithic-rich facies can tell us about diatreme processes: An example at Round Butte, Hopi Buttes volcanic field, Navajo Nation, Arizona. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 411 (Mars): Art. 107150.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2020.107150>
- **Nasr M, Giroux B** et Dupuis CJ (2020). A hybrid approach to compute seismic travel times in 3D tetrahedral meshes. *Geophysical Prospecting*, 68 (4): 1291-1313.
<http://dx.doi.org/10.1111/1365-2478.12930>
- **Richer-Lafleche, M** et Moorhead, JGJ (2020). *Géologie et géochimie des roches volcaniques du Groupe de Baby et des roches sédimentaires archéennes et protérozoïques des groupes de Pontiac et de Cobalt au Témiscamingue*. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, 199 pages (MB R2020-12).
<https://gq.mines.gouv.qc.ca/documents/EXAMINE/MB202012/MB202012RAP001.pdf>
- **Ross P-S, Giroux B** et **Latutrie B** (2021). Precision and accuracy of modal analysis methods for clastic deposits and rocks: A statistical and numerical modeling approach. *Geosphere*, 17 (3): 1-20.
<https://doi.org/10.1130/GES02374.1>



Géosciences environnementales

2020-2021

La thématique de recherche porte sur le **fonctionnement des hydrogéosystèmes et les impacts sur l'environnement et les risques naturels des processus géologiques actuels**. Au Centre Eau Terre Environnement, les travaux multidisciplinaires s'appliquent à la gestion des ressources en eau, à l'exploitation des systèmes géothermiques superficiels, à la réhabilitation des aquifères contaminés, à l'agroenvironnement et à l'érosion côtière. Les méthodes d'intégration et de traitement des données géoscientifiques basées sur l'apprentissage profond retiennent également l'attention. Le développement d'approches multi-isotopiques en géochimie de l'eau contribue à identifier les sources des contaminants et évaluer les impacts environnementaux.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Puits de Madagascar

Un projet de recherche de l'INRS appuyé par le Programme de coopération climatique internationale du gouvernement du Québec vise à évaluer les risques de contamination de puits d'eau potable à Madagascar en collaboration avec un partenaire local. Dans le contexte actuel de changements climatiques, les crues et les inondations plus fréquentes favorisent la contamination des puits et des prises d'eau de surface et la prévalence de maladies diarrhéiques, qui sont une cause importante de mortalité et de morbidité dans ce pays. En faisant appel à l'hydrogéologie, la géochimie (conventionnelle et isotopique) et la télédétection, le projet vise à évaluer la vulnérabilité des sources d'eau utilisées par les populations d'un sous-bassin versant de la rivière Ikopa qui traverse la capitale, et à proposer des solutions concrètes pour améliorer l'accès à une eau sécuritaire.



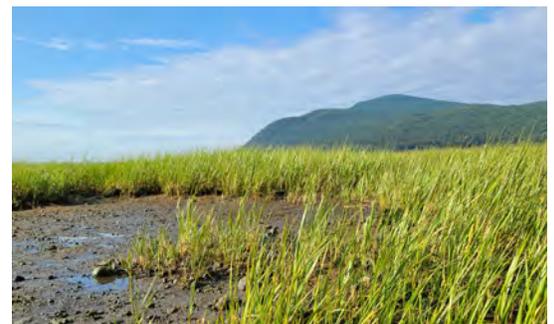
Sédiments révélateurs

Dans certains lacs, les sédiments qui se déposent au fond forment des couches annuelles que l'on peut distinguer et dater, un peu comme les cernes de croissance des arbres. À l'INRS, on étudie ces sédiments annuellement laminés (varves) dans une série de lacs du Grand Nord canadien. On s'intéresse aux processus sédimentaires et limnologiques actuels de ces lacs et aux conditions climatiques et hydrologiques de leur bassin versant. En comparant ces données avec les sédiments superficiels actuels, on peut déterminer comment les signaux climatiques et hydrologiques (p. ex., la fonte des neiges, la température et les orages d'été) sont enregistrés dans les sédiments. Ensuite, on obtient des reconstructions paléoenvironnementales quantifiées en analysant de longues séquences varvées par différentes techniques (sédimentologie classique, scanographie avancée, analyse d'images de lames minces). Ces études permettent de replacer le réchauffement actuel dans un contexte temporel plus large et ainsi de mieux comprendre l'évolution du climat.



