

CENTRE EAU TERRE ENVIRONNEMENT

Rapport d'activités **2023-2024**



Institut national
de la recherche
scientifique

[INRS.CA](https://www.inrs.ca)

Rapport d'activités du 1^{er} mai 2023 au 30 avril 2024

Disponible en format électronique : <https://espace.inrs.ca/id/eprint/16117>

Rédaction et mise en page

Mathilde Renaud

Révision

Caroline Jolicoeur

Crédits photo

Couverture : Renaud Soucy La Roche et Sandra Proulx-McInnis

Autres sections : INRS et Centre Eau Terre Environnement

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 : direction.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 thématiques de recherche :

- écologie, écotoxicologie et génomique environnementale
- géologie et ressources géologiques
- géomatique et télédétection
- géosciences environnementales
- hydroclimatologie
- technologies 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 annuel du Centre Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique pour l'année 2023-2024.

La mission du 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 ces chapitres, l'année a été riche en événements et en retombées.

Citons d'abord quelques subventions majeures obtenues par le corps professoral. Le Centre d'excellence MIXTUROMICS qui sera dirigé par la professeure Valérie Langlois a été financé par la Fondation canadienne pour l'innovation. Ce Centre étudiera la contamination des mélanges environnementaux urbains, agricoles et nordiques. Un projet multidisciplinaire d'envergure en économie circulaire copiloté par la professeure Louise Hénault-Éthier a reçu un financement important de Génome Canada et de plusieurs partenaires. Une nouvelle chaire a aussi été créée, la Chaire de recherche municipale en gestion durable de l'eau soutenue par la Fédération québécoise des municipalités sous la direction de la professeure Sophie Duchesne. Ces quelques exemples, parmi d'autres, font état du dynamisme des équipes de recherche du Centre.

Sur le plan de la formation, 27 diplômes de maîtrise de recherche ainsi que 18 doctorats ont été remis, alors que 26 étudiants ont terminé leur maîtrise professionnelle. De plus, un nouveau microprogramme de 2^e cycle en collaboration avec l'ÉNAP a vu le jour en évaluation d'impacts et prise en compte du développement durable.

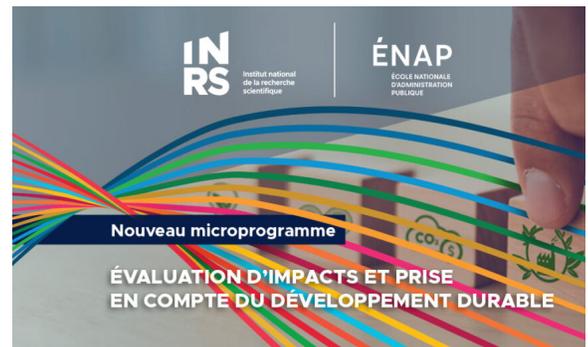
Enfin, plusieurs étudiant.e.s et stagiaires du Centre se sont distingués en cours d'année. Soulignons d'une part la bonne performance, une 2^e et une 5^e place, des équipes AquaBots et Enviro Scientys (sous la direction du professeur Karem Chokmani) à la finale du défi AquaHacking. Ce défi consiste à développer des solutions concrètes aux enjeux liés à l'eau avec des prix en argent à la clé pour la mise en œuvre. D'autre part, deux étudiant.e.s du Centre ont représenté l'INRS en finale des concours Ma thèse en 180 secondes/Three Minute Thesis. Jérémie Boudreault a été de la finale canadienne du volet francophone et Oumaima El Hachimi de la finale du nord-est du Canada et des États-Unis du volet anglophone.

Le présent rapport se veut donc un survol des grandes réalisations pour l'année 2023-2024. Les succès obtenus sont avant tout le résultat de la contribution exceptionnelle de l'ensemble de notre communauté. La collaboration entre professeur.e.s, étudiant.e.s, stagiaires, personnels de recherche et de laboratoire, collègues de la Commission géologique du Canada, ainsi que de l'ensemble du personnel de soutien est notre force et saura nous amener à de nouveaux accomplissements pour le prochain exercice.

Félicitations à toutes et à tous,



Louis-César Pasquier
Directeur par intérim du Centre Eau Terre Environnement



De gauche à droite : équipe AquaBots, Sonia Mami et Chayma Chaabani (absente de la photo : Ridha Guebsi) et leurs mentors, Nadine Lalande, Mike Raymond et le professeur Karem Chokmani.

Écologie, écotoxicologie et génomique environnementale

Cette thématique de recherche englobe le fonctionnement et la santé des écosystèmes, les services écologiques, la résilience et l'adaptation aux perturbations environnementales anthropiques pour lesquels les outils génomiques et écotoxicologiques sont mis à profit.

