

Sentinelle  
Nord



LUMIÈRE SUR LE NORD  
ENVIRONNEMENT | SANTÉ | INNOVATION

RAPPORT D'ACTIVITÉS  
2017 | 2018

Sentinelle Nord



UNIVERSITÉ  
**LAVAL**

Avec sa stratégie Sentinelle Nord, l'Université Laval puise dans plus d'un demi-siècle d'excellence en recherche nordique et en optique et photonique pour développer de nouvelles technologies, former une nouvelle génération de chercheurs transdisciplinaires et améliorer notre compréhension de l'environnement nordique et de son impact sur l'être humain et sa santé.

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

Canada



CANADA  
FIRST  
RESEARCH  
EXCELLENCE  
FUND

APOGÉE  
CANADA  
FONDS  
D'EXCELLENCE  
EN RECHERCHE



UNIVERSITÉ  
LAVAL

LUMIÈRE SUR LE NORD  
ENVIRONNEMENT | SANTÉ | INNOVATION

RAPPORT D'ACTIVÉS  
2017 | 2018



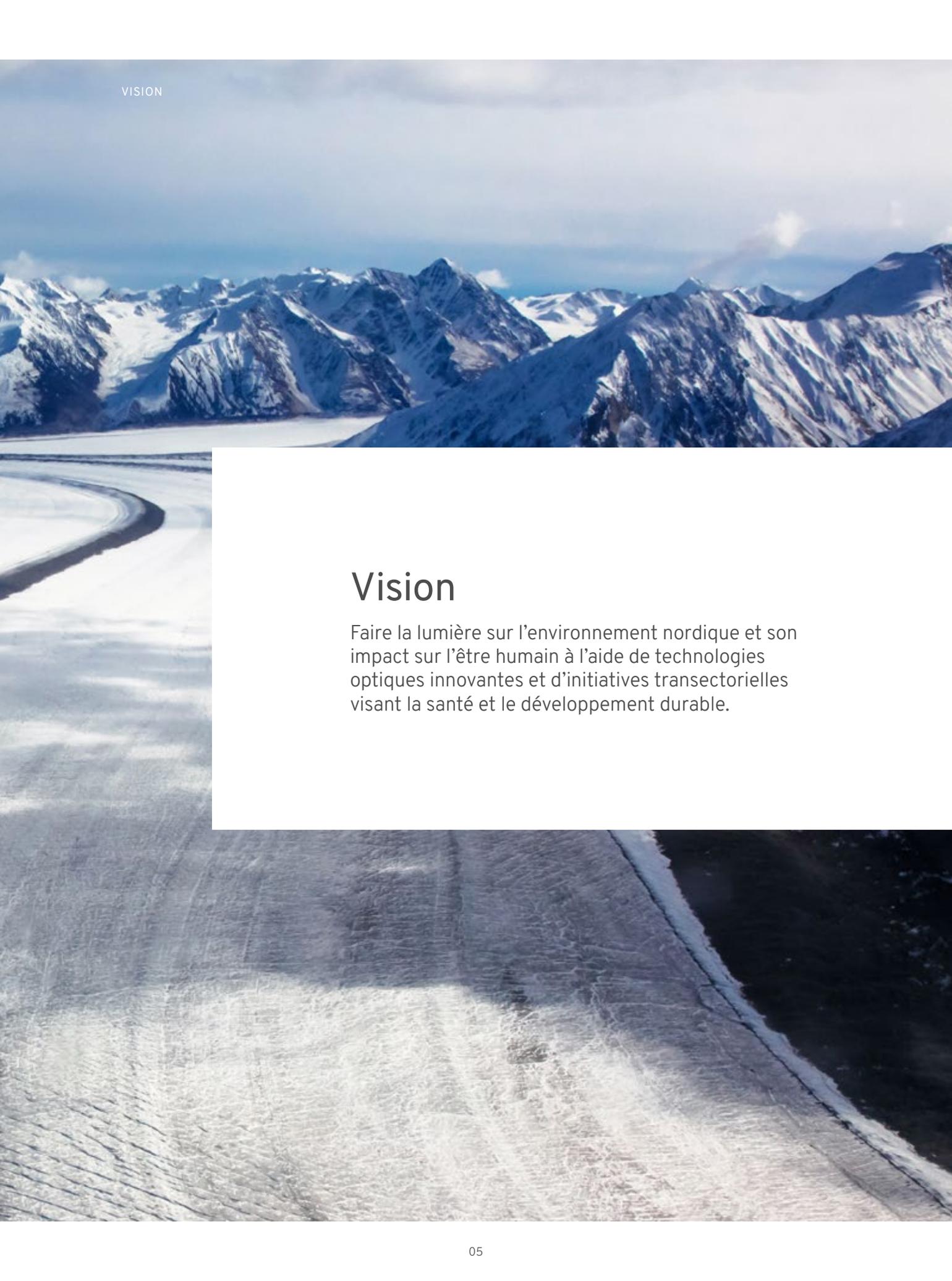


Les experts en optique-photonique, en microélectronique, en écologie et en systèmes complexes joignent leurs forces pour mieux comprendre l'impact du couvert de neige hivernal sur l'écologie des mammifères nordiques.



- 05 Vision
- 06 Mot de la direction
- 11 Programme de recherche transdisciplinaire
- 31 Formation
- 37 Communications et rayonnement
- 41 Partenariats et collaborations
- 45 Communauté Sentinelle Nord





## Vision

Faire la lumière sur l'environnement nordique et son impact sur l'être humain à l'aide de technologies optiques innovantes et d'initiatives transectorielles visant la santé et le développement durable.

## Mot de la direction

En août 2015, l'Université Laval recevait sa plus importante subvention à ce jour du Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada pour mettre en œuvre sa stratégie Sentinelle Nord. À la suite de concours fortement compétitifs, le Fonds aide les établissements postsecondaires sélectionnés à mettre en œuvre, à grande échelle, des stratégies institutionnelles avant-gardistes et transformatives pour faire progresser leurs plus grandes forces sur la scène mondiale.

Avec Sentinelle Nord, l'Université propose une ambitieuse stratégie de recherche qui marquera son histoire : améliorer notre compréhension de l'environnement nordique et de son impact sur l'être humain en encourageant une convergence sans précédent de domaines de recherche stratégiques dans lesquels l'institution assume un leadership internationalement reconnu, notamment les sciences nordiques et de l'Arctique, l'optique-photonique, le microbiome, la santé cardiométabolique et les neurosciences.

C'est donc avec l'ambition de mobiliser la riche et diverse communauté de chercheurs de l'Université et d'abaisser les barrières entre les disciplines, les départements et les facultés, que le premier appel à projets majeur de Sentinelle Nord a été lancé en avril 2016. Doté d'une enveloppe de 15 millions de dollars sur 3 ans, l'exercice a incontestablement atteint

son objectif de conjuguer des expertises complémentaires au sein de projets de recherche novateurs qui encouragent la collaboration et l'échange d'idées.

Depuis mars 2017, une communauté de plus de 400 professeurs, étudiants diplômés, post-doctorants et professionnels de 34 départements, 30 centres de recherche et 7 facultés travaille avec des collaborateurs nationaux et internationaux au sein de projets transdisciplinaires qui visent à mieux suivre et se préparer à la transformation des milieux nordiques dans une perspective de développement et de santé durables.

La démarche scientifique est complexe, mais la mobilisation est au rendez-vous, et toujours croissante. En favorisant une recherche axée sur la découverte, innovatrice et technologique, Sentinelle Nord apporte une véritable valeur ajoutée à l'effort international en recherche nordique.

Guidés par une gouvernance engagée, les nombreux autres volets de notre stratégie sont maintenant opérationnels :

- L'important programme de formation de Sentinelle Nord attire et fait se développer les meilleurs étudiants du Canada et de l'étranger dans un contexte de transdisciplinarité.



Eugénie Brouillet

Vice-rectrice à la recherche,  
à la création et à l'innovation

Présidente du comité directeur  
de Sentinelle Nord



Martin Fortier

Directeur général de  
Sentinelle Nord

Adjoint à la vice-rectrice à la  
recherche, à la création et  
à l'innovation



- Un appel à chaires de recherche Sentinelle Nord a mené au recrutement de six professeurs accomplis à l'Université.
- Un programme de chaire de recherche en partenariat permet à des partenaires externes de se joindre à Sentinelle Nord.
- La première réunion scientifique annuelle a réuni près de 300 membres de la communauté émergente de Sentinelle Nord.
- Une nouvelle plateforme technologique de développement d'instruments est mise à la disposition des chercheurs et des étudiants du programme.
- Les unités mixtes internationales de recherche (UMI) existantes avec le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) en France et l'Universidade Estadual Paulista (UNESP) au Brésil ont été consolidées et deux nouvelles UMI ont été établies avec l'Université de Lausanne en Suisse et le Conseil national de la recherche (CNR) en Italie.
- Des appels à projets de recherche transdisciplinaire conjoints ont été lancés avec le CNRS et l'Université Côte d'Azur et d'autres sont en élaboration.
- Un fonds pour favoriser l'accès aux infrastructures de recherche nordiques est accessible aux équipes de recherche du programme.

