

# CENTRE EAU TERRE ENVIRONNEMENT

## Rapport d'activités **2022-2023**



Institut national  
de la recherche  
scientifique

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

**Rapport d'activités du 1<sup>er</sup> mai 2022 au 30 avril 2023**

Disponible en format électronique : <https://espace.inrs.ca/id/eprint/13619/>

**Rédaction et mise en page**

Mathilde Renaud

**Révision**

Caroline Jolicoeur

**Crédits photo**

Couverture : Julie Fortin et Maya Bedoiseau

Autres sections : site web INRS et banque de photos Centre ETE

**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](mailto:info.ete@inrs.ca)

Site Internet : [www.inrs.ca](http://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 2022-2023.

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.

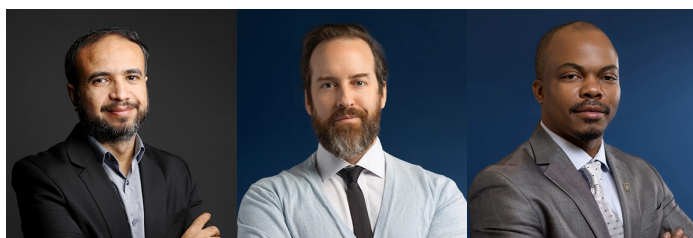
Citons d'abord l'arrivée de trois nouveaux professeurs au Centre cette année. Un expert des bioprocédés industriels maintenant coresponsable du Laboratoire de biotechnologies environnementales. Ce laboratoire a d'ailleurs obtenu un financement de 5M\$ afin d'appuyer la transition verte des entreprises. Un spécialiste de la valorisation de la biomasse qui s'est joint à l'unité mixte de recherche (UMR) avec l'UQTR et un expert en hydro-informatique qui s'est joint à l'UMR avec l'UQAR.

Du côté des subventions majeures, un chercheur du Centre a obtenu plus de 5M\$ pour un projet novateur en génomique visant à détecter les proliférations d'algues nuisibles. Soulignons également les bons coups du Centre Intersectoriel d'analyse des perturbateurs endocriniens (CIAPE) dont les deux coresponsables, des centres ETE et AFSB, ont reçu le prix Planète Réalisation d'excellence en recherche de l'INRS. Ces deux chercheuses ont également publié un livre de vulgarisation scientifique pour les jeunes sur l'effet des polluants.

Ces quelques exemples, parmi d'autres, font état du dynamisme des équipes de recherche du Centre. Enfin, sur le plan de la formation, 22 diplômés de maîtrise de recherche ainsi que 16 doctorats ont été remis cette année, alors que 38 étudiants ont terminé leur maîtrise professionnelle.

Le présent rapport se veut un survol des grandes réalisations pour l'année 2022-2023. Les succès obtenus sont le résultat de la contribution exceptionnelle de tous les membres, 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.

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



*Photos du haut : les nouveaux professeurs Tarek Rouissi, Eric Peterson et Paul Célécourt; photo du bas : les professeurs Valérie Langlois (Centre ETE) et Isabelle Plante (Centre AFSB), coresponsables du CIAPE.*

Louise Hénault-Ethier  
Directrice du Centre Eau Terre Environnement

## 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, des endroits de villégiature et de ressourcement, et réaliser une projection des 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



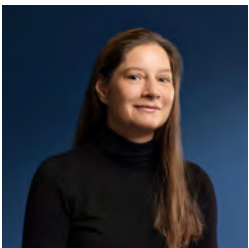
**JÉRÔME COMTE**  
Diversité et fonction microbienne  
jerome.comte@inrs.ca



**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  
claud.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



## Géologie et ressources géologiques

Les équipes de recherche dans cette thématique se concentrent sur la découverte et l'exploitation durable des ressources géologiques stratégiques et critiques 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 géothermiques profondes.