Contrer l'érosion

L'utilité des écosystèmes naturels, tels les marais côtiers, pour la protection des côtes est reconnue comme une alternative durable et résiliente aux infrastructures de protection. Cependant, la mise en place à grande échelle de ces systèmes est limitée en raison d'un manque de données concernant leur viabilité. Ce projet vise à remédier à cette lacune en réalisant une série d'expériences de modélisation physique pour étudier la dynamique d'un marais représentatif et sa contribution à l'atténuation des inondations et à la stabilisation de la côte. Les expériences seront réalisées dans le grand canal hydraulique de l'INRS avec un marais végétalisé. Les résultats serviront à valider des modèles à petite échelle développés par le Conseil national de recherches Canada. La combinaison des tests à grande et à petite échelle ainsi que des sites pilotes fournira une base solide pour le développement de normes de conception pour les solutions basées sur la nature.



Chercheuses et chercheurs de la thématique



GENEVIÈVE BORDELEAU

Géochimie isotopique
genevieve.bordeleau@inrs.ca



PIERRE FRANCUS

Sédimentologie environnementale et paléoclimats
pierre.francus@inrs.ca



BERNARD GIROUX

Géophysique appliquée
bernard.giroux@inrs.ca



ERWAN GLOAGUEN

Assimilation de données géoscientifiques
erwan.gloaguen@inrs.ca



RENÉ LEFEBVRE

Hydrogéologie
rene.lefebvre@inrs.ca



RICHARD MARTEL

Hydrogéologie
richard.martel@inrs.ca



CLAUDIO PANICONI

Modélisation hydrogéologique
claudio.paniconi@inrs.ca



LOUIS-CÉSAR PASQUIER

Stockage et utilisation du CO₂
louis-cesar.pasquier@inrs.ca

Quelques publications récentes

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

- **Gagnon-Poiré A**, Brigode P, **Francus P**, **Fortin D**, Lajeunesse P, Dorion H et Trotter A-P (2021). Reconstructing past hydrology of eastern Canadian boreal catchments using clastic varved sediments and hydro-climatic modeling: 160 years of fluvial inflows. *Climate of the Past*, 17 (2): 653-673. <https://doi.org/10.5194/cp-17-653-2021>
- Habsatou AN, Abdel Kader HS, Issouffou S, **Lefebvre R** et Boureima O (2020). Apport des données hydrodynamiques, hydrochimiques et isotopiques à l'amélioration des connaissances des aquifères du parc du W du Niger, Région de Tillabéri. *European Scientific Journal*, 16 (15): Art. 240. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n15p240>
- Korte S, Gieschen R, **Stolle J** et Goseberg N (2020). Physical modelling of Arctic coastlines - Progress and limitations. *Water*, 12 (8): Art. 2254. <https://doi.org/10.3390/w120822541>
- **Miri S**, **Davoodi SM**, Brar SK, **Rouissi T**, Sheng Y et **Martel R** (2021). Psychrozymes as novel tools to biodegrade p-xylene and potential use for contaminated groundwater in the cold climate. *Bioresource Technology*, 321 (Février): Art. 124464. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124464>
- Nussbaumer R, Mariéthoz G, **Gloaguen E** et Holliger K (2020). Hydrogeophysical data integration through Bayesian Sequential Simulation with log-linear pooling. *Geophysical Journal International*, 221 (3): 2184-2200. <http://dx.doi.org/10.1093/gji/ggaa072>
- Perra E, Viola F, Deidda R, Caracciolo D, **Paniconi C** et Langousis A (2020). Hydrologic impacts of surface elevation and spatial resolution in statistical correction approaches: Case study of Flumendosa basin, Italy. *Journal of Hydrologic Engineering*, 25 (9): Art. 5020032. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001969](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001969)
- **Rajaobelison MM**, **Raymond J**, **Malo M** et Dezayes C (2020). Classification of geothermal systems in Madagascar. *Geothermal Energy*, 8 (1): Art. 22. <http://dx.doi.org/10.1186/s40517-020-00176-7>
- Zhang W, Uh Zapata M, Bai X, **Pham Van Bang D** et Nguyen KD (2020). Three-dimensional simulation of horseshoe vortex and local scour around a vertical cylinder using an unstructured finite-volume technique. *International Journal of Sediment Research*, 35 (3): 295-306. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijsrc.2019.09.001>



DAMIEN PHAM VAN BANG

Hydrodynamique et transport sédimentaire
damien.pham_van_bang@inrs.ca



JASMIN RAYMOND

Géothermie
jasmin.raymond@inrs.ca



JACOB STOLLE

Hydrodynamique côtière et fluviale
jacob.stolle@inrs.ca

Nouveaux projets de l'année au Centre

Adjallé, Kokou

- Valorisation des digestats de biométhanisation pour l'élevage d'insectes destinés au surcyclage de résidus organiques et à une économie circulaire renforcée (FRQNT)

Bergeron, Normand E.