- Les équipes de recherche de l'Université ont accès au Fonds de maturation technologique de Sentinelle Nord pour soutenir la maturation d'innovations qui présentent un fort potentiel de valorisation.

Pour l'Université Laval, la formation expérientielle, la mobilité internationale, le développement de partenariats internationaux, la recherche transdisciplinaire et la valorisation des innovations emmenées par Sentinelle Nord se déploient en lien direct avec les grands axes de son Plan stratégique institutionnel 2017-2022. La mobilisation de nouvelles expertises au sein de projets élaborés en étroite collaboration avec les experts et regroupements en recherche nordique de notre institution amène également une force nouvelle dans le déploiement de l'Institut nordique du Québec.

Au cours des prochains mois, c'est sur cette lancée que nous travaillerons activement à développer et à consolider nos collaborations et nos partenariats au Canada et à l'international.

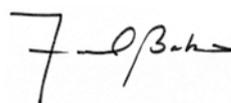
Nous vous invitons à consulter ce premier rapport d'activités, à vous familiariser avec les nombreux volets de notre programme et à vous joindre à l'initiative sans précédent qu'est Sentinelle Nord.



Yves De Koninck

Codirecteur scientifique  
de Sentinelle Nord

Directeur du Centre  
de recherche CERVO



Marcel Babin

Codirecteur scientifique  
de Sentinelle Nord

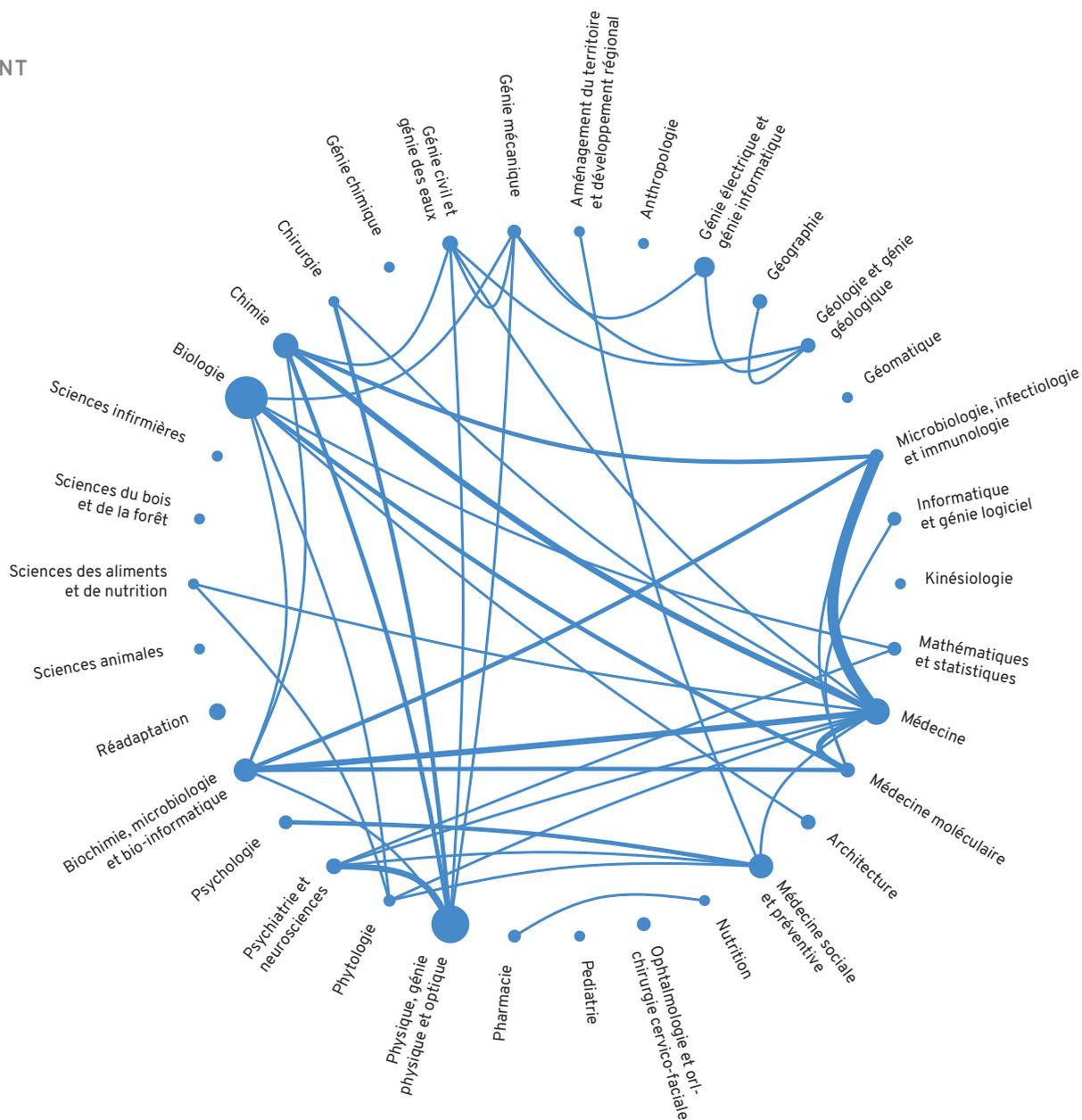
Lauréat de la CERC sur  
la télédétection de la  
nouvelle frontière  
arctique du Canada



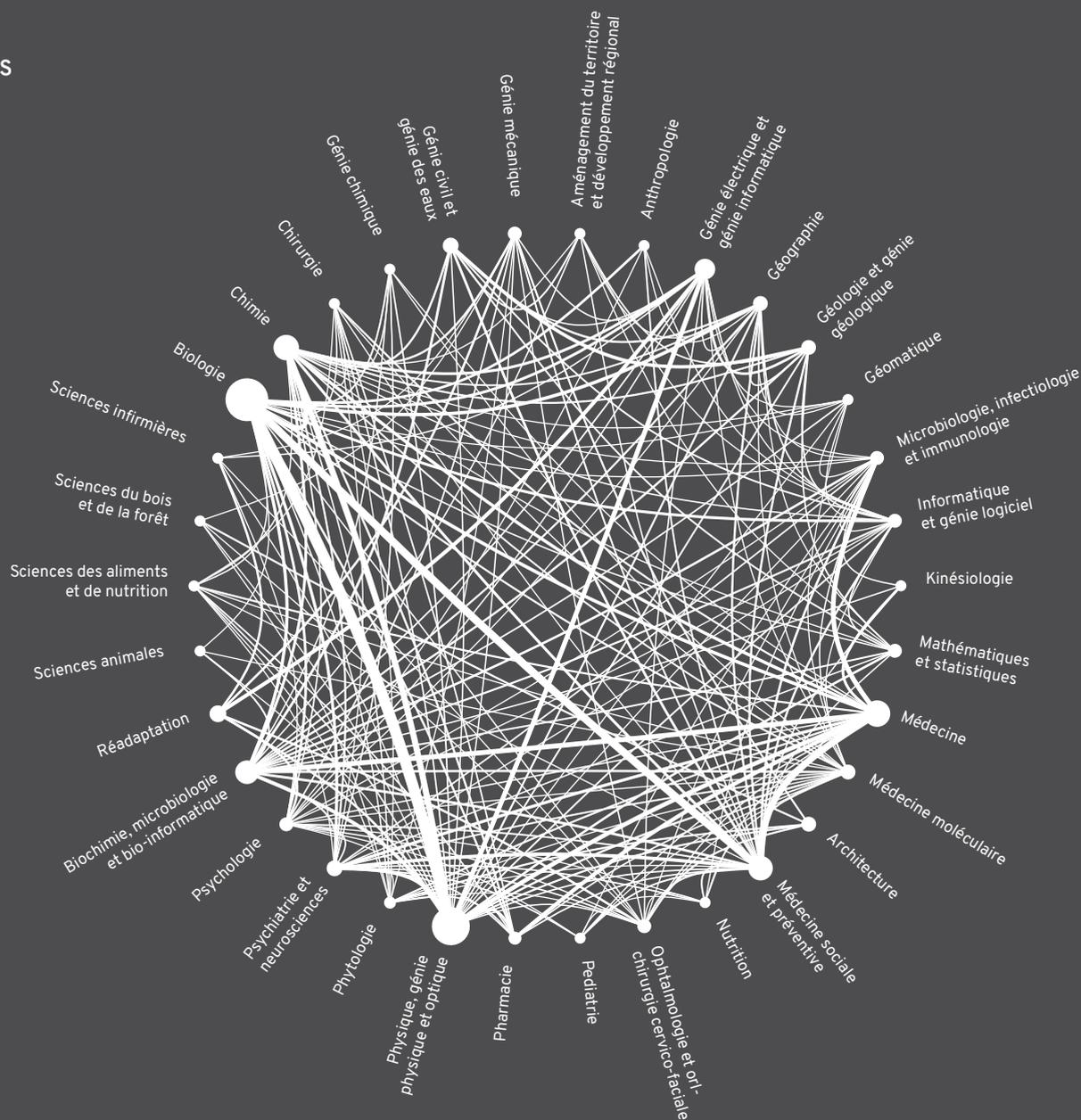
## La transdisciplinarité au cœur de la recherche

