



UNE STRATÉGIE TRANSDISCIPLINAIRE SANS PRÉCÉDENT

Financée à hauteur de 98 M\$ sur 7 ans par le Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada, la stratégie Sentinelle Nord permet à l'Université Laval de puiser dans plus d'un demi-siècle d'excellence en recherche nordique et en optique et photonique pour développer des nouvelles technologies et améliorer notre compréhension de l'environnement nordique et de son impact sur l'être humain et sa santé.

Sentinelle Nord contribuera à générer le savoir nécessaire pour suivre et se préparer à la transformation des milieux nordiques à diverses échelles, du microbiote aux écosystèmes, à l'aide de technologies avancées et de stratégies d'intervention visant la santé et le développement durable.

Cet ambitieux programme de recherche transdisciplinaire est articulé au sein de trois grands chantiers thématiques de recherche dans lesquels s'inscrit l'innovation technologique, particulièrement en optique-photonique.



**CANADA
FIRST**
RESEARCH
EXCELLENCE
FUND

**APOGÉE
CANADA**
FONDS
D'EXCELLENCE
EN RECHERCHE

Le programme Sentinelle Nord est rendu possible grâce, en partie, au soutien financier du Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada



CHANTIER THÉMATIQUE 1

DÉCODER LES INTERACTIONS ENTRE SYSTÈMES COMPLEXES DU NORD

Le Nord, avec ses divers réseaux interconnectés, est un vaste système complexe aux prises avec de rapides changements climatiques, écologiques, sociaux, et économiques. L'objectif principal de ce chantier de recherche est d'acquies une meilleure compréhension des systèmes complexes du Nord (microbiomes, écosystèmes, géosystèmes, et sociétés) et de leur logique interne qui dépend, entre autres, de leurs interactions mutuelles. Cette complexité sera analysée grâce aux méthodes de la science des réseaux.

Réunissant plus de 40 chercheurs de 3 facultés et 12 départements de l'Université Laval et 15 collaborateurs hors UL, ce chantier thématique explorera les systèmes nordiques à toutes les échelles: microscopique (microbiotes et biologie des systèmes), mésoscopique (préservation de la biodiversité et espèces sentinelles), et macroscopique (services écosystémiques, gestion et qualité de l'eau, dégradation du pergélisol, infrastructures), alliés aux développements de puissants modèles numériques et d'une nouvelle génération de capteurs et de senseurs optiques aux possibilités multiples de réseautage.

Projets de recherche du Chantier thématique 1

- [1.1 Analyse réseau des espèces parapluie : évaluer l'intégrité des écosystèmes du Nord](#)
- [1.2 La résilience des réseaux complexes : identifier les indicateurs critiques pour une intervention ciblée](#)
- [1.3 Documenter et modéliser les interrelations clés des systèmes hydriques nordiques soumis aux pressions climatiques, géosystémiques et sociétales](#)
- [1.4 Détection photonique extrême et suivi des environnements pergélisolés](#)
- [1.5 Pitutsimaniq, capteurs en réseau pour le suivi en temps réel des infrastructures et des écosystèmes nordiques](#)



CHANTIER THÉMATIQUE 2

LA LUMIÈRE COMME MOTEUR, ENVIRONNEMENT ET VECTEUR D'INFORMATION DANS LES MILIEUX NATURELS ET LA SANTÉ DANS LE NORD

L'exploitation du potentiel remarquable de la lumière par l'humain, ainsi que sa mise à profit d'un point de vue technologique, ont mené à de profondes transformations de nos sociétés dans de multiples domaines dont la santé et la sécurité, les énergies vertes et renouvelables, le réseautage et les communications, et l'exploration des multiples environnements de notre planète. Aux hautes latitudes, les grandes variations saisonnières de la photopériode et du couvert de neige et de glace amènent une variabilité notable dans la disponibilité et la qualité de la lumière affectant les écosystèmes et les sociétés nordiques.

Ce chantier regroupe plus de 60 chercheurs de 7 facultés et 13 départements de l'Université Laval et 30 collaborateurs hors UL ayant comme objectif d'investiguer la propagation de la lumière à travers espaces et substrats ; ses interactions avec la matière ; son influence sur la physiologie et les biorythmes ; le développement de technologies optiques permettant l'étude des substrats et des processus bio- et géochimiques; la détection de composés climatiquement-actifs; et la génération d'énergie durable.

Projets de recherche du Chantier thématique 2

[2.1 Cultures de la lumière nordique: Optimisation de la biophilie en climat extrême par l'architecture](#)

[2.2 Systèmes optiques innovants pour le suivi de la vie hivernale dans la cryosphère](#)

[2.3 Utilisation des microalgues diatomées pour améliorer le traitement des dysfonctionnements de l'horloge biologique liés à la lumière chez les habitants de l'Arctique](#)

[2.4 Vers une meilleure compréhension de l'interaction lumière-matière : concevoir de nouveaux outils et des approches innovantes pour l'étude du Nord grâce à une connaissance approfondie des propriétés des structures tant microscopiques que macroscopiques](#)

[2.5 Cellules solaires imprimées pour instruments portables](#)

[2.6 Développement de capteurs optiques pour le suivi de gaz climatiquement actifs dans l'Arctique en mutation \(BOND\)](#)

[2.7 Suivi des substrats Arctiques : Mesure des propriétés physiques et biologiques de la glace de mer, de l'océan et du benthos à l'aide de laser portés par des véhicules autonomes](#)

[2.8 Développement, implantation et utilisation de technologies portables miniatures pour la prévention, l'évaluation et le traitement de maladies chroniques en région nordique](#)



CHANTIER THÉMATIQUE 3

MICROBIOMES : SENTINELLES DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA SANTÉ DANS LE NORD

Les microbiomes sont prédominants dans l'atmosphère, l'hydrosphère, la cryosphère, les sols, la faune et les humains. Avec comme objectif principal de déterminer les rôles des microbiomes dans l'écosystème humain-environnement nordique, ce chantier de recherche regroupe trois domaines : les écosystèmes (terres, eau douce, eau de mer), la qualité des aliments (produits marins et terrestres) et la santé (cardiométabolique, respiratoire et mentale). Cette large collaboration transdisciplinaire entre les secteurs de la physique, de la chimie, de la biologie, de la médecine et de l'ingénierie aidera au développement de modèles pour évaluer comment des composantes nutritionnelles importantes telles que les acides gras ω -3 passent dans les chaînes alimentaires de l'Arctique ainsi qu'à la conception et au développement de nouveaux instruments légers pour le monitoring microbiologique dans des modèles environnementaux, animaux et des hôtes humains.

Cet effort réunit plus de 100 chercheurs de 6 facultés et 18 départements de l'Université Laval travaillant de pair avec 25 partenaires internationaux, nordiques et industriels.