- Identification et caractérisation des refuges thermiques de la rivière Jacques-Cartier (Conseil de la Nation Huronne-Wendat)

Blais, Jean-François

- Traitement et valorisation de matières organiques résiduelles par une filière de traitement incluant la distillation azéotropique (CRSNG)

Bordeleau, Geneviève

- Rano Madagasikara : améliorer la résilience des communautés du sous bassin d'Ikopa face à la contamination des sources d'eau potable en périodes d'inondations (Madagascar) (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec - MELCCC)

Chokmani, Karem

- AI driven decision support tool (DST) for alfalfa's winter survival and persistency (Canadian Forage and Grassland Association)
- Caractérisation des bandes riveraines et des haies brise-vent par télédétection LiDAR en milieu agricole (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec - MAPAQ)
- Développement d'un indicateur de vulnérabilité aux inondations des sites potentiels archéologiques de la Nation W8banaki, dans la vallée de la rivière Richelieu (Grand Conseil de la Nation Waban-Aki)
- Real-time flood mapping with drones (Ressources naturelles Canada)

Comte, Jérôme

- Aquatic ecosystems in the Fort Good Hope area as indicators of environmental change (Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest)

Drogué, Patrick

- Centre d'innovation de technologies avancées et d'assainissement décentralisé des effluents liquides (CITADEL) en conditions extrêmes pour les collectivités urbaines et éloignées (INRS)

- Développement de procédés électro-catalytiques avancés utilisant des électrodes nanostructurées pour la décontamination des eaux contenant des substances perfluoroalkyliques/polyfluoroalkyliques (PFAS) (Sanexen Services environnementaux, Rio Tinto Fer, CRSNG et Prima Québec)
- Développement de procédés électrolytiques adaptés à la décontamination des eaux usées en milieu agricole (MAPAQ)

Duchesne, Sophie

- Gestion optimisée des eaux pluviales en vue de la protection de l'habitat du poisson (Ville de Rivière-du-Loup et municipalité d'Adstock)

Fortin, Claude

- Accumulation and effects of platinum and palladium on cellular algae - influence of initial speciation (European Precious Metals Federation)

Francus, Pierre

- CT scan measurement on 5 ballistic clothing configurations on an ABS dummy (Med-Eng)
- Dynamique du territoire ancestral innu (Nitassinan) à travers l'étude morpho-sédimentaire et socio-culturelle du lac-réservoir Manicouagan (FRQNT)

Giroux, Bernard

- Détection de la sismicité induite par l'activité minière par apprentissage profond (FRQNT)
- Développement d'une méthode robuste de quantification de l'amortissement sismique (Électricité de France)

Gloaguen, Erwan

- Segmentation automatisée des levés géophysiques et des images satellitaires par apprentissage profond (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec - MERN)

Harris, Lyal

- Traitement et interprétation de données géophysiques pour le projet 0220 - Génération Grenville (Québec) (SOQUEM)

Homayouni, Saïd

- Analyse des observations de la Terre de RARARDSAT pour les applications agricoles (Ministère des Relations internationales et de la Francophonie)

Langlois, Valérie

- Centre intersectoriel d'analyse des perturbateurs endocriniens (CIAPE) (INRS)
- Development of molecular tools to assess exposure of polycyclic aromatic compounds (PACs) and related compounds to avian model species (MELCCC)
- Freshwater oil spill remediation study at the IISD-Experimental Lakes Area: the FOReSt project (CRSNG)

Laurion, Isabelle

- Impacts des changements climatiques et du brunissement des eaux sur l'habitat oxythermique des salmonidés et les émissions de gaz à effet de serre en régions arctiques (FRQNT)

Lavoie, Isabelle

- Étude du transfert de pesticides dans la chaîne alimentaire.
- Évaluation des enjeux, des sources et des effets des pesticides sur la qualité de l'écosystème aquatique du fleuve Saint-Laurent de la région de Montréal (Environnement et Changement climatique Canada)
- Répercussions d'une contamination aux herbicides sur la qualité nutritive des biofilms algaux à la base de la chaîne alimentaire : étude des profils en acides gras comme biomarqueurs de stress (FRQNT)

Lefebvre, René

- Production d'un bulletin sur l'état des nappes du Québec et d'un portrait du réseau de suivi des eaux souterraines (MELCCC)
- Réalisation de travaux de caractérisation complémentaire pour la modélisation de l'écoulement des eaux souterraines à Mercier : conditions des ressources en eau souterraine dans la région et en amont des anciennes lagunes de Mercier (MELCCC)

Mailhot, Alain

- Évaluation des incertitudes sur les débits de crues maximales estimés à partir des données hydrométriques pour les bassins du Québec méridional (Consortium Ouranos)

Ouarda, Taha B.M.J.