### 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





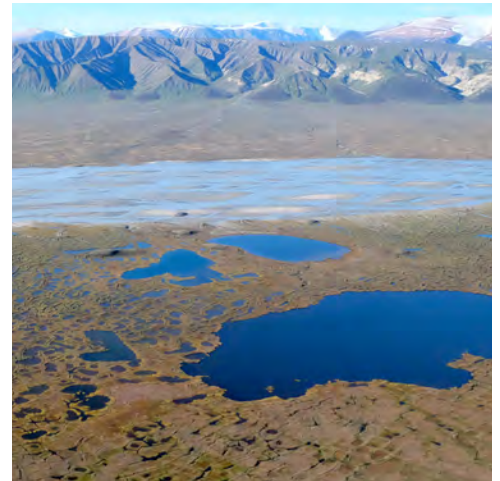
## Géomatique et télédétection

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**  
Géomorphologie et habitat fluvial  
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

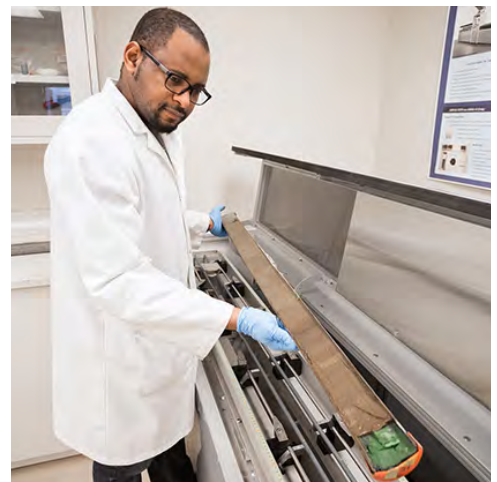
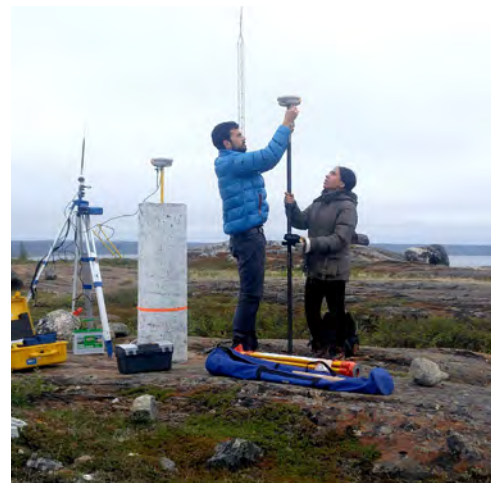
### Géosciences environnementales

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 permettant l'évaluation et l'exploitation de l'énergie géothermique superficielle : intégrer des technologies géothermiques aux projets de tunnels, au chauffage des bâtiments nordiques et au stockage thermique souterrain.
- Réaliser des travaux sur les 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, de fluides, de solutés et de 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 de multiples secteurs comme l'agroenvironnement ou l'exploitation minière.
- Étudier les sédiments lacustres et marins, actuels et passés, dans le but de reconstituer les paléoclimats et les paléoenvironnements.
- Développer des technologies de stockage et d'utilisation du CO<sub>2</sub>.



## Chercheuse 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



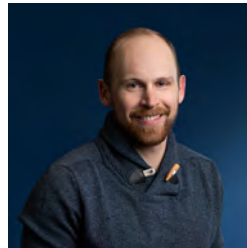
**CLAUDIO PANICONI**  
Modélisation hydrogéologique  
claudio.paniconi@inrs.ca



**LOUIS-CÉSAR PASQUIER**  
Stockage et utilisation du CO<sub>2</sub>  
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.



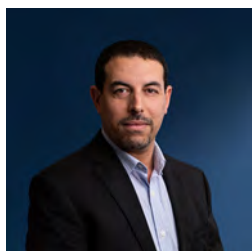
## Chercheurs et chercheuses de la thématique



**NORMAND BERGERON**  
Géomorphologie et habitat fluvial  
normand.bergeron@inrs.ca



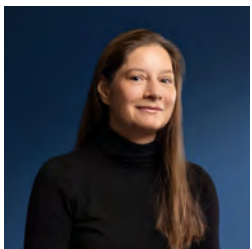
**PAUL CÉLICOURT**  
Hydro-informatique  
paul.celicourt@inrs.ca



**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



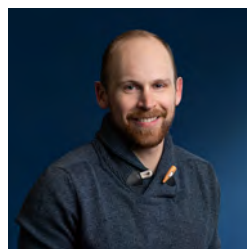
**TAHA B.M.J. OUARDA**  
Hydrométéorologie statistique  
taha.ouarda@inrs.ca



**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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>  
louis-cesar.pasquier@inrs.ca