Projets de recherche du Chantier thématique 3

[3.1 Microbiomes sentinelles pour la santé des écosystèmes Arctiques](#)

[3.2 Suivi environnemental et valorisation dans le Nord : Des molécules aux microorganismes](#)

[3.3 Lumière et Océan Arctique en changement: comprendre les liens complexes entre les changements globaux et la santé des Inuits \(BriGHT\)](#)

[3.4 Outils innovants pour le suivi de la qualité alimentaire dans les environnements nordiques](#)

[3.5 Impact des conditions environnementales sur le microbiote des voies respiratoires et la santé respiratoire dans le Nord](#)

[3.6 Le microbiome intestinal : sentinelle de l'environnement nordique et de la santé mentale des Inuits](#)

[3.7 Investigation optogénétique de l'influence du microbiote sur le développement du cerveau et l'épigénétique](#)

[3.8 Élucider les interactions microbiote-hôte présentes dans les maladies cardiométaboliques et mentales à l'aide de capteurs optiques multimodaux novateurs](#)

1.1 ANALYSE RÉSEAU DES ESPÈCES PARAPLUIE: ÉVALUER L'INTÉGRITÉ DES ÉCOSYSTÈMES DU NORD

Chercheur principal

Daniel Fortin

Co-chercheurs

Antoine Allard, Louis J. Dubé, Frédéric Maps, Louis-Paul Rivest

Collaborateurs hors UL

Marcel Darveau (Canard Illimités), Mark Hebblewhite (Montana, É.-U.), Christian Hébert (Ressources naturelles Canada)

Résumé du projet

La biodiversité est fondamentale au fonctionnement d'un écosystème. Les espèces parapluie peuvent être utilisées pour simplifier la préservation de la biodiversité puisque leur protection assure une protection simultanée de multiples espèces coexistant sur de vastes territoires. Le caribou constitue une de ces espèces, en plus d'être protégé par la loi au Canada. La préservation du caribou impacte déjà le développement industriel des écosystèmes nordiques, et la situation devrait s'intensifier avec l'exploitation industrielle de nouvelles régions disponibles à la suite des changements climatiques. Une contribution efficace de la gestion du caribou pour la protection de la biodiversité nécessite de pouvoir prévoir, à grande échelle, la diversité des espèces malgré les changements environnementaux. Les changements climatiques rapides vont modifier les conditions locales de sorte qu'un emplacement donné pourra devenir plus favorable pour un groupe différent d'espèces dans un futur proche.

Notre projet vise à répondre à des questions pressantes de gestion des milieux nordiques soumis aux changements climatiques, grâce à une meilleure compréhension de leur complexité. En combinant des observations le long d'un axe latitudinal à des méthodes novatrices issues de l'analyse numérique et des réseaux complexes, nous mettrons en évidence les mécanismes responsables de la transition entre les écosystèmes, sous l'effet de variations des conditions environnementales. Nous développerons des outils pour évaluer l'intégrité des écosystèmes du Nord, afin d'anticiper, de surveiller et de préserver la biodiversité, l'espèce parapluie, ainsi que les services écologiques (p.ex., approvisionnement en bois, esthétique du paysage et valeurs culturelles des communautés du Nord), en dépit de changements globaux. Notre recherche permettra aussi d'identifier les cibles appropriées pour la restauration écologique et pour suppléer de façon soutenue aux besoins des communautés locales en ce qui a trait aux services écologiques d'approvisionnement (p.ex., récolte de bois, pollinisation) en présence des changements de l'environnement et de la pression anthropique croissante.

[Voir la page web du projet](#)

1.2 LA RÉSILIENCE DES RÉSEAUX COMPLEXES: IDENTIFIER LES INDICATEURS CRITIQUES POUR UNE INTERVENTION CIBLÉE

Chercheurs principaux

Louis J. Dubé, Simon Hardy

Co-chercheurs

Antoine Allard, Daniel Côté, Paul De Koninck, Patrick Desrosiers, Nicolas Doyon

Collaborateurs

Yves De Koninck, Jean-Philippe Lessard

Collaborateurs hors UL

Laurent Hébert-Dufresne (Nouveau-Mexique), André Longtin (Université d'Ottawa), Freidrich W. Rainer (Suisse)

Résumé du projet

La capacité d'un système à ajuster son activité pour maintenir l'intégrité de son fonctionnement en présence d'erreurs et de perturbations environnementales, i.e. sa résilience, est une propriété caractéristique de plusieurs réseaux complexes. Toutefois, en dépit des conséquences majeures sur la santé humaine, l'économie et l'environnement, les événements conduisant à une perte de résilience sont toujours difficilement prévisibles et souvent irréversibles, qu'il s'agisse de pannes de systèmes technologiques ou de l'extinction d'espèces dans les réseaux écologiques.

Le Nord, avec ses réseaux interconnectés, est confronté à des défis imminents causés par des changements rapides, à la fois climatiques, sociaux et économiques. Il est ainsi essentiel d'établir une approche générale et unificatrice afin de mieux comprendre et de protéger cet écosystème vulnérable.

La science des réseaux (NS) présente un cadre unique, théorique et pratique, pour investiguer les systèmes complexes sur plusieurs échelles, microscopique (e.g. réseaux neuronaux), mésoscopique (e.g. biodiversité animale) et macroscopique (e.g. populations). Elle offre un langage universel et des concepts unificateurs pour comprendre les systèmes à la fois dynamiques, non linéaires, adaptatifs et hiérarchiques auxquels nous aurons à faire face dans le Nord. La relation structure-fonction nous accompagnera tout au long de notre étude. Pour confronter notre méthodologie à la réalité expérimentale, nous combinerons la NS avec la biologie des systèmes en portant notre attention sur le stade larvaire du poisson-zèbre, un modèle animal idéal, de par sa transparence, son développement rapide et son accessibilité par le biais de l'optogénétique. Les experts en neurophotonique de notre équipe pourront ainsi faire l'imagerie de l'activité du réseau complet des poissons-zèbres sous l'effet de perturbations externes (température et lumière) ou internes (stimulation optique). Au moyen de simulations dynamiques, nous comparerons nos résultats théoriques numériques aux données expérimentales du poisson-zèbre, ainsi qu'avec d'autres réseaux du Nord.

[Voir la page web du projet](#)

1.3 DOCUMENTER ET MODÉLISER LES INTERRELATIONS CLÉS DES SYSTÈMES HYDRIQUES NORDIQUES SOUMIS AUX PRESSIONS CLIMATIQUES, GÉOSYSTÉMIQUES ET SOCIÉTALES

Chercheur principal

René Therrien

Co-chercheurs

François Anctil, Najat Bhiry, Alexander Culley, Florent Dominé, Guy Doré, Caetano Dorea, John Molson, Daniel Nadeau, Manuel Rodriguez

Collaborateurs

Steve Charrette, Danielle Cloutier, André Fortin, François Laviolette, Jean-Michel Lemieux, Mélanie Lemire, Patrick Levallois, Benoit Levesque

Collaborateurs hors UL

Fabrice Calmels (Yukon Research Centre), Daniel Fortier (Université de Montréal), Vincent Fortin (ECC Canada), Émilie Guegan (Norvège), Thomas Ingeman-Nielsen (Danemark), Raed Lubbad (Norvège)

Résumé du projet

Une équipe multidisciplinaire de chercheurs en sciences naturelles, mathématiques, génie, et sciences de la santé propose de documenter et modéliser les interrelations clés des systèmes hydriques nordiques soumis aux pressions climatiques, géosystémiques et sociétales. Nous considérons l'hydrosphère terrestre (eaux de surface et eaux souterraines) et la cryosphère (glace, neige, pergélisol). Trois grands enjeux seront abordés: le manque de données et de modèles hydrométéorologiques pour le Nord, le besoin de prévoir l'impact de la dégradation du pergélisol sur les ressources en eau, les infrastructures et l'environnement et le besoin d'un approvisionnement durable en eau potable pour les communautés nordiques.

Nous utiliserons des techniques d'analyse avancées pour la collecte de données, incluant des dispositifs d'optique-photonique, et nous allons développer les modèles les plus avancés de simulation hydrométéorologique et de la dynamique du pergélisol. Des travaux de terrain sont prévus sur plusieurs sites nordiques, incluant Umiujaq et Salluit au Nunavik, QC. Les retombées attendues du projet comprennent: la création d'une base de données unique sur les flux d'eau et d'énergie qui permettra d'améliorer les modèles opérationnels de prévisions météorologiques et de modélisation du climat, une base de données à grande échelle sur la dégradation du pergélisol dans des zones sensibles qui conduira au développement de la prochaine génération de modèles pour simuler la dynamique de la dégradation du pergélisol, et le développement de méthodes in situ de suivi de la qualité de l'eau et de méthodes de traitement et de surveillance de l'eau adaptées au Nord.

Nous allons collaborer étroitement avec des partenaires des organisations nordiques, de l'industrie et du gouvernement pour assurer le transfert et la mobilisation des connaissances. Ce projet permettra à Sentinelle Nord de se positionner parmi les leaders mondiaux de la recherche sur les systèmes hydriques nordiques.