Les travaux touchent tous les maillons des réseaux trophiques, allant 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 activités de recherche appliquées aux défis actuels

- Évaluer les services rendus par les écosystèmes, soit : fournir une eau potable, des ressources de qualité et des lieux de villégiature, stabiliser les berges, et évaluer les trajectoires futures de ces écoservices.
- Échantillonner sur le terrain, réaliser des travaux en laboratoire et développer des modèles mathématiques pour tracer un portrait de la santé environnementale des régions en tenant compte de tous les aspects des réseaux trophiques, soit des microorganismes (bactéries, archées, microalgues, protistes) aux vertébrés (poissons, amphibiens, oiseaux et mammifères) et à leurs habitats.
- Évaluer, à l'aide d'outils moléculaires (métagénomique, transcriptomique, protéomique, métalomique, etc.), la santé des écosystèmes aquatiques : analyser des profils d'ADN environnemental dans l'eau, les effets des contaminants sur l'ADN, les gènes et les protéines des animaux, le risque écotoxicologique des activités anthropiques, le déplacement de la faune dans son habitat ou encore la diversité microbienne des écosystèmes anthropisés et naturels.



Chercheurs et chercheuses de la thématique



JÉRÔME COMTE
Diversité et fonction microbienne
jerome.comte@inrs.ca



PATRICE COUTURE
Écotoxicologie
patrice.couture@inrs.ca



ANNE CRÉMAZY
Chimie et toxicologie
environnementale
anne.cremazy@inrs.ca



EVA ENDERS
Écologie des poissons
eva.enders@inrs.ca



CLAUDE FORTIN
Biogéochimie des métaux
claudio.fortin@inrs.ca



VALÉRIE LANGLOIS
Écotoxicogénomique
valerie.langlois@inrs.ca



ISABELLE LAURION
Écologie aquatique
isabelle.laurion@inrs.ca



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



ANNE OLA
Processus côtiers
anne.ola@inrs.ca

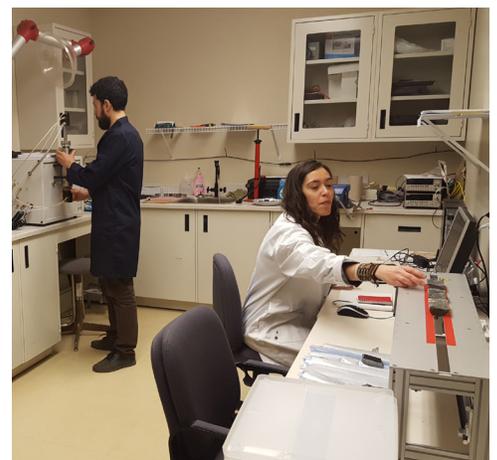
Géologie et ressources géologiques

Les équipes de recherche dans cette thématique se concentrent sur la découverte et l'exploitation durable des minéraux stratégiques et critiques et autres ressources géologiques au service de la transition énergétique.

Réalisés en collaboration avec différents ministères et l'industrie minière, les recherches portent sur la compréhension de la nature et de l'origine des ressources et des roches encaissantes. Les mécanismes de formation et de remobilisation des ressources tels que la circulation des fluides à l'échelle lithosphérique et la déformation tectonique sont étudiés. Des travaux portent également sur l'évaluation des ressources en géothermie profonde et en hydrogène naturel.

Des activités de recherche appliquées aux défis actuels

- Évaluer les ressources géothermiques profondes des bassins sédimentaires, des systèmes hydrothermaux et des régions nordiques, et améliorer les méthodes d'évaluation du potentiel géothermique de mines inondées.
- Effectuer du monitoring microsismique des mines permettant de développer des logiciels de détection de microséismes induits par l'extraction minière, d'évaluer la sécurité et la productivité de la mine.
- Étudier les éruptions passées pour mieux anticiper les comportements potentiels des volcans actifs et diminuer les risques associés à de futures éruptions.
- Réaliser des travaux en géophysique profonde et en géologie permettant notamment de détecter des minéralisations et structures et de prolonger la durée de vie des principaux camps miniers du Québec.
- Accroître les connaissances en géologie structurale et sur les systèmes tectoniques.
- Développer des outils géophysiques permettant de caractériser les réservoirs aquifères de façon quantitative.



Chercheurs de la thématique



BERNARD GIROUX
Géophysique appliquée
bernard.giroux@inrs.ca



ERWAN GLOAGUEN
Assimilation de données
géoscientifiques
erwan.gloaguen@inrs.ca



LYAL 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



Géomatique et télédétection

Les équipes de recherche dans cette thématique développent des outils géomatiques et de télédétection à des fins environnementales permettant la création d'applications dans une grande variété de secteurs (ex. : gestion du risque des inondations, suivi des cyanobactéries) répondant aux besoins de la société québécoise. De plus, l'INRS possède une expérience en milieu nordique bien établie.

Les avancées technologiques, la diversification des capteurs et l'accès à une très grande quantité de données requièrent de nouvelles méthodes d'analyse et de traitement. Ainsi, des partenaires sont aussi mis à contribution pour faire avancer la recherche appliquée.

Des activités de recherche appliquées aux défis actuels

- Faire avancer les connaissances et le développement technologique dans l'utilisation de données acquises par drone pour diverses problématiques environnementales en agriculture, qualité de l'eau, sécurité publique, etc.
- Développer des outils géomatiques permettant une meilleure caractérisation des habitats du poisson en rivière.
- Faire progresser les connaissances sur l'état et l'impact des changements climatiques dans le Nord.
- Développer des méthodes novatrices de traitement utilisant les avancées en intelligence artificielle et en apprentissage automatique ainsi que le calcul haute performance basé sur l'infonuagique.