Le premier appel à projets de Sentinelle Nord a atteint son objectif de mobiliser la communauté de recherche de l'Université Laval et ses collaborateurs. Les projets retenus impliquent des dizaines de nouvelles collaborations transdisciplinaires innovantes entre des chercheurs de haut niveau de plus de 34 départements et 30 centres de recherche reconnus de notre institution.

### AVANT



APRÈS



Réseaux de collaborations interdépartementales entre les 140+ chercheurs de Sentinelle Nord « avant » et « après » le déploiement du programme. Le réseau collaboratif « avant » illustre les liens entre les coauteurs de publications interdépartementales entre 2004 et 2014 inclusivement. Le réseau collaboratif « après » présente les nouvelles collaborations interdépartementales attendues à la suite des publications conjointes des chercheurs au sein des 21 sous-projets transdisciplinaires financés par Sentinelle Nord. L'épaisseur des liens est proportionnelle au nombre de collaborations. Le diamètre des nœuds est proportionnel au nombre de chercheurs dans chaque département.



Mariant neurosciences et optique-photonique, les technologies d'imagerie développées par le professeur Daniel Côté et son équipe permettent de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau.



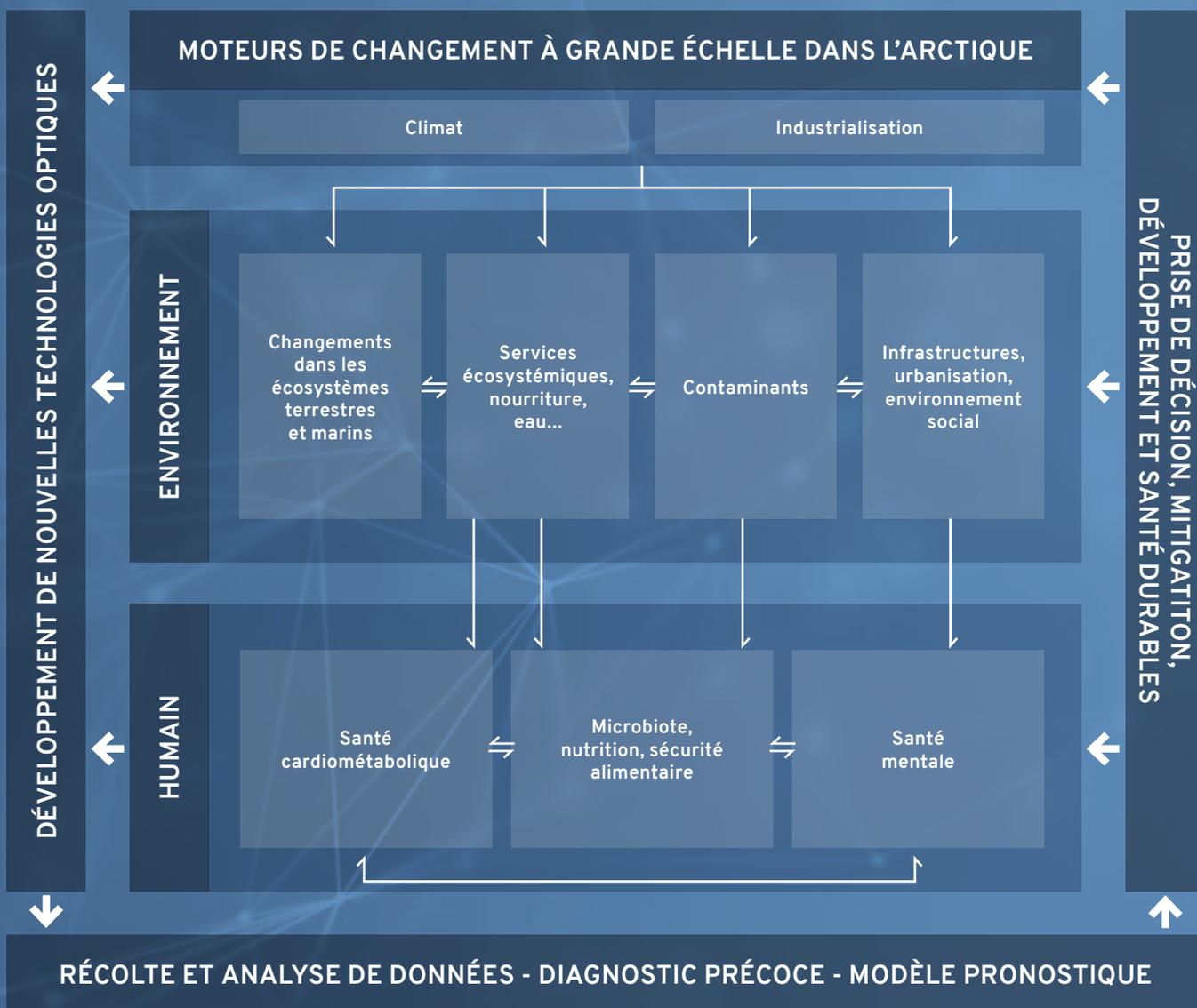
## Programme de recherche transdisciplinaire

À LA CROISÉE DE L'ENVIRONNEMENT, DE  
LA SANTÉ ET DE L'OPTIQUE-PHOTONIQUE

Le programme de recherche de Sentinelle Nord encourage la formation d'équipes et de projets de recherche concertés axés sur la découverte, la transdisciplinarité, l'innovation, la collaboration, les partenariats nationaux et internationaux ainsi que le transfert technologique. L'initiative s'appuie sur une convergence de domaines de recherche stratégiques dans lesquels l'Université Laval assume un leadership national et international déjà reconnu, entre autres par l'attribution de quatre chaires d'excellence en recherche du Canada: en sciences nordiques et de l'Arctique, en optique-photonique, sur la santé cardiométabolique et le microbiome et en neurosciences.