[Voir la page web du projet](#)

1.4 DÉTECTION PHOTONIQUE EXTRÊME ET SUIVI DES ENVIRONNEMENTS PERGÉLISOLÉS

Chercheurs principaux

Sophie LaRochelle, Richard Fortier

Co-chercheurs

Martin Bernier, Jean-Daniel Deschênes, Tigran Galstian, Jesse Greener, Younès Messaddeq, Amine Miled, John Molson, Wei Shi

Collaborateurs

Jean-Michel Lemieux, Warwick Vincent

Résumé du projet

Le Nord est en pleine mutation sous la double pression du développement socio-économique et du réchauffement climatique. Afin d'améliorer notre compréhension de la dynamique de ces changements, de nouvelles plateformes de capteurs photoniques seront développées pour assurer le suivi d'indicateurs critiques au développement durable du Nord, dont le tassement au dégel du pergélisol, l'émission de gaz à effet de serre, et les propriétés de l'eau. Cette recherche vise à répondre aux besoins suivants :

1) Caractérisation du pergélisol à de grande profondeur

Des capteurs à fibre optique faisant la mesure distribuée de température, de contraintes, ainsi que de pression et d'écoulement de l'eau souterraine, seront insérés dans un forage profond pour l'exploitation sécuritaire et durable de minéraux industriels sous la base du pergélisol

2) Détection des gaz à effet de serre

Des dispositifs photoniques sur silicium mesureront la composition de l'air et l'accumulation de gaz de sources naturelles et anthropiques (par exemple : CH₄, CO and CO₂)

3) Suivi des déformations de terrain pergélisolé

Des capteurs à fibre optique enfouis sous la surface et des caméras adaptatives d'imagerie 3D seront installés sur un site d'étude. Le suivi à haute résolution des mouvements de terrain fournira des informations cruciales aux modèles numériques décrivant le comportement des milieux pergélisolés ou prédisant la stabilité d'infrastructures nordiques construites sur le pergélisol

4) Mesure en continu de la qualité de l'eau

Des sources autonomes d'énergie basées sur des piles à combustible microbiennes seront développées pour l'alimentation d'échantillonneur microfluidique et des capteurs photoniques sur silicium afin d'analyser l'eau des mares de thermokarst et des puits.

Les retombées de nos travaux seront des plateformes robustes et versatiles à faible consommation énergétique qui seront des sentinelles exceptionnelles pour l'observation des environnements nordiques sous stress. Ces technologies fourniront des informations essentielles aux ingénieurs nordiques (miniers, civils et géotechniques) et aux scientifiques (hydrogéologues, biologistes et chimistes) pour le développement durable.

[Voir la page web du projet](#)

1.5 PITUTSIMANIQ, CAPTEURS EN RÉSEAU POUR LE SUIVI EN TEMPS RÉEL DES INFRASTRUCTURES ET DES ÉCOSYSTÈMES NORDIQUES

Chercheurs principaux

Michel Allard, Leslie Ann Rusch

Co-chercheurs

Guy Doré, Sophie LaRochelle, Younès Messadeq

Collaborateurs

David Conciator, Ariane Locat

Collaborateurs hors UL

Anderson S. L. Gomes (Brésil)

Résumé du projet

Pitutsimaniq, réseau en inuktitut, capte l'essence de ce projet qui vise l'interconnexion des systèmes de suivi des infrastructures pour le bien-être des communautés nordiques. La croissance démographique rapide et les besoins du développement économique créent un important besoin en nouvelles constructions et en rénovations alors que sévissent le changement climatique et la déstabilisation du pergélisol. L'intégration des systèmes de monitoring des milieux naturels et des infrastructures dans des réseaux intelligents sera une approche nouvelle pour l'alerte avancée face aux risques de dommages, le suivi de performance de moyens d'adaptation déjà installés et la capacité d'intervention des autorités publiques. À l'heure actuelle, les outils-sentinelles du suivi opèrent isolément, colligeant les données dans des dataloggers dispersés et accessibles au mieux quelques fois par année.

Les communautés nordiques et les propriétaires d'infrastructures ayant besoin de moyens de surveillance en temps réel et produisant une information intégrée, notre projet fondamental vise à organiser en réseaux des capteurs peu dispendieux dotés de capacité de lecture, d'emmagasinage des données et de transmission des informations sous des conditions climatiques difficiles et ne consommant que très peu d'énergie. Des senseurs en réseaux distribués le long des infrastructures linéaires de transport et couvrant l'espace occupé par les communautés détecteront les sources de chaleur annonciatrices de tassements du sol et de dommages. À plus long terme, des capteurs en fibre seront élaborés pour mesurer le régime thermique des sols très important aussi bien pour la dynamique des écosystèmes en transition que pour la stabilité des infrastructures. Ces réseaux intelligents seront utilisables aussi par la panoplie de capteurs originaux qui seront mis au point par les autres équipes de Sentinelle Nord, multipliant ainsi la valeur créatrice du programme et conférant aux chercheurs une plus grande perspicacité dans la compréhension des impacts affectant l'environnement et les infrastructures humaines.

[Voir la page web du projet](#)

2.1 CULTURES DE LA LUMIÈRE NORDIQUE: OPTIMISATION DE LA BIOPHILIE EN CLIMAT EXTRÊME PAR L'ARCHITECTURE

Chercheurs principaux

Claude Demers, Marc Hébert

Co-chercheurs

Myriam Blais, Louis Gosselin, Jean-François Lalonde, André Potvin, Geneviève Vachon

Collaborateurs

Pierre Blanchet, Carole Després, Line Rochefort

Collaborateurs hors UL

Ellen Avard (Makivik), Mylène Riva (McGill U.), Claude Vallée (MAPAQ)

Résumé du projet

La biophilie désigne l'attrait inné des humains pour la nature et la lumière naturelle en est le principal vecteur. Le projet de recherche propose d'optimiser cette biophilie par la création d'un milieu de vie adapté à la disponibilité limitée de la lumière naturelle en climat extrême. Véritable extension du corps, l'architecture se positionne entre la nature et l'humain et exprime de manière tangible la rencontre du climat, de la biologie et de la technologie. Une architecture intégrée à son environnement et à son contexte culturel agrandit l'espace de l'équilibre biologique et social et sécurise un milieu favorable à la productivité, à la santé et au bien-être tout en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement. Dans le contexte d'un gisement lumineux et de ressources très limités, les « occupants » temporaires ou travailleurs du Nord dépendent d'une culture constructive hautement technologique pour s'adapter à leur environnement hostile. Les « habitants » permanents du Nord -les communautés inuites notamment- ont pourtant développé une culture architecturale riche intimement adaptée à la biosphère qui s'est vue progressivement dénaturée au contact des modes de vie du Sud et l'accès aux ressources.