Chercheurs de la thématique



NORMAND BERGERON
Écologie des poissons et hydro-
géomorphologie
normand.bergeron@inrs.ca



PAUL CÉLICOURT
Hydro-informatique
paul.celicourt@inrs.ca



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



SAEID HOMAYOUNI
Télé-détection et géomatique
environnementale
saied.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



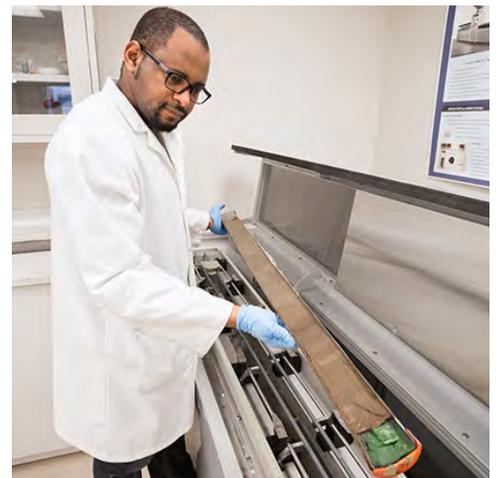
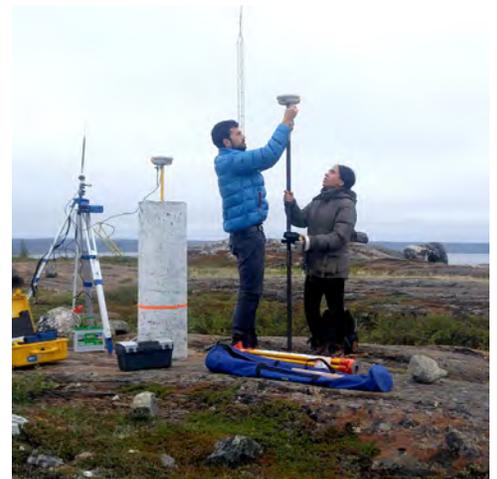
Géosciences environnementales

Les travaux multidisciplinaires de cette thématique 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; toutes ces applications devant considérer l'effet des changements climatiques sur les hydrogéo-systèmes.

Les méthodes d'intégration et de traitement des données géoscientifiques basées sur l'apprentissage profond retiennent également l'attention tout comme le développement d'approches multi-isotopiques en géochimie de l'eau pour identifier les sources des contaminants et pour évaluer les impacts environnementaux.

Des activités de recherche appliquées aux défis actuels

- Développer des technologies d'évaluation et d'exploitation de l'énergie géothermique superficielle : intégrer des technologies géothermiques à des tunnels, au chauffage des bâtiments et au stockage thermique souterrain.
- Élaborer des méthodes d'intégration et de traitement des données géoscientifiques basées sur l'apprentissage profond, notamment pour prédire les événements majeurs et pour aider la prise de décision des gestionnaires d'infrastructures.
- Accroître les capacités de simulation numérique des processus de transport de particules, fluides, solutés et chaleur et étudier les réponses géophysiques dans les milieux géologiques.
- Élaborer des approches multi-isotopiques en géochimie de l'eau pour mieux définir les processus naturels, pour identifier les sources de contaminants et pour évaluer les impacts environnementaux dans des secteurs comme l'agroenvironnement ou l'exploitation minière.
- Développer des technologies de stockage et d'utilisation du CO₂.
- Reconstituer les paléoclimats et les paléoenvironnements à l'aide des sédiments lacustres et marins, actuels et passés.
- Étudier le rôle des processus côtiers dans la stabilisation et la protection du littoral.



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



RICHARD MARTEL
Hydrogéologie
richard.martel@inrs.ca



ANNE OLA
Processus côtiers
anne.ola@inrs.ca



CLAUDIO PANICONI
Modélisation hydrogéologique
claudio.paniconi@inrs.ca



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



JASMIN RAYMOND
Géothermie
jasmin.raymond@inrs.ca



JACOB STOLLE
Hydrodynamique côtière
et fluviale
jacob.stolle@inrs.ca

Hydroclimatologie

Grâce à une longue expérience dans le développement et l'application d'approches numériques comprenant des méthodes statistiques et des modèles déterministes, les équipes de recherche dans cette thématique élaborent des outils d'analyse et d'aide à la décision applicables à divers contextes.

Les recherches s'intéressent autant à la disponibilité des ressources qu'aux problématiques environnementales, comme la gestion et les infrastructures des eaux pluviales et potables, la qualité de l'habitat aquatique, l'évolution du climat, les répercussions des changements climatiques sur les processus côtiers, les milieux humides et la couverture de glace des plans d'eau.