## Cadre conceptuel

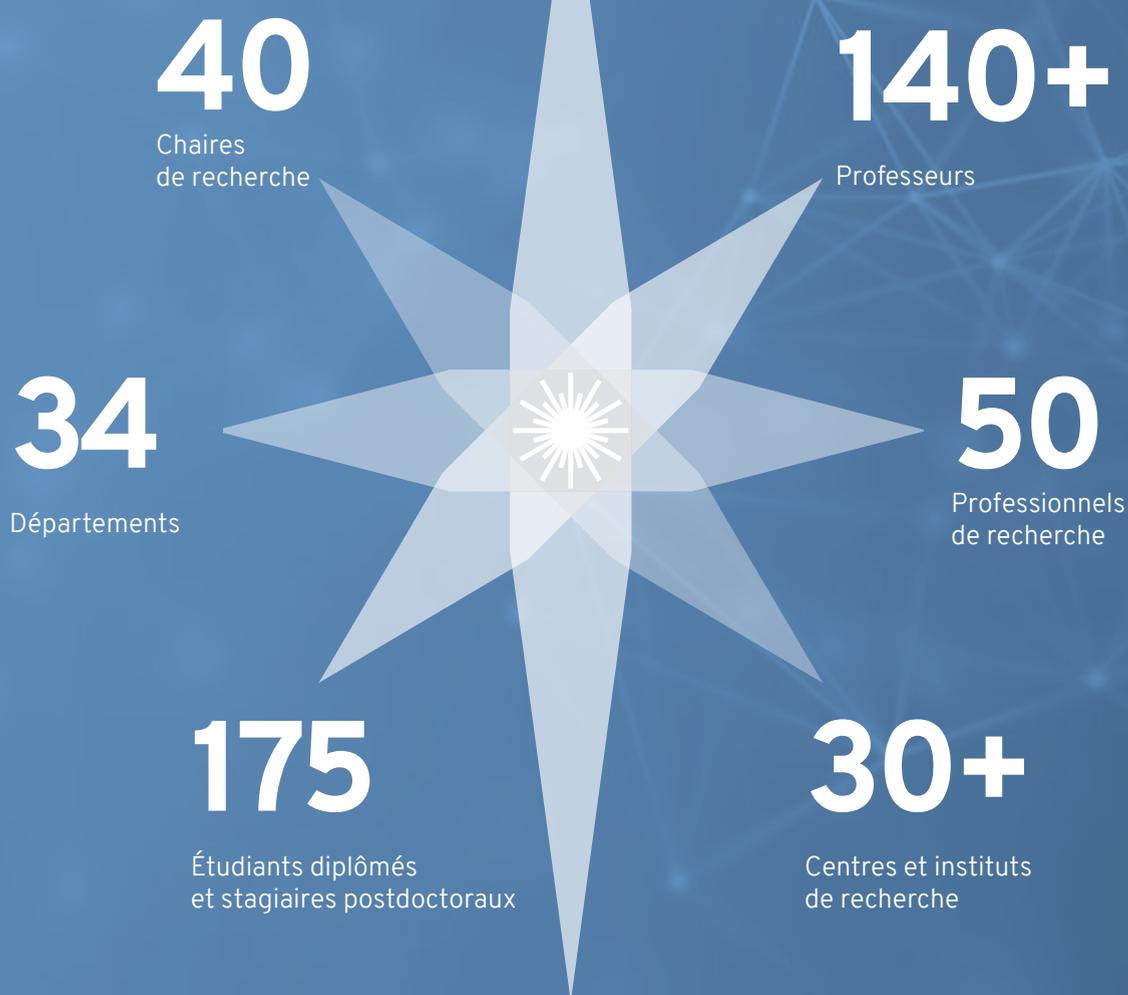
Dans un contexte d'accélération des changements climatiques et du développement socio-économique dans les régions arctiques et subarctiques, le programme de recherche de Sentinelle Nord contribue à générer le savoir nécessaire pour suivre et se préparer à la transformation de l'environnement à diverses échelles, du microbiote aux écosystèmes, à l'aide de meilleures technologies, de modèles pronostiques et de stratégies d'intervention visant la santé et le développement durables.



## Sentinelle Nord à l'Université Laval

Le programme central est articulé au sein de 21 projets de recherche transdisciplinaires qui forment 3 grands chantiers thématiques dans lesquels s'inscrit l'innovation technologique, particulièrement en optique-photonique. À ces projets s'ajoutent les programmes de 6 nouvelles chaires de recherche Sentinelle Nord et plusieurs projets de thèse de doctorat et de stages postdoctoraux financés par nos programmes de bourses d'excellence.

Déjà, plus de 140 professeurs, 175 étudiants diplômés et stagiaires postdoctoraux et 50 professionnels de 7 facultés dans plus de 34 départements de l'Université travaillent avec leurs collaborateurs canadiens et internationaux au sein du programme.





Le Chantier thématique 1 s'appuie sur de puissants modèles numériques et sur des capteurs optiques innovants pour mieux comprendre les systèmes complexes du Nord.

CHANTIER THÉMATIQUE 1

# Décoder les interrelations 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, économiques et sociaux. L'objectif principal de ce chantier de recherche est d'acquérir une meilleure compréhension des systèmes complexes du Nord et de leur logique interne, qui dépend, entre autres, de leurs interactions mutuelles.

Ce chantier explore les systèmes nordiques aux échelles microscopiques (microbiotes), mésoscopiques (biodiversité, infrastructures), et macroscopiques (pergélisol, écosystèmes, société) à l'aide 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

Chercheur principal: Daniel Fortin, Biologie

Les changements climatiques modifient les écosystèmes, rendant possible l'exploitation industrielle de régions toujours plus nordiques. Comment, dans ces conditions, assurer la conservation de la biodiversité sans pour autant faire le suivi de chaque espèce une à une? À partir de données sur des espèces indicatrices – plantes, insectes, oiseaux et loups – récoltées à plusieurs latitudes le long de deux axes nord-sud au Québec et en Alberta, les chercheurs vont concevoir de nouveaux modèles de l'intégrité des écosystèmes, basés sur l'analyse de réseaux complexes. Ces modèles seront ensuite appliqués au suivi du caribou forestier, une espèce parapluie dont la conservation garantit celle de multiples autres espèces.

1.2

## La résilience des réseaux complexes: identifier les indicateurs critiques pour une intervention ciblée

Chercheurs principaux:  
Louis J. Dubé, Physique, génie physique et optique;  
Simon Hardy, Informatique et génie logiciel

La capacité d'un système complexe à surmonter des difficultés, sa résilience, dépend beaucoup de la structure des réseaux qui le sous-tendent. Ce projet consiste à étudier en théorie et en pratique ce qui rend des réseaux résilients. Le réseau des neurones du poisson-zèbre, qui peut être manipulé par optogénétique, sert de modèle pour identifier des « sentinelles neuronales » indicatrices de la résilience d'un système complexe. Au final, ce projet vise à concevoir des outils d'analyse capables de traiter des données massives relatives à des systèmes complexes, pour prédire les conséquences de perturbations ou d'interventions.

1.3

### **Documenter et modéliser les interrelations clés des systèmes hydriques nordiques soumis aux pressions climatiques, géosystémiques et sociétales**

Chercheur principal:  
René Therrien, Géologie et génie géologique

Les changements climatiques ont des impacts majeurs sur l'eau des régions nordiques: le pergélisol fond, les précipitations varient de manière inhabituelle, la neige et la glace ne se forment ni fondent comme par le passé. En surface comme dans les profondeurs, l'eau emprunte de nouveaux chemins qui peuvent interférer avec les infrastructures de transport, causer des glissements de terrain ou perturber l'approvisionnement en eau potable. Ce projet vise à dresser un portrait clair des flux d'eau et d'énergie dans le Nord, en s'appuyant notamment sur des mesures de terrain à Umiujaq et à Salluit. Les modèles développés permettront d'assurer une gestion durable de l'eau dans la région et d'adapter les infrastructures aux nouvelles contraintes.

1.4

### **Détection photonique extrême et suivi des environnements pergélisolés**

Chercheurs principaux:  
Sophie LaRoche, Génie électrique et génie informatique; Richard Fortier, Géologie et génie géologique