Le projet propose de répondre aux besoins biophiliques de ces deux cultures par les activités suivantes :

- mesure de la disponibilité de la lumière naturelle et son impact sur le bien-être humain, sur la demande énergétique des bâtiments, et sur le potentiel de végétalisation
- utilisation de technologies optiques (DEL, Smart Windows, fibre optique) afin de définir des hypothèses d'optimisation du bien-être des usagers, minimiser l'intensité énergétique des bâtiments et favoriser la restauration écologique
- intégration de technologies optiques à des composantes architecturales et ajout d'espaces annexes ou « prothèses biophiliques » à des constructions existantes (espaces communs et/ou résidentiels)
- validation de l'efficacité, applicabilité et acceptabilité culturelle des solutions proposées par le projet architectural auprès des populations locales

[Voir la page web du projet](#)

2.2 SYSTÈMES OPTIQUES INNOVANTS POUR LE SUIVI DE LA VIE HIVERNALE DANS LA CRYOSPHERE

Chercheur principal

Gilles Gauthier

Co-chercheurs

Martin Bernier, Steeve Côté, Florent Dominé, Tigran Galstian, Sophie Larochelle, Xavier Maldague, Simon Thibault, Warwick Vincent

Collaborateur

Benoit Gosselin

Collaborateurs hors UL

Laurent Arnaud, Pascal Hagenmuller, Ghislain Picard (France); Dominique Berteaux, Dany Dumont (UQAR); Christian Dussault (MFFP); Alexandre Langlois (U. Sherbrooke); Rolf Ims, Nigel Yoccoz (Norvège)

Résumé du projet

L'hiver a été longtemps considéré comme une période de « dormance » en Arctique mais les processus hivernaux peuvent jouer un rôle vital pour les organismes vivants. Des changements dans la neige, une caractéristique universelle de l'hiver, et ses conséquences sur la transmission de la lumière vont entraîner des effets en cascade sur les organismes vivants et les services écosystémiques. Cependant, la difficulté d'étudier cet environnement en hiver limite notre compréhension de ces processus et représente une frontière émergente de la science arctique. Notre projet utilisera des développements récents en systèmes optiques pour étudier l'écosystème arctique en hiver. Notre objectif global est de développer et d'appliquer de nouvelles technologies basées sur l'optique sous les conditions extrêmes de l'Arctique pour améliorer notre compréhension des propriétés de la neige et leurs impacts sur les organismes vivants. Nous proposons de :

- 1) développer de nouvelles technologies optiques pour mesurer in situ les propriétés de la neige
- 2) développer des outils optiques pour suivre l'activité des petits animaux vivant sous la neige
- 3) utiliser les animaux mobiles de grande taille équipés d'appareils optiques pour monitorer les conditions de la neige et de l'environnement
- 4) développer des systèmes optiques pour mesurer la transmission lumineuse et les processus biologiques dans la colonne d'eau sous la glace.

Notre projet mènera à des percées scientifiques dans notre compréhension des écosystèmes arctiques en hiver. Les instruments développés pour ce projet nécessiteront des innovations technologiques (résistance au froid, capacité d'opérer à faible intensité lumineuse, faible consommation d'énergie) qui auront des applications à l'extérieur du projet. Une collaboration entre des chercheurs provenant de disciplines diverses comme la biologie, la chimie, la photonique ou le génie électrique sera essentielle. Ce projet fournira un environnement d'apprentissage unique pour les étudiants au laboratoire et sur le terrain dans l'Arctique.

[Voir la page web du projet](#)

2.3 UTILISATION DES MICROALGUES DIATOMÉES POUR AMÉLIORER LE TRAITEMENT DES DYSFONCTIONNEMENTS DE L'HORLOGE BIOLOGIQUE LIÉS À LA LUMIÈRE CHEZ LES HABITANTS DE L'ARCTIQUE

Chercheur principal

Johan Lavaud

Co-chercheur

Marc Hébert

Collaborateur

Marcel Babin

Collaborateurs hors UL

Angela Falciatore (France)

Résumé du projet

En Arctique, l'activité biologique, des microalgues diatomées aux humains, est fortement contrainte par les variations saisonnières et quotidiennes extrêmes de la photopériode et du spectre lumineux. Le spectre bleu vs rouge auquel les diatomées sont exposées dans la glace est opposé à la sensibilité de l'œil humain (forte pour le rouge, faible pour le bleu) faisant d'elles un modèle biologique pertinent de réponse bleue. Les diatomées et les humains possèdent des dispositifs moléculaires sophistiqués qui régulent des horloges circadiennes internes permettant de synchroniser la physiologie à leur environnement lumineux. La régulation de leurs rythmes biologiques montre des points communs étonnants (« convergence évolutive ») dont des photorécepteurs bleus et rouges. Les effets néfastes du climat lumineux Arctique sur la santé mentale (dépression saisonnière, etc.) sont bien connus. L'illumination artificielle bleu:rouge (luminothérapie) est une approche innovante qui permet de recalibrer l'horloge biologique et de booster les rythmes circadiens.

Bien qu'il soit difficile de tester de nouveaux régimes lumineux sur des populations humaines, l'approche est plus accessible avec les diatomées arctiques. Le but de ce projet est d'utiliser les diatomées arctiques pour étudier l'effet de la photopériode et du spectre lumineux sur la rythmicité circadienne de la physiologie afin de proposer de nouveaux régimes lumineux bleu:rouge ayant un effet positif sur l'horloge biologique. Ceci facilitera leur application aux populations humaines nordiques (et au-delà, i.e. travailleurs de nuit, mineurs, etc.) présentant une probabilité accrue de dysfonctionnements de la santé mentale et du comportement. Cette approche va potentiellement engendrer de(s) brevet(s) pour de nouveaux traitements médicaux lumineux non-invasifs. En parallèle, ce projet renforcera notre connaissance des fondements de l'écophysiologie des diatomées qui sont les sentinelles des changements climatiques en Arctique et ouvrira sur la bioprospection de molécules à valeur ajoutée bénéfiques à la santé humaine (pigments caroténoïdes, acide gras polyinsaturés) dont les diatomées arctiques sont riches.

[Voir la page web du projet](#)

2.4 VERS UNE MEILLEURE COMPRÉHENSION DE L'INTERACTION LUMIÈRE-MATIÈRE

Note - titre complet du projet: « *Vers une meilleure compréhension de l'interaction lumière-matière: concevoir de nouveaux outils et des approches innovantes pour l'étude du Nord grâce à une connaissance approfondie des propriétés des structures tant microscopiques que macroscopiques* »

Chercheur principal

Pierre Marquet

Co-chercheurs

Daniel Côté, Philippe Després

Collaborateur

Marcel Babin

Collaborateurs hors UL

Pierre Francus

Résumé du projet

Une connaissance précise de la distribution de la lumière dans les milieux diffusifs est essentielle pour comprendre comment celle-ci affecte notre environnement (ex : photosynthèse dans l'océan) et nous aide à le décoder (ex : diagnostic à l'aide d'appareils optiques). Malgré des années de recherche, les modèles de propagation lumineuse dans les milieux diffusifs reposent souvent sur des approximations qui négligent en partie la structure de ces derniers. Ils échouent alors à nous fournir une compréhension précise de ces phénomènes dans plusieurs situations, dont certaines reliées aux environnements nordiques. Par exemple, la distribution de la lumière sous la banquise permettrait de mieux comprendre les écosystèmes marins. Le design de sondes optiques médicales miniatures, peu invasives et flexibles nécessite également une description adéquate de la propagation lumineuse à travers les tissus biologiques pour en fournir une caractérisation locale appropriée pour un diagnostic rapide. La limitation des modèles disponibles résultant principalement d'un manque de connaissance de la structure du milieu de propagation, nous proposons une stratégie visant à :

- 1) collecter des données sur la structure de la banquise et de différents tissus biologiques à l'aide de techniques d'imagerie optique et par rayon X novatrices
- 2) nourrir des modèles existants à l'aide des paramètres structuraux ainsi mesurés
- 3) développer des stratégies de modélisation à la fine pointe de la technologie pour simuler la propagation de la lumière dans ces différents milieux diffusifs

Les nouveaux modèles de propagation de la lumière ainsi obtenus permettront d'acquérir des informations, notamment à propos de l'impact des changements climatiques sur les écosystèmes marins de l'Arctique. Ils permettront également de développer des instruments de diagnostic abordables et faciles à utiliser pour l'identification des problèmes propres aux populations éloignées du Nord, notamment dermatologiques, et ceux liés au rythme circadien, reliés à l'interaction de la lumière avec la rétine.

[Voir la page web du projet](#)

2.5 CELLULES SOLAIRES IMPRIMÉES POUR INSTRUMENTS PORTABLES

Chercheur principal

Mario Leclerc

Co-chercheurs

Paul Johnson, Jean-François Morin, Simon Thibault

Collaborateurs hors UL

Ian Hill (Université Dalhousie)

Résumé du projet

Le projet de recherche présenté a pour objectif de développer un dispositif imprimé de production d'énergie solaire qui peut être installé sur des dispositifs optiques nécessitant des puissances électriques faibles à modérées, tels que des capteurs, des instruments d'imagerie et des dispositifs de communication. La fonction de cette technologie sera de fournir de l'énergie sur demande sans l'utilisation de lourdes batteries qui requièrent des recharges et de la maintenance fréquente.