Des activités de recherche appliquées aux défis actuels

- Développer des outils de modélisation statistique, numérique et physique, des modèles hydrologiques déterministes et stochastiques.
- Évaluer et anticiper les aléas naturels associés aux changements climatiques et aux autres impacts anthropiques (urbanisation, agriculture) sur la ressource en eau douce et l'habitat des poissons.
- Assurer un approvisionnement adéquat en eau de qualité (eaux souterraines et de surface).
- Optimiser l'aménagement du territoire dans divers contextes, production d'hydroélectricité, alimentation en eau potable ou d'irrigation, cartographie des zones inondables, gestion des eaux pluviales en milieux urbain et rural.
- Effectuer des études hydrauliques en laboratoire afin d'évaluer les impacts associés à l'érosion côtière.
- Mettre au point des approches techniques pour limiter l'incidence des changements climatiques.



Chercheurs et chercheuses de la thématique



NORMAND BERGERON
Écologie des poissons et hydro-
géomorphologie
normand.bergeron@inrs.ca



PAUL CÉLICOURT
Hydro-informatique
paul.celicourt@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



EVA ENDERS
Écologie et habitat du poisson
eva.enders@inrs.ca



PIERRE FRANCUS
Sédimentologie environnementale
et paléoclimats
pierre.francus@inrs.ca



ALAIN MAILHOT
Hydrologie urbaine
alain.mailhot@inrs.ca



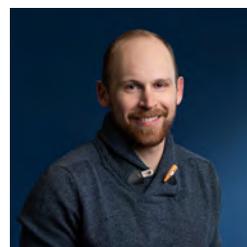
TAHA B.M.J. OUARDA
Hydrométéorologie statistique
taha.ouarda@inrs.ca



ALAIN N. ROUSSEAU
Modélisation hydrologique
alain.rousseau@inrs.ca



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

Les travaux menés dans le cadre de cette thématique portent sur la valorisation des rejets solides, aqueux et gazeux en contexte d'économie circulaire et de lutte aux changements climatiques. 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.

Les équipes de recherche travaillent aussi sur nouvelles techniques de diagnostic environnemental et de restauration ainsi que sur des bioprocédés de valorisation de résidus (organique, métallique, etc.) en produits à valeur ajoutée (ex. : bioplastiques, biocarburants, nutriments).

Des activités de recherche appliquées aux défis actuels

- Concevoir et implanter des technologies de traitement des eaux, d'épuration et de décontamination de matrices polluées.
- Traiter les résidus organiques comme des effluents industriels contaminés (ex. : lisier de porc, boues de fosses septiques, etc.).
- Développer des bioprocédés performants pour la protection de l'environnement (ex. : dégradation des hydrocarbures) et la biovalorisation de déchets en produits à valeur ajoutée.
- Valoriser des résidus agricoles ou d'insectes par des procédés biologiques et thermochimiques pour obtenir des produits et molécules d'intérêt.
- Créer des outils modernes de diagnostic environnemental et d'évaluation des ressources souterraines hydriques, minérales ou énergétiques.
- Développer des technologies relatives à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables.
- Séquestrer le CO₂ et utiliser les gaz à effet de serre à des fins durables.



Chercheurs et chercheuse 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 et économie
circulaire
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



TAREK ROUISSI
Bioprocédés industriels
tarek.rouissi@inrs.ca

Nouveaux financements de l'année (1^{er} avril 2023 - 31 mars 2024)

Adjallé, Kokou

- *Alginate-based biopolymers for film and paper applications: extraction, characterization, and processing* (MITACS - Accélération)
- Développement d'une formulation microbienne performante, écologique et économique pour la dégradation in situ des hydrocarbures pétroliers C10-C50 dans les sols contaminés (CRSNG - Subventions Avantage du programme Alliance)

Bergeron, Normand

- *Assessment of thermal refuge enhancement success for Atlantic salmon* (MITACS - Accélération)

Blais, Jean-François

- Développement de filières biohydrométallurgiques pour la récupération des métaux et éléments de terres rares à partir des déchets électroniques (FRQNT - Programme de recherche en partenariat sur le développement durable du secteur minier)
- Procédé complet de valorisation des piles usagées et des déchets électroniques / Procédé de traitement et valorisation des déchets de piles non triées (InnovÉÉ - Appel de projets PSO)

Bordeleau, Geneviève

- Chaire de recherche du Canada en protection des eaux souterraines dans un monde en changement (Chaires de recherche du Canada)

Célicourt, Paul

- Projection multisectorielle et multifactorielle des besoins en eau futurs du Québec à l'aide d'un système hydroinformatique ouvert (Osmoz : Consortium de recherche dédié à l'eau et Ouranos - Appel à projet conjoint)

Chebana, Fateh

- Prévion de la demande en eau potable : élargir les possibilités aux municipalités avec des données insuffisantes en quantité et en qualité (CRSNG - Subvention Alliance)

Chokmani, Karem

- AquaBots : Une solution innovante pour le suivi en temps réel de la qualité des cours d'eau (MITACS - Accélération)
- Développement d'un outil d'estimation des paramètres de la qualité de l'eau pour le réseau de suivi de la biodiversité à l'aide des images satellitaires (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec)
- Inventaire des bandes végétalisées le long des cours d'eau et des fossés agricoles dans le littoral. (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec)