**ERIC PETERSON**  
Valorisation de la biomasse  
eric.peterson@inrs.ca



**TAREK ROUISSI**  
Bioprocédés industriels  
tarek.rouissi@inrs.ca



## Nouveaux financements de l'année (1<sup>er</sup> avril 2022 - 31 mars 2023)

### Adjallé, Kokou

- Production à grande échelle d'ingrédients naturels de grade alimentaire à base de probiotiques et de post-biotiques (Silicycle, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec)

### Blais, Jean-François

- Développement d'une technologie propre de comminution pour l'industrie minière : l'électrofracturation à haute puissance pulsée (MITACS - Accélération)
- Procédé complet de valorisation des piles usagées et des déchets électroniques / Procédé de traitement et valorisation des déchets de piles non triées (CRSNG - Subvention Alliance)
- Traitement et réutilisation des effluents de traitement de la cryolite (COREM - Innovation en traitement de minerais)

### Bordeleau, Geneviève

- Élaboration d'outils sur l'échantillonnage et l'interprétation des analyses isotopiques des gaz utiles pour l'étude hydrogéologique dans le cadre de la fermeture des forages d'hydrocarbures au Québec (MELCCFP : Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec)
- Évaluation spatiale du risque de consommation d'eau (potable) contaminée en période d'inondation (Appel à projets conjoint RISSQ-Ouranos)
- Sourciers et sourcières des temps modernes : quels apports possibles au domaine de la recherche d'eau souterraine (FRQNT - Programme Engagement)

### Chokmani, Karem

- Conception et mise à l'essai d'un système modulaire intelligent d'aide à la décision embarqués sur drone (DroneXperts)
- Étude de marché pour la création d'une compagnie de photographie aérienne (MITACS - Accélération)
- Sonde optique pour la caractérisation des couches du manteau neigeux (CRSNG - Subvention de l'Idée à l'Innovation)
- Système d'échantillonnage des eaux de surfaces embarqué sur drone (CRSNG - Subvention de l'Idée à l'Innovation)

### Comte, Jérôme

- *Rapid on-site detection of harmful algal blooms* (Génome Québec, Génome Canada - Programme de partenariats pour les applications de la génomique)

### Crémazy, Anne

- *Characterizing the effects of suspended sediment on the smoltification of Atlantic salmon in the Restigouche watershed* (MITACS - Accélération)
- *Critical review on the environmental risk of Ni in polar regions* (University of Alberta)

- *Investigating metal bioavailability to aquatic organisms: Biogeochemical perspectives* (CRSNG - Subventions à la découverte individuelle et Supplément tremplin vers la découverte)
- *Investigating the effects of culturing conditions on copper toxicity to *Lymnaea stagnalis** (International Copper Association)
- *Is episodic river acidification affecting wild Atlantic salmon populations in the Maritimes?* (CRSNG - Subvention Alliance)

### Drogui, Patrick

- *Bioconversion of wastes into polyhydroxyalkanoates and recovery of co-products at pilot scale* (MITACS - Élévation)
- Développement et optimisation de procédé électro-chimique de séquestration du CO<sub>2</sub> en phase aqueuse (MITACS - Accélération)
- Réacteur électro-catalytique adapté au traitement à la source des micro- et nanoplastiques (CRSNG - Subvention de l'Idée à l'Innovation)

### Duchesne, Sophie

- Développement et évaluation des performances d'outils pour la sélection des emplacements d'échantillons instantanés dans des réseaux de distribution d'eau potable réels (MITACS - Accélération)
- S'adapter au climat par le verdissement - Guide sur l'adaptation aux changements climatiques avec les infrastructures végétalisées (Union des municipalités du Québec)
- Suivis expérimentaux en hydrologie et sur les végétaux du *water square* Fleurs-de-Macadam à Montréal (MITACS - Accélération)

### Fortin, Claude

- *Assessing the risks of critical metals in the environment* (CRSNG - Subvention Alliance)
- *RADlum effects on AquaTlc OrgaNisms* (CRSNG - Subvention Alliance, BHP Billiton Canada, Cameco Corporation, Gouvernement de la Saskatchewan, Nexgen Energy, Denison Mines, Laboratoires nucléaires canadiens)

### Giroux, Bernard

- Mise à jour de l'évaluation du potentiel de stockage géologique du CO<sub>2</sub> au Québec (MERN : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec)