Pour réaliser ce projet, une équipe de 2 chimistes des matériaux (M. Leclerc et J.-F. Morin), un chimiste computationnel (P. Johnson), un physicien (S. Thibault), un collaborateur hors Laval (Ian Hill) et un partenaire industriel (ICI-Collège Ahuntsic) sera mise sur pied pour développer et intégrer chacune des composantes du dispositif de production d'énergie. À partir du design et des calculs théoriques effectués par Johnson, Leclerc et Morin développeront des matériaux semi-conducteurs pour la collecte de lumière solaire tandis que Thibault développera des concentrateurs capables d'améliorer la collecte de cette même lumière afin de rendre le dispositif plus efficace. Hill sera responsable du prototypage des dispositifs à plus grande échelle tandis qu'ICI aura la tâche d'intégrer et d'imprimer toutes les composantes de ce dispositif sur des substrats flexibles, incluant des batteries légères pour le stockage de l'énergie produite.

L'électronique imprimée permet la fabrication de dispositifs minces, légers et flexibles qui peuvent être intégrés à des dispositifs de différentes géométries, tout en étant résistants aux déformations mécaniques. Cette technologie possède de nombreux avantages comparativement aux dispositifs photovoltaïques traditionnels à base de silicium qui sont lourds, fragiles et très rigides, les rendant inaptes à l'utilisation dans les conditions environnementales extrêmes de l'Arctique.

[Voir la page web du projet](#)

2.6 DÉVELOPPEMENT DE CAPTEURS OPTIQUES POUR LE SUIVI DE GAZ CLIMATIQUEMENT ACTIFS DANS L'ARCTIQUE EN MUTATION (BOND)

Chercheurs principaux

Réal Vallée, Guillaume Massé

Co-chercheurs

Michel Allard, Martin Bernier, Mario Leclerc, Maurice Levasseur, Younès Messaddeq, Michel Piché, Jean-Éric Tremblay, Warwick Vincent

Collaborateurs

Martine Lizotte, Vincent Fortin

Collaborateurs hors UL

François Babin (INO); Martin Chamberland, Pierre Tremblay (Telops); Sangeeta Sharma (ECC Canada); Knut von Salzen (CCCma); Patrick Lajeunesse, Isabelle Laurion (INRS), João Canario, Gonçalo Vieira (Université de Lisbonne)

Résumé du projet

Le projet BOND vise à répondre à l'urgence d'instaurer des dispositifs permettant de surveiller et de quantifier les bouleversements qui ont actuellement lieu en Arctique. Les changements climatiques actuels provoquent d'importantes modifications au sein des environnements nordiques. Ces dernières touchent, en particulier, les éléments de la cryosphère tels que les glaces océaniques et lacustres, les glaciers, les calottes glaciaires et le pergélisol. Outre ces profonds changements, une modification des régimes hydrologiques est aussi anticipée. Ces environnements en pleine mutation hébergent des écosystèmes complexes et diversifiés régulant les grands cycles biogéochimiques des éléments majeurs (carbone, azote, oxygène, soufre) et contrôlant les échanges et le recyclage de gaz climatiquement actifs (CA) tels que le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxyde nitreux et le sulfure de diméthyle. Dans ce contexte, il est urgent de comprendre les processus biotiques et abiotiques contrôlant la dynamique de ces gaz.

Obtenir une meilleure compréhension de ces processus requiert des mesures à haute fréquence permettant de caractériser efficacement réservoirs et flux et représente un défi de taille dans ces environnements extrêmes. Au sein du projet BOND, nous utiliserons des sources laser dans l'infra-rouge moyen pour détecter et quantifier les gaz présents dans la basse atmosphère. Pour les environnements aquatiques, nous adopterons une approche basée sur le développement d'optodes combinant membranes en verre perméables et complexes moléculaires fluorescents. Ces développements techniques impliquent des déploiements au sein des différents environnements arctiques. En parallèle, nous réaliserons des expérimentations en conditions contrôlées mettant en œuvre des bioréacteurs couplés à des spectromètres de masse permettant une analyse à fine échelle des processus contrôlant la cinétique des gaz CA. Une fois combinés, les résultats de ces approches pionnières permettront d'atteindre l'objectif principal du projet BOND : le renforcement rapide et significatif de nos moyens d'analyse d'un environnement arctique en pleine mutation.

[Voir la page web du projet](#)

2.7 SUIVI DES SUBSTRATS ARCTIQUES: MESURE DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES DE LA GLACE DE MER, DE L'OcéAN ET DU BENTHOS À L'AIDE DE LASERS PORTÉS PAR DES VÉHICULES AUTONOMES

Chercheur principal

Philippe Archambault

Co-chercheur

Michel Piché

Collaborateurs

Marcel Babin, Simon Girard-Lambert, Jose Lagunas-Morales, Eric Rehm, Ladd Johnson

Collaborateurs hors UL

Nicholas Burchill (Kongsberg Maritime, Halifax), François Châteauneuf (Institut national d'optique, Québec), Fraser Dalgleish (Floride), Georges Fournier (RDDC / DRDC Valcartier), Patrick Gagnon (Memorial U.), John Headley (Angleterre), Clayton Jones (Teledyne Webb Research, USA), Patrick Lajeunesse (INRS), Stefania Matteoli (CNR, Italie)

Résumé du projet

Les propriétés physiques et biologiques de la glace de mer et du benthos côtier arctique restent mal comprises en raison de la difficulté d'accès à ces substrats. Un système LiDAR (Light Detection And Ranging) déployé sur un véhicule sous-marin autonome (AUV pour « autonomous underwater vehicle ») peut interroger ces surfaces en trois dimensions et extraire simultanément les propriétés physiques et biologiques. En utilisant les propriétés optiques (absorption, fluorescence, diffusion élastique et inélastique) des micro- et macro-algues photosynthétiques, nous proposons de quantifier les caractéristiques physiques du substrat (glace, assemblages benthiques, géologie) ainsi que la biomasse à partir d'un AUV.

Nous proposons une approche de développement incrémentielle et modulaire du LiDAR, en commençant par un capteur actuel d'une seule longueur d'onde déjà mis au point pour la détection de la glace. À l'aide de modèles de transfert radiatif et de modifications des longueurs d'onde d'émission et détection, les capacités d'estimer la biomasse avec la fluorescence ou l'absorption différentielle seront développées. L'ajout de lasers pulsés et d'une détection à crénelage temporel (un véritable LiDAR) permettra la résolution de l'épaisseur de la glace ainsi que des algues glaciaires, benthiques et de la colonne d'eau. Enfin, des techniques de balayage par laser ou d'éclairage structuré peuvent être ajoutées pour créer un nuage de points en trois dimensions, ce qui augmente considérablement la zone d'échantillonnage.