Comte, Jérôme

- *How are changes on the land affecting water resources around Fort Good Hope and Ts'ude Niline Tuyeta?* (Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest - Programme de surveillance des effets cumulatifs des TNO)

Couture, Patrice

- *Combined effects of natural and anthropogenic stressors in freshwater organisms* (CRSNG - Subventions à la découverte individuelle)

Crémazy, Anne

- *Nickel in polar regions research phase 1* (University of Alberta)

Drogui, Patrick

- Conditionnement et traitement des biosolides contenant des substances perfluoro-alkyliques et polyfluoroalyliques (PFAS) par le procédé électrocatalytique avancé (Sanexen Services environnementaux)

Duchesne, Sophie

- Accroître la résilience des municipalités face aux changements climatiques par l'intégration de solutions vertes et d'ingénierie (CRSNG - Subvention Alliance)
- Chaire de recherche municipale en gestion durable de l'eau (Fédération québécoise des municipalités, Ville de Laval)
- *Development of guidelines on real time control of nature base solutions* (Conseil national de recherches du Canada)
- Essai d'un enrobé drainant et d'une chaussée réservoir comme ouvrage de gestion des eaux pluviales pour un stationnement (Ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec)
- Gestion durable des eaux de pluie et réduction des îlots de chaleur dans les périmètres urbains d'une MRC (MITACS - Accélération)
- Interventions to reduce combined sewer overflows (MITACS - Globalink)
- Trame Bleue Québec (Environnement et Changement climatique Canada - Fonds pour dommages à l'environnement)

Enders, Eva

- Approche interdisciplinaire pour différencier les écotypes résident et anadrome de l'omble de fontaine afin de favoriser la conservation et la gestion d'une espèce emblématique du Québec (FRQNT - Programme de recherche en partenariat dans le secteur maritime)
- *Importance of the height of riparian vegetation for thermal regimes of Atlantic salmon rivers to strategically inform restoration decisions* (Fondation pour la conservation du saumon atlantique)
- Portrait écologique de la rivière Kipawa à la lumière des développements hydroélectriques potentiels (MITACS - Accélération)

Fortin, Claude

- Conception de modèles prédictifs plus robustes de la toxicité relative de métaux aux écosystèmes aquatiques (FRQNT - Projet de recherche en équipe)
- *Mixed blessings of rare earth elements as critical minerals* (CRSNG - Subventions Missions d'Alliance/Appel de propositions : Recherche sur les minéraux critiques)

Francus, Pierre

- Mesures des variations de la densité du bois et des sols organiques dans l'estimation du carbone séquestré dans l'écosystème forestier canadien (CRSNG - Subvention Alliance, Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec)

Gloaguen, Erwan

- *Application of AI algorithms to geochemical, geophysical and geological data for targeting mineral systems beneath cover* (White Energy Compagny)
- Partenariat Brésil-Québec pour l'exploration des minéraux critiques par intelligence artificielle (Ministère des Relations internationales et de la Francophonie - Coopération bilatérale Québec-Brésil)

Harris, Lyal

- *Controls of upper mantle and deep crustal structures on mineralisation in Australasia* (White Energy Company)
- *Mapping deep crustal and upper mantle structures in southern Labrador using enhanced geophysical data for machine learning applied to critical mineral prospectivity* (Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador)

Hénault-Ethier, Louise

- 30x30 : du Nord au Sud, le Québec en action - Étude des stocks de carbone dans les écosystèmes préservés et perturbés du Québec (Nature Québec)
- Fiche technique sur l'entretien des phytotechnologies (MITACS - Accélération)
- Installation et entretien des infrastructures grises et des phytotechnologies à mettre en place dans le bâtiment du Carrefour de l'eau (2 Degrés)
- Mesures écofiscales : évaluation de gains en stockage de carbone (Société pour la nature et les parcs du Canada - Section Québec)
- *Omics to close the loop: Optimized amendment from local agrifood waste for carbon footprint reduction* (Génome Canada - Production bioalimentaire durable et adaptée au climat, INRS - Programme reconnaissance de regroupement externe)

Homayouni, Saeid

- Cartographie spatio-temporelle des conditions de neige fondue et de glace à l'aide d'observations multimodales de la Terre pour promouvoir la sécurité des déplacements au Nunavik (Agence spatiale canadienne - Programme global de subventions et de contributions à l'appui de la recherche, de la sensibilisation et de l'éducation en sciences et technologies spatiales)

- *Developing a novel clustering-merging method based on machine learning algorithms* (MITACS - Globalink)
- *High-resolution urban land cover mapping from satellite imagery* (Ressources naturelles Canada)
- *Leaf area index and wet biomass retrieval in agricultural fields from C-band SAR data using the Water Cloud Model* (MITACS - Globalink)
- *Machine learning-based improved WCM technique for soil moisture retrieval with synergy of Sentinel-1 and Landsat 8 data* (MITACS - Globalink)
- *Monitoring dam infrastructure displacement using inSAR remote sensing* (Conseil national de recherches du Canada - Programme de collaboration en science, en technologie et en innovation)
- Télédétection de caractéristiques de bâtiments à partir d'imagerie aérienne haute résolution (MITACS - Accélération)
- *Monitoring the kinematics of a small mountain glacier with satellite radar interferometry* (MITACS - Globalink)
- Validation des lignes directrices de conception et d'utilisation sécuritaire des chenaux de navigation commerciale (Pêches et Océans Canada)