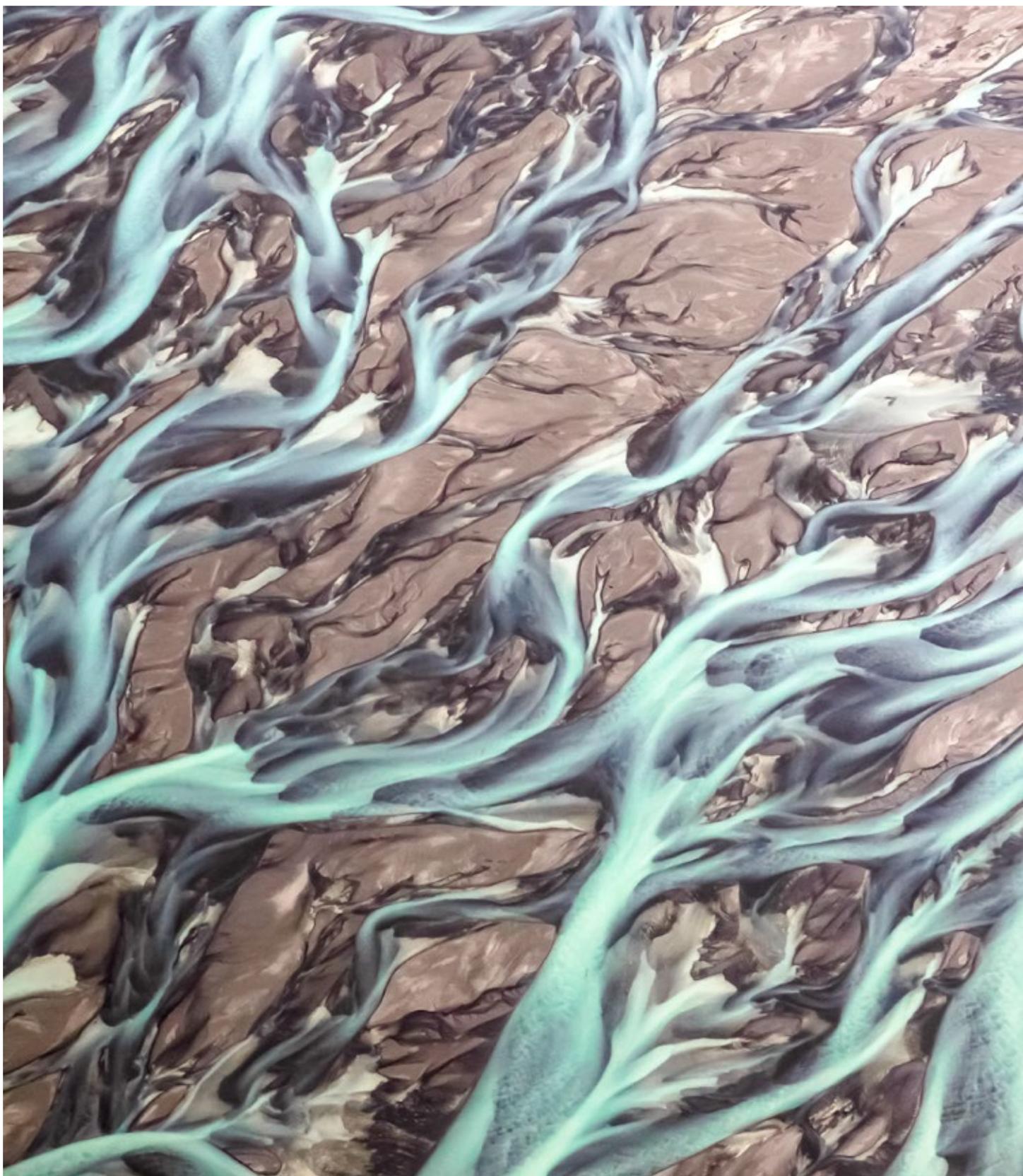
Ce projet consiste à développer et à tester de nouveaux dispositifs photoniques capables de collecter automatiquement des données sur des perturbations causées par les changements climatiques, afin que l'on puisse mieux anticiper leurs conséquences sur les infrastructures, les activités industrielles et le milieu naturel. Un système de capteurs à fibre optique sera installé à très grande profondeur, tandis qu'une caméra adaptative 3D suivra les mouvements à la surface d'un monticule de pergélisol. Les chercheurs vont aussi développer des capteurs autonomes, alimentés par des piles utilisant des microorganismes du sol comme source d'énergie, qui pourront mesurer en continu les caractéristiques de l'eau souterraine et les émissions de plusieurs gaz à effet de serre.

1.5

### **Pitutsimaniq, capteurs en réseau pour le suivi en temps réel des infrastructures et des écosystèmes nordiques**

Chercheurs principaux:  
Michel Allard, Géographie; Leslie Ann Rusch, Génie électrique et génie informatique

Le projet Pitutsimaniq, «réseau» en inuktitut, vise à interconnecter la multitude de capteurs déjà installés depuis 15 ans dans le village de Salluit, qui pour l'instant se «parlent» peu. Toutes les données de ces capteurs surveillant la météo, les infrastructures ou le pergélisol seront ainsi centralisées et partageables, notamment par une connexion sans fil et par des fibres optiques qui relieront bientôt les communautés nordiques entre elles et au reste du monde. La même stratégie sera ensuite appliquée aux autres communautés. Le projet vise aussi à développer de nouveaux capteurs compacts pour mieux suivre l'état des routes, des pistes et du pergélisol.





Vecteur essentiel  
de transfert  
d'énergie, la lumière  
est à la fois objet  
et instrument  
d'étude pour les  
projets du Chantier  
thématique 2.

CHANTIER THÉMATIQUE 2

# La lumière comme moteur, environnement et vecteur d'information dans les milieux naturels et la santé dans le Nord

Aux hautes latitudes, les importantes variations saisonnières de la photopériode et du couvert de neige et de glace amènent une grande variabilité dans la disponibilité et la qualité de la lumière affectant les écosystèmes et les sociétés nordiques.

Ce chantier a pour objectif d'étudier, entre autres, la propagation de la lumière à travers espaces et substrats, ses interactions avec la matière et son influence sur la physiologie et les biorythmes.

Le développement et l'utilisation de nouvelles technologies et de capteurs optiques permettent aussi l'étude de processus biochimiques 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

Chercheurs principaux:  
Claude Demers, Architecture; Marc Hébert, Ophtalmologie et oto-rhino-laryngologie

Les habitants du Nord ont traditionnellement bâti des milieux de vie adaptés aux grandes variations de luminosité naturelle. Toutefois, les constructions qu'ils occupent aujourd'hui, et celles construites pour les nouveaux travailleurs du Nord, respectent peu la biophilie - l'attrait inné des humains pour la lumière. De ce constat, les chercheurs spécialisés en architecture et dans l'étude des effets des photopériodes sur l'humain analysent la disponibilité de la lumière dans les bâtiments existants et ses conséquences sur le bien-être. Ils vont repenser des bâtiments en tentant de mieux tirer parti de nouvelles technologies telles que l'éclairage intelligent ou les DEL, et élaborer des propositions sous la forme de maquettes.

2.2

## Systèmes optiques innovants pour le suivi de la vie hivernale dans la cryosphère

Chercheur principal: Gilles Gauthier, Biologie

Quels impacts les changements dans la neige et la glace induits par le réchauffement climatique, et la transmission de la lumière qui en résulte, ont-ils sur les écosystèmes? Ce projet repose sur le développement de nouveaux systèmes optiques aptes à fonctionner dans les conditions extrêmes de l'Arctique hivernal, qui vont permettre de mieux comprendre l'environnement durant cette saison. Ces capteurs analyseront les propriétés du couvert de neige et de la colonne d'eau sous la glace, suivront de petits animaux qui vivent sous la neige et assureront le suivi des conditions environnementales *in situ* en étant transportés par de grands animaux.

## 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: Johann Lavaud, Biologie

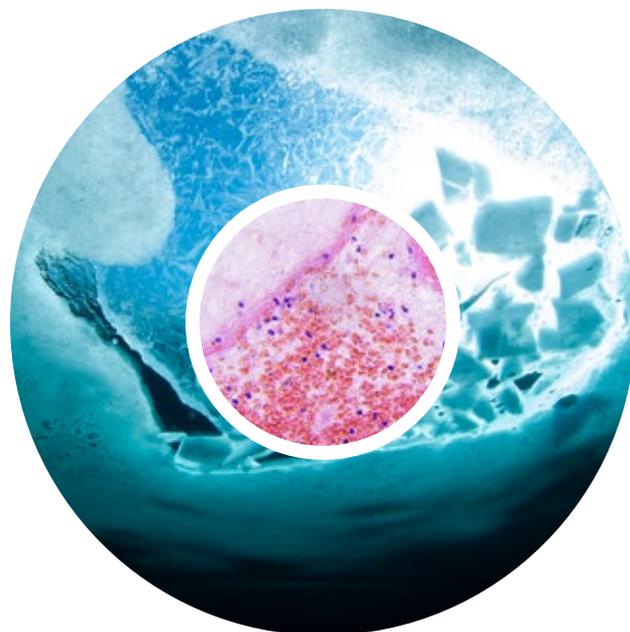
L'hiver, le manque de lumière naturelle affecte travailleurs et habitants du Nord, qui sont alors plus à risque d'éprouver des troubles de santé mentale et de comportement. On sait que des régimes artificiels de lumière bleue et rouge sont susceptibles de rétablir un rythme circadien plus équilibré et sain. Les microalgues diatomées arctiques sont elles aussi sensibles aux variations lumineuses et constituent ainsi un bon modèle pour étudier l'effet de dispositifs de lumière artificielle. Dans ce projet, les chercheurs testeront de nouveaux traitements médicaux lumineux non invasifs sur les diatomées. Ils en profiteront pour étudier l'écophysiologie de ces microalgues, à la fois sentinelles des changements climatiques et sources potentielles de composés d'intérêt nutritionnel, comme des caroténoïdes ou des acides gras polyinsaturés.

## 2.4

### Vers une meilleure compréhension de l'interaction lumière-matière

Chercheur principal:  
Pierre Marquet, Psychiatrie et neurosciences

Dans le but de concevoir de nouveaux modèles théoriques de la propagation de la lumière en fonction des caractéristiques de la matière qu'elle traverse, les chercheurs de ce projet étudient en parallèle la structure de la banquise et celle de tissus biologiques. Les modèles mis au point aideront ensuite à interpréter de manière plus juste les données d'observation du milieu marin arctique. Ils permettront aussi de développer de meilleurs instruments de diagnostic pour des problèmes liés à la peau ou au rythme circadien.