### Harris, Lyal

- *Crustal and upper mantle structures and domain margins in the Juruena and Tapajós mineral provinces, Mato Grosso and Pará states, Brazil: Controls on mineralisation and tectono-metallogenic implications* (Ero Copper)
- Structure de la bordure nord du craton ouest-africain au Maroc : Étape 1-Traitements et interprétations préliminaires de données (Managem)

## Hénault-Ethier, Louise

- Étude du bilan carbone indirect lié aux nouvelles pratiques de travail postpandémie (MITACS - Accélération)
- Étude sur l'empreinte carbone du télétravail (Société des établissements de jeux du Québec)
- Projet d'amélioration des capacités d'innovation et de transferts technologiques du Laboratoire de biotechnologies environnementales (phase 1) (Développement économique Canada, INRS)
- S'adapter au climat par le verdissement - Guide sur l'adaptation aux changements climatiques avec les infrastructures végétalisées (Union des municipalités du Québec)

## Homayouni, Saeid

- *Empowering our communities to map rough ice and slush for safer sea-ice travel in Inuit Nunanga* (FRQNT - Programme de recherche Canada-Inuit Nunangat-Royaume-Uni dans l'Arctique)
- *Sea and coastal ice characterization using multi-source/ Multi-temporal Earth observations and artificial intelligence* (MITACS - Accélération)

## Langlois, Valérie

- Réponse multi-trophique des organismes des sols agricoles et des cours d'eau à la suite d'une réduction de l'utilisation de pesticides (FRQNT - Programme de recherche en partenariat - Agriculture durable)
- Suivi de la distribution du saumon atlantique (*Salmo salar*) dans la rivière Jacques-Cartier par l'ADN environnemental (MITACS - Accélération)

## Laurion, Isabelle

- Démystifier les causes des fleurs d'eau observées sur trois lacs du parc des Grands-Jardins (MITACS - Accélération)

## Lavoie, Isabelle

- Exposition de plantes aquatiques enracinées à des sédiments contaminés par des herbicides (MELCCFP)
- Herbicides dans les sédiments du lac St-Pierre et effets sur les plantes aquatiques enracinées (MITACS - Globalink)

## Mailhot, Alain

- Analyse des événements pluviométriques de grandes récurrences pour des études liées aux Attestations d'Assainissement Municipales (AAM) des ouvrages de la Ville de Québec (Ville de Québec)
- Analyse et comparaison de méthodes simples d'estimation des débits de crue en support à la cartographie à grande échelle des zones inondables au Canada (Environnement et Changement climatique Canada)
- Apport de la modélisation hydraulique et évaluation des incertitudes sur les débits estimés dans les parties extrapolées des courbes de tarage (Ouranos)

## Ouarda, Taha B.M.J.

- Eaux-agriculture et changement climatique : Renforcement des compétences en la matière (MRIF : Ministère des Relations internationales et de la Francophonie du Québec - Coopération Québec-Royaume du Maroc)

## Pasquier, Louis-César

- Accompagner la transition écologique par la valorisation de résidus miniers (FRQNT - Programme de recherche en partenariat sur le développement durable du secteur minier)
- Analyses permettant de mieux comprendre la nature et la provenance des particules fines ou d'autres contaminants à Québec, particulièrement en Basse-Ville et dans Limoilou (CIUSSS de la Capitale-Nationale)
- Étude du bilan carbone indirect lié aux nouvelles pratiques de travail postpandémie (MITACS - Accélération)

## Peterson, Eric

- Protéine unicellulaire issue de la biomasse résiduelle pour une économie circulaire mondiale (MRIF - Coopération bilatérale - Québec-Singapour)

## Pham Van Bang, Damien

- Mesures et analyse du transport sédimentaire dans un estuaire fortement impacté par les activités portuaires (MITACS - Globalink)
- Poursuite du développement du modèle hydraulique du fleuve Saint-Laurent (Communauté métropolitaine de Québec)