- Réseau inondations intersectoriel du Québec (RIISQ) (INRS)

Paniconi, Claudio

- Preliminary development of a hydroecological model for the Fox Creek area in Alberta (Ressources naturelles Canada)

Pasquier, Louis-César

- Développement de nouvelles méthodes d'extraction des MCS (MERN)

Pham Van Bang, Damien

- Study of 3D fluid flow and heat transfer at the pore scale of geomaterials to support geothermal energy modeling (Ressources naturelles Canada)

Raymond, Jasmin

- Geothermal characterization for numerical simulations of subsea permafrost degradation (Ressources naturelles Canada)
- L'énergie géothermique : une deuxième vie pour les mines (MERN)
- Production of an analytical model to study the use of well doublet systems to produce geothermal heat in the Bécancour area, southern Quebec (Ressources naturelles Canada)

Ross, Pierre-Simon

- Géologie et minéralisation des zones sud de la mine Goldex, Val-d'Or, Abitibi (Agnico Eagle Mines)

Rousseau, Alain

- Agricultural performance indicators (Commission mixte internationale)
- Interprétation des dépassements des critères de qualité de l'eau de surface en cours d'eau (MELCCC)
- Modélisation hydraulique de la rivière des Outaouais sur les territoires des MRC Vaudreuil-Soulanges et Argenteuil en amont de Carillon (Municipalité régionale de comté de Vaudreuil-Soulanges)
- Projet de détermination des besoins en eau à l'échelle du bassin versant (MELCCC)

Soucy La Roche, Renaud

- Caractérisation de la zone de cisaillement de Saint-François-de-Sales et implications tectoniques pour la Province de Grenville (MERN)

St-Hilaire, André

- Analyse et rapport : débits environnementaux et régime thermique des rivières de la région du Golfe (Pêches et Océans Canada)
- Habitat du saumon au Nunavik (Fondation pour la conservation du saumon atlantique)
- Lake Champlain Richelieu River Study - IRG 2020-2021 (Commission mixte internationale)
- Mactaquac Aquatic Ecosystem Study phase 2 - Aquatic sciences in support of refurbishing a hydropower dam (CRSNG)
- Optimisation d'un réseau de mesure de la température de l'eau des rivières au Canada (MELCCC)
- Water temperature network optimization (Environnement et Changement climatique Canada)

Les principales infrastructures du Centre comprennent des laboratoires de recherche, des laboratoires à grande échelle, des infrastructures mobiles, ainsi qu'une station de recherche en bordure de la rivière Sainte-Marguerite au Saguenay. Les laboratoires de recherche sont situés dans l'édifice de l'INRS 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 et de salles environnementales pour des expériences à température contrôlée. 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.

LABORATOIRES DE RECHERCHE

Bio-optique et biogéochimie aquatique

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-bio-optique-et-biogeochimie-aquatique/

Responsable : Stéphane Prémont, responsable des laboratoires, stefane.premont@inrs.ca

Écotoxicogénomique et perturbation endocrinienne (LEPE)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-en-ecotoxicogenomique-et-perturbation-endocrinienne/

Responsable : Valérie Langlois, professeure, valerie.langlois@inrs.ca

Géochimie, imagerie et radiographie des sédiments (GIRAS)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-geochimie-imagerie-et-radiographie-des-sediments/

Responsable : Pierre Francus, professeur, pierre.francus@inrs.ca

Géothermie (LOG)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-ouvert-de-geothermie/

Responsable : Jasmin Raymond, professeur, jasmin.raymond@inrs.ca

Mesure des métaux traces dans des échantillons du milieu aquatique

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-mesure-de-metaux-traces-dans-des-echantillons-du-milieu-aquatique/

Responsable : Stéphane Prémont, responsable des laboratoires, stefane.premont@inrs.ca

Microscopie électronique à balayage (MEB)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-microscopie-electronique-a-balayage/