Langlois, Valérie

- *Developing molecular markers for assessing responses in alternative tissues using innovative multi-omics techniques* (Environnement et Changement climatique Canada)
- Développement de trousse de détection de l'ADNe - iTrackDNA / Projet Imalijirit (Corporation foncière de Qiniqtiq de Kangiqsualujjuaq)
- Suivi de la distribution du saumon atlantique (*Salmo salar*) dans les rivières à saumon du Québec par l'ADN environnemental (Fondation Saumon)

Laurion, Isabelle

- *Global importance of Arctic lakes in biogenic volatile emissions* (CRSNG - Subvention Alliance, volet International - Catalyseur)

Lavoie, Isabelle

- Écotoxicologie des microplastiques chez les biofilms (Environnement et Changement climatique Canada)

Mailhot, Alain

- Développement d'une version de la méthode rationnelle intégrant les débits de crues printanières (Ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec)
- Outils facilitant les analyses des risques aux infrastructures posés par le climat (Ouranos)

Martel, Richard

- Développement d'outils pour la vérification, la diffusion et la synthèse des données sur la déclaration annuelle de prélèvement d'eau (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec)

- Développement d'un train technologique de traitement in situ de sols contaminés au diesel adapté au contexte des régions froides éloignées (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec, TechnoRem)
- Essais de performance d'une unité prototype de désinfection des contenants de stockage d'eau potable (Gestion et Location Aquatech)
- Évaluation des possibilités de réhabilitation in situ sur deux sites de la Mid-Canada-Line (Administration régionale Kativik)

Ouarda, Taha B.M.J.

- *Climate change impacts on the riverine thermal and flow environments under diverse climates of India and Canada* (Réseaux de centres d'excellence - Initiative du centre d'excellence en recherche Canada-Inde)

Pasquier, Louis-César

- Développement de nouveaux produits à base d'oxyde et de carbonates de magnésium à faible empreinte carbone (Consortium de recherche et d'innovation en transformation métallique - Appel à projets, CRSNG - Subvention Alliance)
- Étude d'un système de captage et de stockage de CO₂ adapté aux machines fonctionnant à l'aide de moteurs à combustion interne (Ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec)
- *Geochemical characterization of reservoir rock samples subject to supercritical CO₂ - Laboratory scale experiments* (Ressources naturelles Canada)
- Perspective de traitement des cendres volantes pour respecter les normes (Ville de Québec)
- Valorisation des métaux critiques et stratégie contenu dans le sous-produit du procédé ECO2 (Sigma Devtech)

Raymond, Jasmin

- *Assessment of geothermal heat and potential technologies in the South Slave Region through the measurement of rock properties, stratigraphy analysis, thermal modelling* (Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest)
- COMIRCHAN : Co-construction d'un modèle intersectoriel de réseaux de chaleur au Nunavik (FRQNT - Regroupements stratégiques)
- *Evaluation of borehole heat exchange systems at various depths as a source of clean heat for diesel-reliant community of Baker Lake, Nunavut* (Ressources naturelles Canada)
- *Evaluation of the thermal conductivity of the Baker Lake core samples and assessment of the terrestrial heat flow* (RESPEC Consulting)
- *Geothermal resources for energy transition: Building capacity through engagement with northern communities* (Ressources naturelles Canada - Programme pour la recherche géoscientifique dans le Nord du Canada GEM-GéoNord)
- Mécanismes de transfert de chaleur et performance des systèmes géothermiques installés dans des mines à ciel ouvert abandonnées et inondées (MITACS - Accélération)

Ross, Pierre-Simon

- Éruptions volcaniques violentes : mécanismes, dispersion des cendres et leur usage comme marqueur de temps dans les tourbières du Québec (FRQNT - Projet de recherche en équipe)

Rouissi, Tarek

- Étude du potentiel de commercialisation de produits à base de phytohormones, notamment les nanoformulations (Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec)

Rousseau, Alain N.