## Raymond, Jasmin

- Aménagement d'un puits d'observation et l'étude géologique et hydrogéologique d'un site expérimental de stockage souterrain d'hydrogène (MERN)
- *Assessment of geothermal energy resource potential in the South Slave region of the NWT* (Ressources naturelles Canada - Programme pour la recherche géoscientifique dans le Nord du Canada)
- Contribution et soutien au projet de modélisation pour l'écoulement et le transfert de chaleur dans des réseaux 3D de porosité (Ressources naturelles Canada)
- Étude des effets d'échelle liés à l'évaluation de la conductivité thermique du roc en géothermie (CRSNG - Subventions à la découverte individuelle et Supplément en recherche nordique)
- Évaluation du potentiel de l'utilisation directe de la chaleur géothermique : premiers pas vers la valorisation des puits d'hydrocarbures du Québec (MERN)
- *Geological data compilation of the Fort Liard geothermal resource* (Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest)
- *Solutions to reduce the impact of borehole thermal energy storage on permafrost - A study undertaken in the community of Baker Lake (Nunavut, Canada)* (Ressources naturelles Canada)
- *Technical viability of hydrogen gas storage in cased wells* (MITACS - Accélération)
- Travaux d'évaluation du potentiel en hydrogène naturel au Québec (MERN)

## **Richer-Lafèche, Marc**

- Optimisation de la détection de gîtes de sulfures disséminés et massifs profonds par électromagnétisme de haute puissance et séparation des composantes de conductivité et de chargeabilité électrique (Ressources Falco, FRQNT - Programme de recherche en partenariat sur le développement durable du secteur minier)
- Programme d'exploration St-Robert 2022 (Leopard Lake Gold corp)
- Prospection directe de minéralisations sulfurées en contexte de recouvrement quaternaire : Approche géochimique par analyse des gaz en zone vadose (FRQNT - Programme de recherche en partenariat sur le développement durable du secteur minier)

## **Ross, Pierre-Simon**

- Géologie du gisement d'or Windfall, Sous-province de l'Abitibi, Québec (Groupe minier Windfall)
- Stratigraphie, volcanologie, sédimentologie et géochimie de la Formation de Blondeau dans la région de Waswanipi, Sous-Province de l'Abitibi (MERN)

## **Rousseau, Alain N.**

- Étude de la matière organique du sol et de ses composantes dans des agrosystèmes conventionnels et biologiques en grandes cultures afin de mieux comprendre son évolution selon les rotations et les pratiques agricoles (FRQNT - Programme de recherche en partenariat - Agriculture durable)
- Gestion des usages de l'eau à l'échelle du bassin versant (MELCCFP)
- *Water quality of Lake St. Charles, Quebec; Numerical investigation of the governing factors of harmful algal blooms under current and future climate conditions* (MITACS - Accélération)

## **Soucy La Roche, Renaud**

- *Characterization of rock and geochronometer deformation with electron backscatter diffraction* (FCI - Fonds des leaders John-R.-Evans, Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec - Volet 4 - Soutien au financement d'infrastructures de recherche et d'innovation)
- Réconciliation de l'évolution métamorphique avec le contexte tectonique lors de la mise en place d'intrusions alcalines riches en éléments des terres rares dans la Province de Grenville (FRQNT - Établissement de la relève professorale)

## **St-Hilaire, André**

- Analyse comparative et sélection d'indices thermiques pour le Québec (MELCCFP)
- *Analysis of the representativity of temperature measurements taken at hydrometric stations for the characterization of the thermal regime of rivers* (Environnement et Changement climatique Canada)
- *Sustainable agriculture and water use for Prince Edward Island* (CRSNG - Subvention Alliance)

## **Stolle, Jacob**

- *Mobility and burial of variable density munitions in the inner surf and swash zones during controlled extreme forcing* (U.S. Department of Defense - Strategic Environmental Research and Development Program)
- Solution mixte végétalisée contre l'érosion des berges induite par les vagues de batillage : retour d'expériences, innovation et matériaux (Administration portuaire de Montréal, Ministère des Transports du Québec - Appel à projets PLAINE)
- Solutions d'adaptation aux risques de submersion du littoral marin et de l'érosion côtière (FCI - Fonds des leaders John-R.-Evans, Ministère de l'Enseignement Supérieur du Québec - Volet 3 - Cofinancement du gouvernement du Québec aux programmes de la FCI)

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

### Bio-optique et biogéochimie aquatique

Responsable : [Isabelle Laurion](#), professeure

### Écotoxicogénomique et perturbation endocrinienne (LEPE)

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 des laboratoires : [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

### 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/](https://inrs.ca/les-etudes/programmes-d-etudes/etudier-en-environnement-et-geosciences/)

Des programmes de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> 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.