[Voir la page web du projet](#)

2.8 DÉVELOPPEMENT, IMPLANTATION ET UTILISATION DE TECHNOLOGIES PORTABLES MINIATURES POUR LA PRÉVENTION, L'ÉVALUATION ET LE TRAITEMENT DE MALADIES CHRONIQUES EN RÉGION NORDIQUE

Chercheur principal

Laurent Bouyer

Co-chercheurs

Andréanne Blanchet, Benoit Gosselin, Marc Hébert, Philippe Jackson, Younès Messadeq, François Routhier, Jean-Sébastien Roy

Collaborateurs

Charles Batcho, Alexandre Campeau-Lecours, Bradford McFadyen, Catherine Mercier, Philippe Archambault

Collaborateurs hors UL

André Plamondon (IRRST)

Résumé du projet

Les transformations actuelles se produisant dans les régions nordiques en raison du réchauffement climatique résultent en un développement et une diversification des activités humaines (professionnelles et récréatives) dans ce milieu. Ces changements rapides, se produisant dans un environnement complexe et moins connu, peuvent avoir un impact important sur la sécurité et la santé des populations du Nord et de ses travailleurs. Le but de ce projet est de développer, d'implanter et de valider de nouvelles technologies portatives (capteurs de mouvements à fibre optique et capteurs de signaux physiologiques miniatures à faible consommation) permettant de documenter, à distance et en temps réel, les habiletés motrices, la mobilité, ainsi que certaines variables métaboliques vitales. Ces nouvelles technologies permettront d'évaluer et de guider le traitement d'individus atteints de maladie chronique ou présentant des incapacités physiques (reliées au travail ou non). De plus, les données recueillies seront utiles pour développer des modèles prédictifs permettant de prévenir l'apparition de telles maladies ou incapacités (études ultérieures).

En raison du caractère novateur de ces technologies et de la complexité des données recueillies, le projet proposé nécessitera la création de nouvelles collaborations intersectorielles entre les chercheurs de l'Université Laval, des membres de 3 réseaux provinciaux de recherche (en réadaptation, douleur, et technologie) et d'un partenaire privé spécialisé dans la collecte à distance et l'analyse de variables reliées à la santé. Des experts provenant des domaines de la réadaptation, de l'évaluation du risque au travail, du génie électrique et mécanique, du traitement de données de masse (modélisation prédictive / épidémiologie), de la psychologie, du contrôle moteur et des neurosciences travailleront de concert pour relever le défi de quantifier divers comportements humains, dans un environnement réel, complexe et unique, et de relier ces comportements à des indicateurs de santé.

[Voir la page web du projet](#)

3.1 MICROBIOMES SENTINELLES POUR LA SANTÉ DES ÉCOSYSTÈMES ARCTIQUES

Chercheurs principaux

Daniel Côté, Warwick F. Vincent

Co-chercheurs

Claudine Allen, Denis Boudreau, Alexander Culley, Nicolas Derome, Jesse Greener, Connie Lovejoy

Collaborateurs

Dermot Antoniadis, Jacques Corbeil, Patrick Desrosiers, André Marette, Pierre Marquet, Sylvain Moineau, Jean-Sébastien Moore, Mohammed Taghavi

Collaborateurs hors UL

Abdel El Abed (France), Jérôme Comte (INRS), Anne Jungblut (Royaume-Uni), Weidong Kong (Chine), Isabelle Laurion (INRS), Rachael Morgan-Kiss (Floride), Milla Rautio (UQAC), Yukiko Tanabe (Japon)

Résumé du projet

L'Arctique se réchauffe à un taux plus de deux fois supérieur à la moyenne mondiale, et des changements beaucoup plus importants sont prévus pour les hautes latitudes nordiques d'ici la fin du siècle. Cette demande cible la question : quelles propriétés des microbiomes des milieux marins et d'eau douce nordiques peuvent être utilisées pour améliorer la surveillance de la santé des écosystèmes arctiques face à ces perturbations croissantes? Nous exploiterons un large éventail d'expertises à l'Université Laval, et étendrons nos activités en collaboration avec l'industrie et les centres de recherche nordique. Notre premier objectif sera d'identifier la composition, les propriétés de type 'systèmes complexes' et la résilience des deux classes de microbiomes arctiques : planctoniques et biofilms. Notre approche exploitera la force de la métagénomique pour combler les lacunes de connaissances sur la façon de définir les microbiomes sentinelles pour l'Arctique et pour identifier les propriétés microbiennes pouvant être utilisées pour déterminer les changements dans la santé des écosystèmes arctiques. Nous ciblerons :

- i) les microbiomes environnementaux dans un ensemble d'écosystèmes marins et d'eau douce du Nord ;
- ii) les microbiomes associés à un hôte spécifiquement avec une espèce de poisson emblématique du Nord, l'omble chevalier, en mettant l'accent sur l'impact des espèces pathogènes indigènes et envahissantes sur la productivité et la durabilité de cette ressource importante.

Notre deuxième objectif d'importance est de développer deux types d'instruments optiques nouveaux dans un but central de surveillance de l'environnement aquatique :

- i) un système opto-fluidique multimodal qui permet de détecter et de trier des groupes spécifiques de cellules planctoniques ;
- ii) un système d'imagerie hyperspectrale portable du type Raman pour quantifier la biomasse microbienne via les lipides cellulaires, ainsi que pour obtenir des signatures lipidiques de la structure des communautés de biofilms libres et associés avec un hôte.

[Voir la page web du projet](#)

3.2 SUIVI ENVIRONNEMENTAL ET VALORISATION DANS LE NORD: DES MOLÉCULES AUX MICROORGANISMES

Chercheur principal

Jacques Corbeil

Co-chercheurs

Michel Allard, Thierry Badard, Alexander Culley, Benoit Gosselin, François Lavolette, Younès Messaddeq, Sylvain Moineau, Dave Richard, Normand Voyer

Collaborateurs

Patrick Lague, Warwick Vincent

Résumé du projet

L'objectif principal de ce programme de recherche est de comprendre comment la perturbation des écosystèmes affecte les micro-organismes des sols arctiques. Pour ce faire, nous utiliserons l'EcoChip, un outil de culture microbienne in situ permettant d'évaluer la croissance et ultimement d'identifier des micro-organismes dans leur milieu naturel tout en mesurant en temps réel les métadonnées environnementales. Les sites à l'étude pour l'utilisation de l'EcoChip ont été sélectionnés sur 30 degrés de latitude dans les régions nordiques, en collaboration avec le réseau environnemental SILVA, afin d'identifier des bactéries sentinelles et d'étudier comment les caractéristiques spatio-temporelles de l'environnement affectent ces micro-organismes. Nous développerons ensuite des approches analytiques intégratives basées sur la génomique, la bioinformatique, la localisation et l'apprentissage machine pour quantifier l'état de santé des écosystèmes nordiques en analysant en temps réel des marqueurs microbiens clés.

Ces travaux permettront d'établir des prédictions de l'impact à grande échelle de changements environnementaux sur le fonctionnement des écosystèmes terrestres. La culture in situ de micro-organismes avec l'EcoChip permettra aussi d'élaborer des modèles métabolomiques performants pour évaluer la diversité moléculaire nordique et de découvrir de nouveaux composés ayant des applications médicales, par exemple dans le traitement de la tuberculose. Nous utiliserons des approches de spectrométrie de masse à haut débit, couplées à l'apprentissage-machine, afin d'accélérer le processus d'identification de molécules ayant des propriétés médicales d'intérêt. Nous exploiterons donc constructivement le potentiel de produits biologiques avec des modèles permettant une évaluation métabolomique complète pour des fins clinique ou industrielle. Avec ces outils, nous pourrions caractériser l'impact de changements environnementaux sur le nord et valoriser efficacement les micro-organismes trouvés dans ces environnements, ce qui améliorera notre compréhension de l'environnement nordique et de son impact sur la santé humaine.