- Contribution à la gestion intégrée des intrants dans la culture de pommes de terre à l'aide de suivis spatio-temporels à haute résolution (FRQNT - Programme de recherche en partenariat - Agriculture durable)
- *Professional services proposal for updating the Yukon Energy hydroclimatic assessment of Aishihik, Mayo, and Upper Yukon using CMIP6 data* (Yukon Energy)

Soucy La Roche, Renaud

- Étude structurale détaillée de la zone de déformation Saint-Fulgence, Province de Grenville central, Québec (Ministère des Ressources naturelles et des Forêts du Québec)
- Géologie et structure du corridor de déformation Masères et son rôle potentiel sur les minéralisations aurifères, ceinture d'Urban-Barry, nord de l'Abitibi, Québec (Ressources Bonterra)

St-Hilaire, André

- *Ecohydrology of a managed river system: Improved hydrological, thermal and fish habitat monitoring and modelling for informed management decisions* (CRSNG - Subvention Alliance, Rio Tinto Alcan)
- Indicateur thermique des bandes riveraines le long de refuges thermiques pour le saumon (Fondation de la faune du Québec - Programme de valorisation, d'aménagement et de restauration des habitats du saumon atlantique)
- *Mobilizing new and historical data to link freshwater habitat conditions to Atlantic salmon marine survival in support of wild Atlantic salmon conservation* (Pêches et Océans Canada)
- Repenser les débits environnementaux au Québec - élaboration d'un programme universitaire de recherche (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec)
- *Satellite remote sensing of melt water river discharge* (MITACS - Globalink)

Stolle, Jacob

- Référentiel des équipements résidentiels et des assemblages architecturaux pour faire face à l'inondation (Architecture Sans Frontières Québec)
- Réseau québécois d'adaptation et de gestion des zones côtières (Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec)

Les principales infrastructures de recherche du Centre comprennent des laboratoires au centre-ville et dans le parc technologique de Québec, des équipements mobiles pour le terrain, ainsi qu'une station de recherche en bordure de la rivière Sainte-Marguerite au Saguenay. Au centre-ville, le Centre dispose notamment d'un laboratoire général et de plusieurs laboratoires spécialisés, de salles de microscopie et de préparation des échantillons, 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) situés au Parc technologique du Québec métropolitain servent, entre autres, à la mise à l'échelle des technologies développées en partenariat avec les entreprises.

LABORATOIRES DU CENTRE-VILLE

Responsable des laboratoires : [Lise Rancourt](#)

Bio-optique et biogéochimie aquatique

Responsable : [Isabelle Laurion](#), professeure

Écotoxicogénomique, ADN/ARN environnemental et perturbation endocrinienne

Responsable : [Valérie Langlois](#), professeure

Géochimie, imagerie et radiographie des sédiments (GIRAS)

Responsable : [Pierre Francus](#), professeur

Géothermie (LOG)

Responsable : [Jasmin Raymond](#), professeur

Mesure des métaux traces dans des échantillons du milieu aquatique

Responsable : [Lise Rancourt](#)

Microscopie électronique à balayage (MEB)

Responsable : [Pierre Francus](#), professeur

Simulation physique

Responsable : [Lyal Harris](#), professeur

Téledétection environnementale et nordique (TENOR)

Coresponsables : [Karem Chokmani](#) et [Saeid Homayouni](#), professeurs

LABORATOIRES LISTE

Gestionnaire des infrastructures majeures : [Marie-Eve Drouin](#)

Biotechnologies environnementales (LBE)

Directeurs des opérations : [Mathieu Drouin](#)

Coresponsables : [Kokou Adjallé](#) et [Tarek Rouissi](#), professeurs

Électrotechnologies environnementales et procédés oxydatifs (LEEPO)

Responsable : [Patrick Drogui](#), professeur

Gestion hydraulique des réseaux de distribution d'eau potable

Responsable : [Sophie Duchesne](#), professeure

Hydraulique environnemental (LHE)

Responsable : [Jacob Stolle](#), professeur

Hydrogéologie des contaminants

Responsable : [Richard Martel](#), professeur

Technologies environnementales

Coresponsables : [Jean-François Blais](#) et [Louis-César Pasquier](#), professeurs

Tomodensitométrie pour les ressources naturelles et le génie civil

Responsable : [Pierre Francus](#), professeur

ÉQUIPEMENTS MOBILES

Géosciences appliquées (LGA)

Responsable : [Marc Richer-Lafèche](#), professeur

Système de sondage par enfoncement et rotopercussion

Responsable : [Richard Martel](#), professeur

Téledétection environnementale par drone (TED)

Coresponsables : [Karem Chokmani](#) et [Saeid Homayouni](#), professeurs

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 chercheur.e.s de la CGC sont ainsi professeur.e.s associé.e.s 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

Chemineurs 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



Membres de l'équipe de la professeure Valérie Langlois tenant un kiosque de vulgarisation à la Tempête des sciences au cégep Garneau (gauche à droite) : Marie-Pier Brochu (doctorat), Dimitri Hahn (stagiaire), Marie-Lee Castonguay (doctorat) et Martin Cambolin (stagiaire).