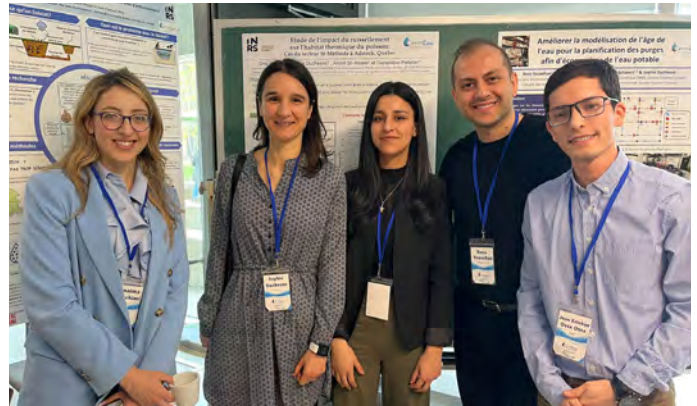
Quatre parcours de bidiplomation sont également offerts en collaboration avec un institut marocain, deux universités françaises et une université islandaise.

### 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

### 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



Membres du Centre présents à la Journée Eau du CentrEau (gauche à droite) : Oumaima El Hachimi (au doctorat), Sophie Duchesne (professeure), Ons Sidhom (à la maîtrise), Reza Yousefian (au doctorat) et Juan Esteban Ossa Ossa (à la maîtrise).

### 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/](https://inrs.ca/les-etudes/stages-postdoctoraux/)

Stages d'été au Centre :

[stages.ete.inrs.ca](https://stages.ete.inrs.ca)

**Membres réguliers**

Kokou Adjallé  
 Normand E. Bergeron  
 Jean-François Blais  
 Geneviève Bordeleau  
 Paul Célécourt<sup>1</sup>  
 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  
 Taha B.M.J. Ouarda  
 Claudio Paniconi  
 Louis-César Pasquier  
 Eric Peterson<sup>1</sup>  
 Damien Pham Van Bang<sup>2</sup>  
 Jasmin Raymond  
 Marc Richer-Lafliche  
 Pierre-Simon Ross  
 Tarek Rouissi<sup>1</sup>  
 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  
 Mario Bergeron (retraité), INRS  
 Claude Bernard, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)  
 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 Buelna, 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  
 Emmanuelle Cecchi, UQAT  
 Léo Chassiot, Université Laval  
 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, 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  
 Ahmad Dirany, Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI, Cégep de Sorel-Tracy)  
 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  
 Nicolas Gruyer, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec  
 Carl Guilmette, Université Laval  
 Sylvio J. Gumiere, Université Laval  
 Yasser Hamdi, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN, France)  
 Louise Hénault-Ethier (directrice), Centre Eau Terre Environnement, INRS  
 Michel Houlié, CGC-Québec  
 David Huard, Consortium Ouranos  
 Maria Iliuta, Université Laval  
 Josué Jautzy, CGC-Québec

<sup>1</sup> Arrivé en cours d'année 2022

<sup>2</sup> Départ en cours d'année 2023

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)  
Sara Magdoui, Centre technologique des résidus industriels (CTRI, Cégep de  
l'Abitibi-Témiscamingue)  
Michel Malo (retraité), INRS  
Yvon Maranda (retraité), MELCCFP  
Guy Mercier (retraité), INRS  
Patrick Mercier-Langevin, CGC-Québec  
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  
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  
Monique Poulin, Université Laval  
Milla Rautio, UQAC  
Sébastien Raymond, Co-operators Assurance et Services financiers  
Nicolas Reynier, Ressources naturelles Canada  
Christine Rivard, CGC-Québec  
Stacey A. Robinson, Environnement et Changement climatique Canada  
Maïkel Rosabal Rodriguez, UQAM  
Tarek Rouissi, CTRI  
Anne-Aurélië Sappin, CGC-Québec  
Yves Secretan (retraité), INRS  
Stephan Séjourné, Enki GeoSolutions  
Mozhdeh Shahbazi, Centre de géomatique du Québec  
André Tessier (retraité), INRS  
Shiva Tirdad, CGC-Québec  
Geneviève Treyvaud, bureau du Ndakina du Grand Conseil de la Nation  
Waban-Aki  
Gaële Triffault-Bouchet, MELCCFP  
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**