Responsable : Pierre Francus, professeur, pierre.francus@inrs.ca

Simulation physique

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-simulation-physique/

Responsable : Lyal Harris, professeur, lyal.harris@inrs.ca

Téledétection environnementale et nordique (TENOR)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-teledetection-environnementale-et-nordique/

Responsable : Karem Chokmani, professeur, karem.chokmani@inrs.ca

LABORATOIRES LISTE

Biotechnologies environnementales (LBE)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-biotechnologies-environnementales-lbe/

Responsable : Mathieu Drouin, associé de recherche, mathieu.drouin@inrs.ca

Électrotechnologies environnementales et procédés oxydatifs (LEEPO)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-delectrotechnologies-environnementales-et-procedes-oxydatifs/

Responsable : Patrick Drogui, professeur, patrick.drogui@inrs.ca

Gestion hydraulique des réseaux de distribution d'eau potable

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-gestion-hydraulique-des-reseaux-de-distribution-deau-potable/

Responsable : Sophie Duchesne, professeure,
sophie.duchesne@inrs.ca

Hydraulique environnemental (LHE)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-hydraulique-environnemental/

Responsables : Damien Pham Van Bang, professeur,
damien.pham_van_bang@inrs.ca et Jacob Stolle, professeur,
jacob.stolle@inrs.ca

Hydrogéologie des contaminants

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-d-hydrogeologie-des-contaminants/

Responsable : Richard Martel, professeur,
richard.martel@inrs.ca

Technologies environnementales

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-technologies-environnementales/

Responsables : Jean-François Blais, professeur,
jean-francois.blais@inrs.ca et Louis-César Pasquier,
professeur, louis-cesar.pasquier@inrs.ca

Tomodensitométrie pour les ressources naturelles et le génie civil

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-multidisciplinaire-de-tomodensitometrie-pour-les-ressources-naturelles-et-le-genie-civil/

Responsables : Pierre Francus, professeur,
pierre.francus@inrs.ca et Damien Pham Van Bang,
professeur, damien.pham_van_bang@inrs.ca

INFRASTRUCTURES MOBILES

Géosciences appliquées (LGA)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-geosciences-appliquees/

Responsable : Marc Richer-Lafleche, professeur,
marc.richer-lafleche@inrs.ca

Système de sondage par enfouissement et rotoperçusion

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/systeme-de-sondage-par-enfouissement-et-rotoperçusion/

Responsable : René Lefebvre, professeur,
rene.lefebvre@inrs.ca

Téledétection environnementale par drone (TED)

inrs.ca/la-recherche/infrastructures-de-recherche/repertoire-des-infrastructures-de-recherche/laboratoire-de-teledetection-environnementale-par-drone/

Responsable : Karem Chokmani, professeur,
karem.chokmani@inrs.ca

Programmes d'études

inrs.ca/les-etudes/programmes-d-etudes/etudier-en-environnement-et-geosciences/

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 permettent de bonifier l'offre de cours et d'élargir la palette des domaines de recherche.

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

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

Cheminevements bidiplômants

- Maîtrise en sciences de l'eau et maîtrise en sciences de l'eau et changements climatiques 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

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. Chaque été, les équipes de recherche du Centre accueillent des stagiaires du premier cycle universitaire pour une expériences de recherche stimulante afin de contribuer à l'avancement d'un projet en cours.

Stages postdoctoraux à l'INRS :

inrs.ca/les-etudes/stages-postdoctoraux/

Stages d'été au Centre :

stages.ete.inrs.ca



Océane Hourtané et Charlotte Fortin-Lecomte, étudiantes à l'INRS, animent un atelier à la journée Les Filles et les Sciences en février 2020

Membres réguliers

Kokou Adjallé
 Normand E. Bergeron
 Jean-François Blais
 Geneviève Bordeleau
 Fateh Chebana
 Karem Chokmani
 Jérôme Comte
 Patrice Couture
 Patrick Drogui
 Sophie Duchesne
 Claude Fortin
 Pierre Francus
 Bernard Giroux
 Erwan Gloaguen
 Landis Hare*
 Lyl 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-Laflette
 Pierre-Simon Ross
 Alain N. Rousseau
 Renaud Soucy La Roche
 André St-Hilaire
 Jacob Stolle
 Rajeshwar Dayal Tyagi**
 Jean-Pierre Villeneuve*