Notre compréhension de la propagation lumineuse dans les milieux diffusifs tels la banquise ou les tissus biologiques sera grandement améliorée.

## 2.5

### Cellules solaires imprimées pour instruments portables

Chercheur principal: Mario Leclerc, Chimie

Les capteurs ou antennes relais déployés dans l'Arctique doivent être autonomes en énergie. Or, les cellules photovoltaïques à base de silicium, qui peuvent capter l'énergie solaire et alimenter ces dispositifs, supportent mal les conditions extrêmes du Nord. Les chimistes et physiciens impliqués dans ce projet proposent de développer un nouveau système de collecte d'énergie solaire utilisant des polymères flexibles semi-conducteurs, couplés à des concentrateurs et à une batterie légère, pour stocker l'énergie produite. Une fois assemblé, le tout sera imprimé directement sur les équipements à alimenter. Ces piles solaires seront beaucoup plus résistantes et durables que les dispositifs à base de silicium.

2.6

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

Chercheurs principaux:  
Réal Vallée, Physique, génie physique et optique;  
Guillaume Massé, Biologie

Les changements climatiques bouleversent les environnements nordiques, ce qui modifie la nature et les quantités des gaz à effet de serre qui sont naturellement émis dans ces régions. Le projet BOND (Beacons of Northern Dynamics) consiste à concevoir de nouveaux capteurs optiques pour suivre, à haute fréquence, les flux de gaz climatiquement actifs dans la basse atmosphère et dans les environnements aquatiques du Nord. Les chercheurs utiliseront aussi des bioréacteurs couplés à des spectromètres de masse pour mieux comprendre le comportement de ces gaz en conditions contrôlées.

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

Chercheurs principaux:  
Philippe Archambault, Biologie;  
Michel Piché, Physique, génie physique et optique

Les propriétés physiques et biologiques de la glace de mer et des organismes vivant à proximité du fond océanique arctique restent mal comprises en raison de la difficulté d'accès à cet environnement. Pour mieux comprendre les changements en cours, les chercheurs de ce projet vont analyser la glace, les fonds marins et les algues au moyen de différents types de LiDAR, des capteurs laser capables de fournir des représentations précises des environnements sondés. Installés sur un véhicule sous-marin autonome, ces capteurs pourront ainsi mieux quantifier les caractéristiques physiques et biologiques des fonds marins arctiques et de la biomasse.

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, Réadaptation

Les transformations du Nord amènent habitants et travailleurs à exercer des activités qui présentent parfois de nouveaux risques pour leur santé et leur sécurité. Dans ce projet, les chercheurs développent des dispositifs portatifs intégrant des capteurs de mouvement et des capteurs de données physiologiques. Ces appareils permettront de suivre à distance, et en temps réel, la mobilité et les habiletés motrices des personnes travaillant dans le Nord, ainsi que certains de leurs paramètres vitaux, comme le rythme cardiaque ou la luminosité reçue. Ces technologies pourraient aider à prévenir les accidents et des problèmes de santé physique et mentale, et améliorer l'évaluation et le suivi des personnes touchées.



Des véhicules sous-marins autonomes munis de systèmes optiques de pointe sont utilisés pour l'étude du benthos arctique.



Le Chantier thématique 3 étudie l'influence de la qualité des aliments sur le microbiome et la santé des habitants du Nord.

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 dans le Nord, ce chantier développe de nouveaux capteurs photoniques et de nouvelles méthodes de capture et d'analyse d'un large éventail de données microbiologiques dans les écosystèmes terrestres et marins, les aliments et les humains dans le Nord.

---

PROJETS DE RECHERCHE DU CHANTIER THÉMATIQUE 3

3.1

### Microbiomes sentinelles pour la santé des écosystèmes arctiques

Chercheurs principaux:  
Daniel Côté, Physique, génie physique et optique;  
Warwick F. Vincent, Biologie

L'Arctique est peuplé d'innombrables communautés de microbes qui jouent des rôles aussi vitaux que peu connus dans le bon fonctionnement des écosystèmes. Ce projet utilise des microbiomes comme sentinelles pour suivre les changements en cours dans l'Arctique. Les biologistes examinent le microbiome de l'omble chevalier, poisson emblématique du Nord, ainsi que les biofilms et accumulations de plancton qui se forment dans les environnements aquatiques et marins du Nord. En parallèle, les physiciens développent des technologies optiques pour faciliter la surveillance de ces communautés microbiennes.

3.2

### Suivi environnemental et valorisation dans le Nord: des molécules aux microorganismes

Chercheur principal:  
Jacques Corbeil, Médecine moléculaire

Les microorganismes qui peuplent les sols de l'Arctique sont très sensibles aux changements environnementaux, qui influencent leur croissance et les molécules qu'ils excrètent. Dans ce projet, ils vont révéler leurs secrets grâce aux EcoChips, des mini-laboratoires de terrain permettant de cultiver des microorganismes directement dans le milieu dans lequel ils vivent, tout en captant les conditions environnementales auxquelles ils sont soumis. Les chercheurs vont déposer la dernière version de leurs puces à des latitudes et dans des écosystèmes variés, puis analyser les mégadonnées recueillies au cours du temps sur des centaines de microorganismes. Les éléments constitutifs des cellules de ces microorganismes seront aussi analysés pour voir s'ils sécrètent des substances d'intérêt industriel ou thérapeutique.

### 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-Éric Tremblay, Biologie; Mélanie Lemire,  
Médecine sociale et préventive

Les Inuits utilisent de nombreux produits de la mer. Or, la qualité et la disponibilité des aliments marins locaux sont sensibles au changement climatique. Les chercheurs ont récolté dans l'océan des organismes à tous les niveaux alimentaires, allant des microalgues jusqu'aux grands mammifères marins, dans lesquels ils mesurent la présence de différents composés bénéfiques pour la santé, tels les antioxydants et les oméga-3. Au moyen de simulations numériques, ils étudient ensuite comment le réchauffement et l'acidification de l'eau peuvent affecter la synthèse et la transmission de ces composés bénéfiques tout au long de la chaîne alimentaire. Grâce aux échantillons de l'Enquête de santé Qanuilirpitaa 2017, ils tenteront aussi d'identifier des biomarqueurs sanguins de la consommation de ces aliments. Ils espèrent ainsi mieux évaluer et prévoir l'impact des changements environnementaux sur le bien-être et la sécurité alimentaire des Inuits.



La santé de populations du Nord est au cœur de plusieurs projets du Chantier thématique 3.

### 3.4

## Outils innovants pour le suivi de la qualité alimentaire dans les environnements nordiques

Chercheurs principaux:  
Dominic Larivière, Chimie;  
Jean Ruel, Génie mécanique

La consommation d'aliments traditionnels est excellente pour la santé des habitants du Nunavik, à condition qu'ils puissent éviter les contaminants, qu'on y trouve en quantités très variables. Ce projet vise à développer une plateforme d'analyse portable que les membres de la communauté et les professionnels de la santé pourront utiliser comme outil d'aide à la décision pour repérer les aliments à risque. De multiples expertises sont sollicitées, de la microfluidique à la santé publique en passant par la mécatronique, pour que l'équipement développé soit pertinent et puisse être utilisé par une personne non entraînée, dans des sites éloignés et pour examiner toutes sortes d'échantillons. La lecture optique et l'analyse des contaminants sentinelles que sont le mercure et le plomb seront automatiques.

### 3.5

## Impact des conditions environnementales sur le microbiote des voies respiratoires et la santé respiratoire dans le Nord

Chercheurs principaux:  
François Maltais, Médecine; Marc Ouellette,  
Microbiologie, infectiologie et immunologie

Les autochtones du Nord sont frappés par une véritable épidémie de maladies respiratoires, liée à la promiscuité dans des maisons mal aérées et à la prévalence élevée du tabagisme. Dans ce projet, les chercheurs vont dresser un portrait du microbiote respiratoire des jeunes Inuits, en analysant par métagénomique des prélèvements de gorge réalisés lors de l'Enquête de santé Qanuilirpitaa 2017. Ils vont ensuite échantillonner l'air des maisons dans deux villages, puis en identifier le microbiote et voir si la ventilation mécanique est efficace. Le projet vise d'abord à mieux comprendre les liens entre l'habitat et les maladies respiratoires, pour protéger la santé des occupants déjà aux prises avec un taux élevé de maladies cardiométaboliques.