Membres réguliers

Kokou Adjallé
 Normand E. Bergeron
 Jean-François Blais
 Geneviève Bordeleau
 Paul Célécourt¹
 Fateh Chebana
 Karem Chokmani
 Jérôme Comte
 Patrice Couture
 Anne Crémazy
 Patrick Drogui
 Sophie Duchesne
 Eva Enders
 Claude Fortin
 Pierre Francus
 Bernard Giroux
 Erwan Gloaguen
 Lyl Harris
 Saeid Homayouni
 Valérie Langlois
 Isabelle Laurion
 Isabelle Lavoie
 René Lefebvre
 Alain Mailhot
 Richard Martel
 Anne Ola¹
 Taha B.M.J. Ouarda
 Claudio Paniconi
 Louis-César Pasquier
 Eric Peterson²
 Jasmin Raymond
 Marc Richer-Lafèche
 Pierre-Simon Ross
 Tarek Rouissi
 Alain N. Rousseau
 Renaud Soucy La Roche
 André St-Hilaire
 Jacob Stolle

Membres émérites

Bernard Bobée
 Peter G.C. Campbell
 Georges Drapeau
 Jean-Pierre Villeneuve

Membres associés

Kian Abbasnezhadi, Environnement et Changement climatique Canada
 Aïcha Achab (retraîtée), INRS
 Jason M.E. Ahad, Commission géologique du Canada, bureau de Québec (CGC-Québec)
 Luc Aquilina, Université des Rennes (France)
 Patrick Athéba, Université Félix-Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)
 Jean-Christian Auclair (retraité), INRS
 Simon Barnabé, UQTR
 Jean H. Bédard, CGC-Québec
 Sonja Behmel, Watershed Monitoring et Agiro
 Monique Bernier (retraîtée), INRS
 Daniela Blessent, Universidad de Medellín (Colombie)
 Pierre Blier, UQAR
 Martin Blouin, Geostack
 Olivier Bour, Université de Rennes (France)
 Satinder Kaur Brar, University of Toronto
 Gérardo Buena, Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)
 Daniel Caissie, Pêches et Océans Canada
 Angus Calderhead, Environnement et Changement climatique Canada
 Athyna Cambouris, Agriculture et Agroalimentaire Canada
 Céline Campagna, Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ)
 Sébastien Castonguay, CGC-Québec
 Pascale Champagne, Conseil national de recherches Canada (CNRC)
 Léo Chassiot, Université Laval
 Maxime Claprood, UQAC
 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, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ, Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des parcs du Québec (MELCCFP)
 Amadou Diop, Delmar Chemicals
 Gregory Dipple, University of British Columbia
 Bernard Doyon, Cégep F.X. Garneau
 Mathieu J. Duchesne, CGC-Québec
 Youssef Filali-Meknassi, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)
 Jaime Max Gárfias Soliz, Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA, Mexique)
 Charles Gignac, Université Laval
 Charles Gobeil (retraité), INRS
 Yves Gratton (retraité), INRS
 Carl Guilmette, Université Laval
 Sylvio J. Gumiere, Université Laval
 Louise Hénault-Ethier (directrice), Centre Eau Terre Environnement, INRS
 Michel Houllé, CGC-Québec
 David Huard, Consortium Ouranos
 Maria Iliuta, Université Laval
 Josué Jautzy, CGC-Québec
 Stéphanie Larmagnat, CGC-Québec
 Dominic Larivière, Université Laval
 Séverine Le Faucheur, Université de Genève (Suisse)
 Michel Leclerc (retraité), INRS
 Annie Levasseur, Université Laval
 Laurent Longuevergne, Université de Rennes (France)

¹Arrivée en cours d'année

²Départ en cours d'année

Michel Malo (retraité), INRS
Yvon Maranda (retraité), MELCCFP
Guy Mercier (retraité), INRS
Patrick Mercier-Langevin, CGC-Québec
Vani Mohit, CEAEQ, MELCCFP
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)
Carmen Neculita, UQAT
Yassine Ouarda, Enviro-Experts
Daniel Paradis, CGC-Québec
Michel A. Parent, CGC-Québec
Geneviève Pelletier, Université Laval
Didier Perret, CGC-Québec
Damien Pham Van Bang, École de technologie supérieure (ÉTS)
Reinhard Pienitz, Université Laval
Jean-Luc Pilote, CGC-Québec
Nicolas Pinet, CGC-Québec
Monique Poulin, Université Laval
Milla Rautio, UQAC
Sébastien Raymond, Co-operators Assurance et Services financiers
Nicolas Reynier, Ressources naturelles Canada
Simon Ricard, Université Laval
Christine Rivard, CGC-Québec
Stacey A. Robinson, Environnement et Changement climatique Canada
Maïkel Rosabal Rodriguez, UQAM
Bertrand Rottier, Université Laval
Anne-Aurélie Sappin, CGC-Québec
Martine M. Savard, CGC-Québec
Yves Secretan (retraité), INRS
Stephan Séjourné, Enki GeoSolutions
Alain Soucy (retraité), INRS
André Tessier (retraité), INRS
Shiva Tirdad, CGC-Québec
Geneviève Treyvaud, bureau du Ndakina du Grand Conseil de la Nation
Waban-Aki
Richard Turcotte, MELCCFP
Miguel Uh Zapata, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT-
CONACYT, Mexique)
José R. Valéro (retraité), Service canadien des forêts
Michel van den Heuvel, University of Prince Edward Island
Virginie Vergnaud, Université de Rennes (France)
Warwick F. Vincent, Université Laval
Hussein Wazneh, Centre de recherche et d'innovation en sécurité civile du
Québec (Centre RISC, Campus Notre-Dame-de-Foy)

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

INRS.CA