Membres émérites

Bernard Bobée
 Peter G.C. Campbell
 Georges Drapeau

Membres honoraires

Monique Bernier
 Michel Malo
 Guy Mercier
 Yves Secretan
 André Tessier

Membres associés

Aïcha Achab (retraitee), INRS
 Jason M.E. Ahad, Commission géologique du Canada, bureau de Québec (CGC-Québec)
 Luc Aquilina, Université des Rennes (France)
 Sonia Arriaga Garcia, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT, Mexique)
 Patrick Athéba, Université Félix-Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)
 Jean-Christian Auclair (retraitee), INRS
 Antonio Avalos Ramirez, Centre national en électrochimie et en technologies environnementales (CNETE, Cégep de Shawinigan)
 Simon Barnabé, UQTR
 Jean H. Bédard, CGC-Québec
 Christian Bégin, CGC-Québec
 Sonia Behmel, Watershed Monitoring
 Mario Bergeron (retraitee), INRS
 Claude Bernard, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
 Daniela Blessent, Universidad de Medellín (Colombie)
 Pierre Blier, UQAR
 Olivier Bour, Université de Rennes (France)
 Satinder Kaur Brar, University of Toronto
 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
 Emmanuelle Cecchi, UQAT
 Louise Corriveau, CGC-Québec
 Lucie Coudert, UQAT
 Simon Courteney, University of Waterloo
 Jean-Pierre Dedieu, Centre national de la recherche scientifique (CNRS, France)
 Philippe Després, Université Laval
 Mélanie Desrosiers, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)
 Gregory Dipple, University of British Columbia
 Ahmad Dirany, Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI, Cégep de Sorel-Tracy)
 Bernard Doyon, Cégep F.X. Garneau
 Benoît Dubé, CGC-Québec
 Mathieu J. Duchesne, CGC-Québec
 Salah-Eddine El Adlouni, Université de Moncton
 Jean-Pierre Fortin (retraitee), INRS
 Jaime Max Gárfias Soliz, Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA, Mexique)
 Charles Gobeil (retraitee), INRS
 Pierre Gosselin, INSPQ
 Yves Gratton (retraitee), INRS
 Nicolas Gruyer, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, MELCC
 Carl Guilmette, Université Laval
 Sylvio J. Gumiere, Université Laval
 Yasser Hamdi, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN, France)
 Peter Hodson, Queen's University
 Michel Houlié, CGC-Québec
 David Huard, Consortium Ouranos

* Retraite en cours d'année

** Départ en cours d'année

Maria Iliuta, Université Laval
Amélie Janin, Yukon Research Centre
Josué Jautzy, CGC-Québec
Sandra Kentish, University of Melbourne (Australie)
Stéphanie Larmagnat, CGC-Québec
Denis Lavoie, CGC-Québec
Yann Le Bihan, CRIQ
Séverine Le Faucheur, Université de Genève (Suisse)
Michel Leclerc (retraité), INRS
Laurent Longuevergne, Université de Rennes (France)
Sara Magdoul, Centre technologique des résidus industriels (CTRI, Cégep de
l'Abitibi-Témiscamingue)
Yvon Maranda (retraité), MELCC
Patrick Mercier-Langevin, CGC-Québec
Christopher Metcalfe, Trent University
Yves Michaud, CGC-Québec
Jean-Louis Morel, Université de Lorraine (France)
Jean Morin, Environnement et Changement climatique Canada
Soizic Morin, Institut national de recherche en sciences et technologies pour
l'environnement et l'agriculture (IRSTEA, France)
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
Jean-Luc Pilote, CGC-Québec
Nicolas Pinet, CGC-Québec
Annie Poulin, École de technologie supérieure
Monique Poulin, Université Laval
Milla Rautio, UQAC
Sébastien Raymond, Co-operators Assurance et Services financiers
Nicolas Reynier, Ressources naturelles Canada
Christine Rivard, CGC-Québec
Alfonso Rivera, CGC-Québec
Maïkel Rosabal Rodriguez, UQAM
Tarek Rouissi, CTRI
Anne-Aurélie Sappin, CGC-Québec
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
Geneviève Treyvaud, bureau du Ndakina du Grand Conseil de la Nation
Waban-Aki
Gaële Triffault-Bouchet, MELCC
Richard Turcotte, MELCC
José R. Valéro (retraité), Service canadien des forêts
Virginie Vergnaud, Université de Rennes (France)
Warwick F. Vincent, Université Laval
Dajana Vuckovic, Concordia University
Pamela Welbourne, Queen's University
David Wright, University of Maryland (É.-U.)

Centre Eau Terre Environnement
490, de la Couronne
Québec (Québec) G1K 9A9 CANADA
T 418 654-4677
info.ete@inrs.ca

INRS.CA