3.6

### Le microbiome intestinal: sentinelle de l'environnement nordique et de la santé mentale des Inuits

Chercheurs principaux:  
Richard Bélanger, Pédiatrie;  
Gina Muckle, Psychologie

Les Inuits du Nunavik doivent composer avec de multiples stresseurs: les contaminants environnementaux, l'insécurité alimentaire, la victimisation et l'abus de substances psychoactives s'accompagnent d'un très haut niveau de détresse psychologique. Or, on sait que le microbiome intestinal peut influencer la santé mentale. Permet-il aussi une certaine résilience face à l'adversité? Aggrave-t-il au contraire les troubles lorsqu'il est perturbé, par exemple, par des changements dans l'alimentation? Ce projet vise à caractériser le microbiome intestinal de jeunes Inuits ayant participé à l'Enquête de santé Qanuilirpitaa 2017, pour voir s'il peut être un indicateur de l'état de santé mentale et si on peut le relier à différents niveaux ou sources d'adversité.

3.7

### Investigation optogénétique de l'influence du microbiote sur le développement du cerveau et l'épigénétique

Chercheurs principaux:  
Paul De Koninck et Sylvain Moineau, Biochimie, microbiologie et bio-informatique

On sait que le microbiote intestinal des humains et autres vertébrés est susceptible d'influencer leur état de santé. On pense aussi que l'environnement changeant du Nord transforme le microbiote des écosystèmes. Reste que dans les deux cas, les relations entre une communauté microbienne et son hôte sont encore loin d'être claires. Dans ce projet, les chercheurs passent par le modèle du poisson-zèbre, dont les alevins sont transparents, pour étudier par des techniques d'optique et de génétique comment des modifications de son microbiote affectent le développement de son cerveau. Ils exploitent une nouvelle technologie de ciseau moléculaire CRISPR/Cas9 activable par la lumière ou des virus, appelés bactériophages, pour éliminer certaines bactéries du microbiote des alevins, tout en observant au microscope le développement des neurones du cerveau.

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, Chimie; André Marette, Médecine

Les autochtones du Nord sont exposés à un ensemble de stresseurs qui font en sorte qu'ils connaissent une prévalence accrue d'obésité, de maladies cardiométaboliques et de troubles de santé mentale. Les chercheurs croient que le microbiome pourrait bien être la clé de voûte de tous ces maux. Dans ce projet, ils explorent une nouvelle manière d'étudier le microbiome intestinal à l'aide de sondes optophotoniques implantées dans le tractus gastro-intestinal de souris porteuses des maladies affectant les populations du Nord. Les chercheurs espèrent ainsi voir en direct des changements dans les molécules émises par le microbiome en réponse à des contraintes telles qu'un changement d'alimentation.



En combinant des principes d'optique et de génétique chez le modèle du poisson-zèbre, on étudie l'effet du microbiote intestinal sur le développement du cerveau.



## Chaires de recherche Sentinelle Nord

Lancé en avril 2017, l'appel de candidatures pour des chaires de recherche Sentinelle Nord a permis le recrutement de six nouveaux chercheurs accomplis qui viennent consolider la capacité de l'Université Laval dans des domaines de recherche stratégiques pour le programme. Quatre des nouvelles chaires furent lancées en 2017-2018, les deux autres titulaires se joindront au programme à l'automne 2018.

Depuis janvier 2018, un programme de chaires de recherche en partenariat encourage les contributions externes au recrutement de nouveaux professeurs et au financement de leurs recherches au sein de Sentinelle Nord.

## Chaire de recherche Sentinelle Nord en géochimie des milieux aquatiques

Raoul-Marie Couture, Chimie

Les travaux de cette chaire permettront d'approfondir nos connaissances sur le devenir du carbone dans les lacs nordiques et d'élaborer de nouveaux outils de modélisation qui amélioreront la compréhension des facteurs qui contrôlent la qualité de l'eau.

## Chaire de recherche Sentinelle Nord sur la neurobiologie du stress et de la résilience

Caroline Ménard, Psychiatrie et neurosciences

À l'aide de technologies photoniques de pointe, cette chaire vise à élucider les mécanismes biologiques sous-jacents à la vulnérabilité et à la résilience au stress, afin de développer des traitements novateurs pour soigner, voire prévenir la dépression et les troubles de l'humeur.

## Chaire de recherche Sentinelle Nord sur le réseau de surveillance des virus de l'influenza chez les oiseaux migrateurs du Grand Nord

Gary Wong, Microbiologie, infectiologie et immunologie

L'objectif de cette chaire est d'établir un système de surveillance des virus de l'influenza aviaire dans le nord du Canada et d'étudier leur écologie chez les oiseaux migrateurs sauvages.

## Chaire de recherche Sentinelle Nord sur les relations avec les sociétés inuit

Caroline Hervé, Anthropologie

Avec comme mission de favoriser le développement de relations sociales harmonieuses avec les sociétés inuit, cette chaire propose de développer des outils de formation pour les non-Inuit et de donner aux Inuits une place centrale dans la production de la recherche et des activités pédagogiques.



De gauche à droite: Eugénie Brouillet, vice-rectrice à la recherche, à la création et à l'innovation, François Gélinau, doyen de la Faculté des Science sociales, Caroline Hervé et Martin Fortier, directeur général de Sentinelle Nord.



# Soutien à la recherche

Au cours de la dernière année, plusieurs initiatives ont été développées pour appuyer les équipes de recherche actives au sein de Sentinelle Nord.

## Plateforme technologique de développement d'instruments

Lancée en juin 2017 avec l'embauche de deux ingénieurs d'expérience, une plateforme technologique met à la disposition des chercheurs et des étudiants de Sentinelle Nord une expertise unique dans le développement, la fabrication, l'intégration, la qualification, le déploiement et l'opération de capteurs et de systèmes associés, dans un contexte d'utilisation en milieu nordique.

Dans la première année d'activité de la plateforme, son laboratoire de développement et de prototypage a été mis en place au Centre d'optique, photonique et laser (COPL) et son équipe a été consolidée avec le recrutement de trois ingénieurs additionnels. Cette expertise a déjà permis le développement de 13 prototypes et de 6 solutions technologiques, dont un module programmable de communication satellitaire autonome, une technologie intégrée de recharge (*harvesting*) et un banc d'étalonnage de haute précision pour divers capteurs de gaz.

## Fonds d'accès aux infrastructures nordiques

Depuis juin 2017, un fonds est mis à la disposition de nos équipes de recherche afin de faciliter l'accès aux régions éloignées du Nord. Plus de 10 équipes de recherche ont bénéficié du fonds depuis sa création pour accéder aux stations de recherche nordique, au nolisement d'aéronefs et à du temps de navire sur le brise-glace de recherche canadien NGCC *Amundsen*.

## Fonds de maturation technologique

Les équipes de recherche de l'Université Laval peuvent compter sur l'aide du Fonds de maturation technologique Sentinelle Nord pour soutenir la maturation de projets qui présentent un fort potentiel de valorisation. Les porteurs de projets innovants trouveront ainsi une aide financière indispensable sur la voie d'un transfert à un partenaire industriel ou de la création d'une jeune entreprise.

L'ingénieur de recherche  
José Lagunas-Morales ajuste  
un planeur autonome muni de  
capteurs laser destiné à explorer  
les mers glacées.



Les activités de formation offertes par Sentinelle Nord mettent de l'avant les volets technologique, expérientiel et culturel de la recherche nordique.



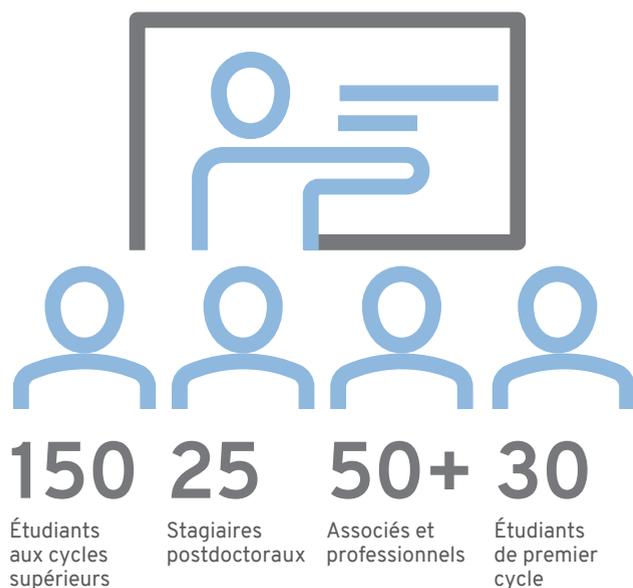
## Formation

### UNE STRATÉGIE PROPULSÉE PAR L'EXCELLENCE, L'ENGAGEMENT ET L'EXPÉRIENCE

Sentinelles Nord déploie une stratégie de formation transdisciplinaire novatrice qui permet d'attirer et de faire se développer les meilleurs étudiants du Canada et de l'étranger à l'aide de concours de bourses et de stages de recherche, de bourses de mobilité entrante et sortante, d'écoles doctorales internationales et d'une multitude de nouvelles formations expérientielles.