[Voir la page web du projet](#)

3.3 LUMIÈRE ET OCÉAN ARCTIQUE EN CHANGEMENT : COMPRENDRE LES LIENS COMPLEXES ENTRE LES CHANGEMENTS GLOBAUX ET LA SANTÉ DES INUITS (BRIGHT)

Chercheurs principaux

Jean-Eric Tremblay, Mélanie Lemire

Co-chercheurs

Dermot Antoniadou, Philippe Archambault, Pierre Ayotte, Louis Bernatchez, Johann Lavaud, Michel Lucas, Frédéric Maps, Guillaume Massé

Collaborateur

Christopher Fletcher, Louis Fortier, Frédéric Laugrand, François Laviolette, Jean-Sébastien Moore, Gina Muckle

Collaborateurs hors UL

Ellen Avard, Michael Kwan (Makivik); Tommy Pallisser, Kaitlin Breton-Honeyman (NMRWB); Mike Hammil, Véronique Lesage (MPO); Shawn Donaldson (Santé Canada); Jim Berner (Alaska); Stig Falk-Petersen (Norvège); Julien Mainguy (MFFP); Alphonso Mucci (McGill U.); Gert Mulvad (Groenland); Frédéric Olivier (France); CJ Mundy, Tim Papakyriakou, Gary Stern, Feiyue Wang (U. Manitoba); Pal Weihe (Danemark)

Résumé du projet

En Arctique, les aliments de la mer récoltés localement (AML) occupent une place primordiale dans la culture et la subsistance des Inuits. Toutefois, l'océan Arctique change et les Inuits voient des signes que les AML sont différents et sont de moins en moins accessibles. Les Inuits font des choix alimentaires selon leurs préférences et selon l'accessibilité, l'abondance, l'apparence visuelle et la valeur nutritive des AML. Ces quatre caractéristiques sont étroitement liées à la lumière via la production photosynthétique de micro-algues, dont la biomasse constitue la principale voie d'entrée de l'énergie, des contaminants et de nombreuses molécules vitales ou bénéfiques dans le réseau alimentaire. Or nous ignorons comment la quantité et la proportion de ces substances dans les algues, le zooplancton et les AML répondent aux changements de l'englacement, de l'éclaircissement et des propriétés physicochimiques de l'eau de mer arctique, et comment cette réponse modifie les choix alimentaires des Inuits, leur santé et leur bien-être. BriGHT 1) évaluera les effets synergiques de la lumière, du réchauffement, de l'acidification et des nutriments sur l'accumulation de contaminants et la production de molécules bénéfiques chez les micro-algues, 2) modélisera la propagation de ces substances dans le réseau alimentaire, 3) quantifiera ces substances dans les AML et le sang des Inuits en lien avec leur profil de consommation des AML, l'aspect visuel de ces derniers, et divers indicateurs de sécurité alimentaire, de bien-être et de santé, et 4) déploiera de nouveaux outils génomiques pour suivre les changements de disponibilité des AML. BriGHT intégrera des campagnes océanographiques, de l'optique, de la modélisation numérique et une étude métagénomique de l'alimentation de l'omble chevalier au Nunavik en synergie avec l'Enquête de santé Qanuilirpitaa 2017. Les résultats permettront d'établir des trajectoires plausibles des caractéristiques des AML et de leur impact probable sur la santé et le bien-être des Inuits, appuyant ainsi la formulation de stratégies d'adaptation locales visant à promouvoir les systèmes et la sécurité alimentaire au Nunavik.

[Voir la page web du projet](#)

3.4 OUTILS INNOVANTS POUR LE SUIVI DE LA QUALITÉ ALIMENTAIRE DANS LES ENVIRONNEMENTS NORDIQUES

Co-leaders

Dominic Larivière, Jean Ruel

Co-chercheurs

Pierre Ayotte, André Bégin-Drolet, Denis Boudreau, Jesse Greener, Mélanie Lemire, Gina Muckle

Collaborateurs hors UL

Ellen Avard, Michael Kwan

Résumé du projet

Les avantages pour la santé des aliments traditionnels ainsi que les effets nocifs des contaminants qui peuvent se trouver dans certains d'entre eux sont bien documentés au Nunavik. Certaines caractéristiques des aliments traditionnels nécessitent une étude plus approfondie à l'échelle communautaire. Par exemple, les niveaux de contaminants dans les truites de lac peuvent changer d'un poisson à l'autre en fonction de l'emplacement, l'âge et la taille. Rassemblant des expertises transdisciplinaires en chimie analytique, en matériaux photoniques, en ingénierie et en instrumentation, en microfluidique, en toxicologie, en psychologie et en santé publique, en partenariat avec le Centre de recherche du Nunavik, une plateforme d'analyse portable sera développée pour quantifier divers contaminants des aliments. Développée en partenariat avec la Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik, une interface utilisateur simple permettra d'appuyer la prise de décision pour les membres de la communauté locale et les professionnels de la santé sur la qualité des aliments. Les espèces sentinelles chimiques analysées seront le mercure et le plomb.

L'instrument sera conçu pour analyser des échantillons solides ou liquides par lecture optique et permettra l'enregistrement des données, ce qui en fera un appareil convivial et facilement utilisable. Les performances analytiques seront atteintes par l'intégration d'approche de capture sélective et l'utilisation de matériaux photoniques chimiosensibles dans des dispositifs microfluidiques. La plateforme et les outils de prise de décision seront testés sur le terrain et améliorés sur la base des rétroactions avec les organismes communautaires locaux. L'objectif ultime est de favoriser l'émergence de capacités locales d'analyse et d'information sur la qualité des aliments, qui permettra d'améliorer l'autonomie des Inuits en matière de choix alimentaires et souligner les avantages et la sécurité de leurs aliments et, à plus long terme, aider à améliorer la sécurité alimentaire, la santé et le bien-être au Nunavik.

[Voir la page web du projet](#)

3.5 IMPACT DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES SUR LE MICROBIOTE DES VOIES RESPIRATOIRES ET LA SANTÉ RESPIRATOIRE DANS LE NORD

Chercheurs principaux

François Maltais, Marc Ouellette

Co-chercheurs

Pierre Ayotte, Michel Bergeron, Louis-Philippe Boulet, Jean-Pierre Després, Caroline Duchaine, André Marette, David Marsolais, Mathieu Morissette, Barbara Papadopoulou, Roxanne Paulin

Collaborateurs hors UL

Yves Lacasse, Philippe Leprohon, Benoit Levesque, Frédéric Raymond

Résumé du projet

Les autochtones du Nord sont aux prises avec une épidémie sans précédent de maladies respiratoires qui est intimement reliée à des changements drastiques d'habitudes de vie et à d'extrêmes conditions environnementales. La prévalence élevée du tabagisme et la promiscuité dans des maisons mal ventilées créent un terreau propice pour cette épidémie. Un aspect plus méconnu est que les maladies respiratoires coexistent fréquemment avec les maladies cardiométaboliques, produisant ainsi des problèmes de santé encore plus complexes. En comprenant mieux comment l'environnement Nordique influence le développement des maladies respiratoires chroniques, nous pourrions améliorer la santé des populations concernées.

Notre hypothèse est que des modifications du microbiote respiratoire résultant de conditions de vie extrêmes est un lien plausible entre un environnement respirable de piètre qualité et le développement des maladies respiratoires. Notre objectif est d'accroître les connaissances sur les maladies respiratoires nordiques afin de proposer des stratégies de prévention et de traitement efficaces. Nous utiliserons comme levier l'enquête de santé 2017 du Nunavik qui s'intéressera à la santé respiratoire, aux habitudes de vie et à la fonction pulmonaire en

i) analysant le microbiote respiratoire chez 1000 Inuits de 18 à 30 ans et chez \approx 800 participants de l'enquête de santé de 2004 provenant des 14 communautés du Nunavik, et

ii) en étudiant, dans un sous-groupe de ces deux cohortes ($n = 84$), le microbiote aérien de leurs habitations.

Considérant que la santé cardiométabolique et le microbiote intestinal seront tous deux évalués, nous étudierons les interactions entre les maladies respiratoires et cardiométaboliques en relation avec le microbiote respiratoire et intestinal. Des expériences in vivo permettront d'explorer les mécanismes reliés au développement des maladies respiratoires dans le Nord. Nous planifions des activités de transfert des connaissances et de développement technologique, notamment en validant l'analyse des embouts spirométriques, une méthode pragmatique d'évaluer le microbiote respiratoire.

[Voir la page web du projet](#)

3.6 LE MICROBIOME INTESTINAL: SENTINELLE DE L'ENVIRONNEMENT NORDIQUE ET DE LA SANTÉ MENTALE DES INUITS

Chercheurs principaux

Richard Bélanger, Gina Muckle

Co-chercheurs

Pierre Ayotte, Michel Bergeron, Marc Hébert, Mélanie Lemire, Michel Lucas, Pierre Marquet, Chantal Mérette, Marie-Claude Vohl

Collaborateurs

Maurice Boissinot, Jacques Corbeil, Christopher Fletcher, André Marette

Collaborateurs hors UL

Olivier Boucher (U. de Montréal), Sylvaine Cordier (France), Mylène Riva (McGill U.)

Résumé du projet

Le projet s'inscrit à la suite des enquêtes de santé réalisées au Nunavik en 1992 et 2004, lesquelles ont su documenter l'exposition cumulative des communautés à l'adversité (contaminants environnementaux, insécurité alimentaire, victimisation, usage de substances) de même qu'une forte prévalence de détresse psychologique. Ciblant la cohorte des 16-30 ans participant à la prochaine enquête de santé de la population Inuit prévue en 2017, ce projet examine le rôle du microbiome intestinal face à l'adversité et son influence sur la santé mentale. Misant sur une évaluation globale de leur santé au sein de l'enquête, l'exploration des profils du microbiome intestinal des participants sera mis en relation avec le statut dépressif à l'aide d'un devis cas/témoin. Ces mêmes profils du microbiome intestinal seront également examinés selon des sources et niveaux différents d'adversité vécue par les jeunes Inuits du Nunavik, ainsi que sur plusieurs marqueurs biologiques. Comme explication possible aux associations attendues, la résilience neuronale spécifique aux Inuits du Nunavik sera également étudiée. En appui aux efforts déjà mis en place dans les communautés, ce projet prévoit au budget, en plus d'un solide plan académique transdisciplinaire pour les étudiants :

- 1) la collecte d'échantillons fécaux et l'analyse du microbiome intestinal,
- 2) l'étude du métabolome et de biomarqueurs inflammatoires,
- 3) l'utilisation de l'électrorétinogramme comme nouvel identificateur de problèmes de santé mentale et
- 4) de la culture neuronale à partir de cellules souches pluripotentes, et
- 5) des processus analytiques à la fine pointe de la technologie.

Comme retombées, une compréhension plus large des problèmes de santé mentale, intégrant les aspects environnementaux autant externes et internes de l'exposition humaine, est souhaitée. De nouveaux marqueurs d'adversité, mais surtout de détresse psychologique, sont attendus. Les chercheurs et collaborateurs à ce projet désirent nourrir autant l'innovation que favoriser les facteurs de résilience de toute une population.

[Voir la page web du projet](#)

3.7 INVESTIGATION OPTOGÉNÉTIQUE DE L'INFLUENCE DU MICROBIOTE SUR LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU ET L'ÉPIGÉNÉTIQUE

Co-leaders

Paul De Koninck, Sylvain Moineau

Co-chercheurs

Daniel Côté, Alexander Culley, Nicolas Derome, Arnaud Droit, Marie-Ève Paquet, Grant Vandenberg

Collaborateurs hors UL

Robert Campbell (U. Alberta), Patrice Couture (INRS)

Résumé du projet

Le microbiote intestinal de l'humain et autres vertébrés joue un rôle central pour la santé. Or, lorsque l'hôte subit un stress physiologique, l'équilibre de cet écosystème microbien est rompu, permettant la prolifération de microorganismes opportunistes. Ceux-ci déclenchent des effets négatifs sur l'hôte, incluant des infections et des perturbations physiologiques. Au cours du développement de l'hôte, un microbiote instable pourrait aussi induire des conséquences sur le développement du cerveau, affectant la santé mentale. L'intensification des activités humaines fait subir aux écosystèmes nordiques des changements environnementaux majeurs qui altèrent les systèmes hôte-microbiotes. La relation entre ces systèmes complexes est encore très mal connue. La caractérisation des interactions hôte-microbiote et leurs impacts sur la santé mentale nécessite de développer en laboratoire des modèles et des outils avec lesquels nous pouvons contrôler avec précision les variables pertinentes pour l'environnement.

Notre objectif est de développer un modèle poisson zèbre avec lequel nous pouvons contrôler les facteurs qui modulent les interactions fonctionnelles hôte-microbiote et de mesurer leur impact sur l'évolution du microbiote, le fonctionnement du cerveau et l'expression des gènes de l'hôte. Nos objectifs spécifiques sont :

- i) développer des outils moléculaires pour contrôler la croissance microbienne avec l'optogénétique ;
- ii) mettre au point l'imagerie optique multispectrale de la co-évolution de plusieurs souches bactériennes ;
- iii) étudier l'impact de la nutrition, de xénobiotiques, de phages et de souches bactériennes sur le microbiote intestinal, le développement et le fonctionnement des réseaux neuronaux, et sur la régulation épigénétique des fonctions cérébrales.

Le projet proposé comprendra une approche transdisciplinaire combinant la physiologie du poisson, l'optogénétique pour le contrôle et le suivi de la microflore intestinale, l'optogénétique pour l'observation de la fonction neuronale, ainsi que la génomique et la transcriptomique pour analyser notamment les transferts horizontaux de gènes entre souches bactériennes, et finalement des analyses épigénétique sur l'hôte.

[Voir la page web du projet](#)

3.8 ÉLUCIDER LES INTERACTIONS MICROBIOTE-HÔTE PRÉSENTES DANS LES MALADIES CARDIOMÉTABOLIQUES ET MENTALES À L'AIDE DE CAPTEURS OPTIQUES MULTIMODAUX NOVATEURS

Chercheurs principaux

Denis Boudreau, André Marette

Co-chercheurs

Olivier Barbier, Frédéric Calon, Daniel Côté, Vincenzo Di Marzo, Patrick Mathieu, Younès Messaddeq, Denis Richard, Denis Roy, Denis Soulet, Réal Vallée

Collaborateurs

Mohsen Agharazii, Jacques Corbeil, Yves Desjardins, Nicolas Flamand, Mélanie Lemire, Connie Lovejoy, Anna Ritcey, Elena Timofeeva, Warwick Vincent

Collaborateurs hors UL

Patrice Cani (Belgique), Emile Levy (CHU Sainte-Justine)

Résumé du projet

La prévalence de l'obésité, des maladies cardiométaboliques (CM), ainsi que des maladies mentales (MM) augmente à un rythme accéléré dans les populations autochtones du Nord canadien. Nous postulons l'hypothèse que l'exposition à divers facteurs environnementaux (regroupés sous l'appellation "exposome") et qui incluent des changements dans l'alimentation (moins traditionnelle et plus occidentale), est à l'origine de perturbations du microbiome intestinal, et constitue un lien pathogénique commun pour la prévalence accrue des désordres CM et MM dans ces populations. Cette nouvelle compréhension est à l'origine d'une révolution dans le domaine médical, qui a un urgent besoin de découvrir de meilleurs biomarqueurs prédictifs pour établir un diagnostic précoce et efficace de ces maladies prévalentes. Nous avons réuni une nouvelle équipe transdisciplinaire de scientifiques chevronnés à l'Université Laval et, avec la collaboration de prestigieux partenaires académiques et industriels, avons comme principal objectif de développer et valider de nouvelles sondes optophotoniques afin de révolutionner l'étude du microbiote intestinal. Ces sondes seront implantées dans le tractus gastro-intestinal de modèles de souris bien établis des maladies CM et MM, permettant pour la première fois de détecter in situ et en temps réel des molécules dérivées du microbiome et ce, avec une sensibilité et une résolution spatiale et temporelle inégalées. Ces outils novateurs permettront

1) d'identifier des biomarqueurs inédits du microbiome et stimuler la découverte de nouvelles cibles biologiques pour une meilleure compréhension de la relation entre l'exposome et la trajectoire développementale des désordres CM et MM et

2) d'élucider de nouveaux mécanismes qui permettent d'expliquer les effets bénéfiques de polyphénols de baies sauvages et des acides gras omega-3 de poisson, qui sont traditionnellement consommés par les populations autochtones du Nord.

[Voir la page web du projet](#)