## Formation

Déjà, plus de 30 étudiants de 1<sup>er</sup> cycle, 150 étudiants des cycles supérieurs, 25 stagiaires postdoctoraux et plus de 50 associés et professionnels poursuivent leur formation au sein des projets de recherche financés par le programme.



## École doctorale internationale – Une cryosphère en changement : des capteurs à la prise de décision

La première édition des Écoles doctorales internationales de Sentinelle Nord s'est déroulée du 2 au 9 mars 2018 à Iqaluit (Nunavut) sur le thème de la cryosphère en changement. Cette formation a offert à un groupe de 19 étudiants internationaux diplômés et 11 étudiants nordiques du Collège de l'Arctique une occasion unique d'interagir avec plus de 15 scientifiques de haut niveau et des experts locaux dans le cadre d'un programme de formation transdisciplinaire abordant les problématiques scientifiques et socio-économiques complexes et interdépendantes liées au changement de la cryosphère dans l'Arctique.

«L'École doctorale internationale de Sentinelle Nord m'a enseigné les bases de la neige, des glaciers, du pergélisol et des sciences circumpolaires connexes afin que je puisse intégrer ces connaissances dans mes recherches interdisciplinaires en sciences de la santé, dans le but de mieux comprendre l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire, la nutrition, les populations du Nord et la gestion des maladies chroniques.»

Sappho Z. Gilbert, étudiante au doctorat, Département d'épidémiologie des maladies chroniques, Yale University

«Voir les étudiants d'Iqaluit échanger avec des étudiants du 3<sup>e</sup> cycle de partout dans le monde et apprendre des uns et des autres était très inspirant. Je pense que c'est exactement le genre de chose dont la recherche nordique a besoin.»

Keegan Smith, M. Sc., Global Water Futures, McMaster University



Issus de 17 institutions de 7 pays, les participants de l'école doctorale ont pris part à une formation expérientielle unique intégrant des concepts d'un large éventail de disciplines telles que l'optique-photonique, l'écologie, la chimie, la géologie et la santé humaine. La réalisation de cette école a été rendue possible grâce à la précieuse collaboration du Nunavut Research Institute (NRI) et du Collège de l'Arctique.

## Bourses d'excellence

En 2017-2018, deux concours de bourses d'excellence ont permis de recruter 16 nouveaux doctorants et postdoctorants au sein du programme. Depuis mars 2018, le concours est aussi ouvert aux candidats à la maîtrise.

## Bourses de mobilité

Sentinelles Nord offre aux jeunes chercheurs des occasions de collaborer avec les meilleurs laboratoires et centres de recherche au Canada et à l'étranger. Un programme de bourses de mobilité entrante et sortante est accessible en tout temps pour encourager la réalisation de stages de recherche ou pour permettre l'accès à des écoles doctorales à l'international. Depuis 2017, une vingtaine d'étudiants ont ainsi profité de séjours de perfectionnement dans des laboratoires de renom ou participé à des formations au Danemark, aux États-Unis, au Japon, en Afrique du Sud, en Autriche, en Écosse, en Espagne, en France, en Italie et en Norvège.



Eugénie Brouillet, vice-rectrice à la recherche, à la création et à l'innovation, accompagne quatre lauréats des bourses d'excellence Sentinelles Nord : Stéphanie Guilherme, Pascale Blais-Lecours, Michel Lavoie et Charleen Salesse.

## Programmes d'études de cycles supérieurs en biophotonique

Dans la perspective d'offrir à ses étudiants une formation transdisciplinaire de haut niveau, Sentinelle Nord contribue à l'enrichissement des programmes d'études de cycles supérieurs en biophotonique offerts à l'Université Laval. Ces programmes multifacultaires à la croisée de l'environnement, des sciences de la vie et de l'optique-photonique sont uniques au Canada.

## Programme FONCER du CRSNG

En mars 2017, sous la gouverne du professeur Daniel Côté, une équipe de 11 chercheurs de Sentinelle Nord se voyait octroyer une subvention du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) dans le cadre de son Programme de formation orientée vers la nouveauté, la collaboration et l'expérience en recherche (FONCER). Intitulé « Smart, Autonomous and Adaptive Sensing », l'initiative est complémentaire au programme de formation de Sentinelle Nord et permet entre autres des échanges entre laboratoires, des ateliers pratiques et des stages en industrie afin d'augmenter les compétences professionnelles des étudiants pour les préparer au marché du travail.

## Association étudiante Sentinelle Nord

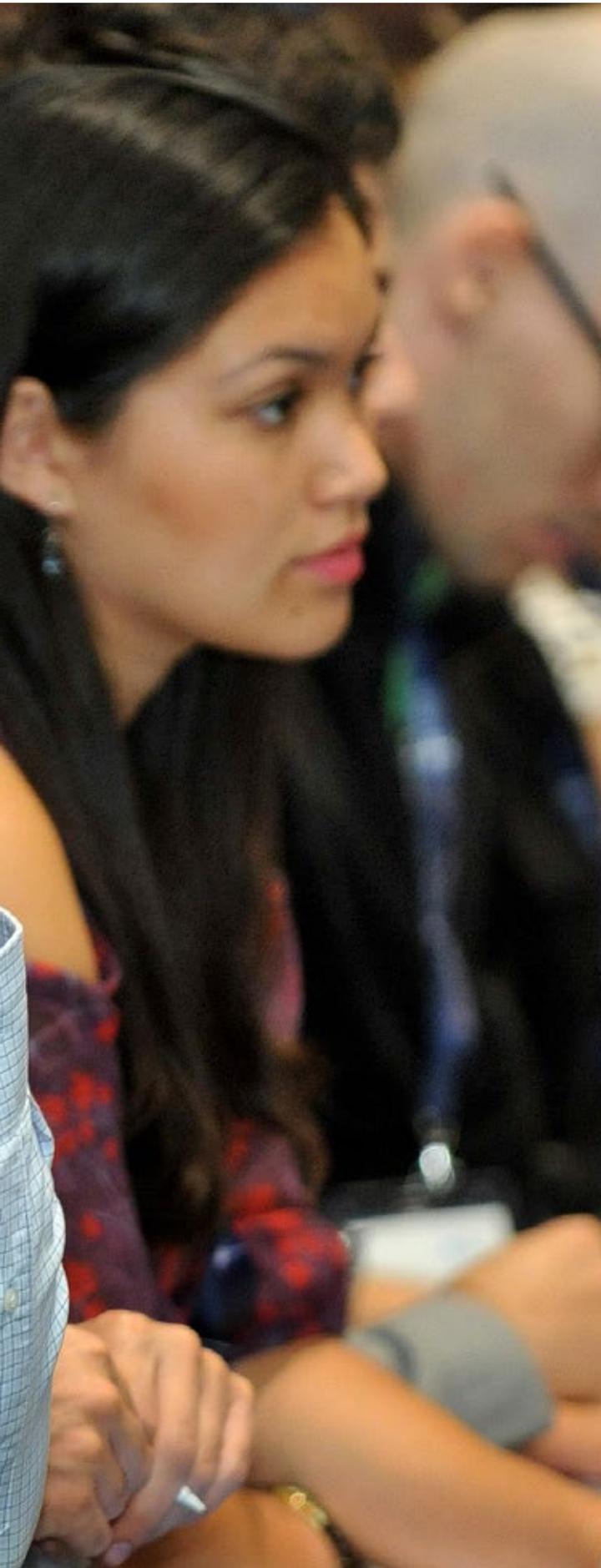
Créée à l'automne 2017, l'Association étudiante de Sentinelle Nord (AÉSN) a pour objectif de renforcer le sentiment d'appartenance des étudiants à la communauté de Sentinelle Nord et de favoriser le développement d'un réseau de contacts transdisciplinaire. L'AÉSN remplit ainsi le rôle crucial de joindre et de rassembler ses membres, répartis à travers de nombreuses facultés, départements et centres de recherche, en diffusant toute l'information pertinente sur les perspectives de formation, les activités sociales ou professionnelles, et les processus décisionnels du programme.



Les membres de la direction de l'AÉSN participent activement à l'organisation des activités de rayonnement, de formation et de communication du programme.



La réunion scientifique annuelle 2017 de Sentinelle Nord constituait le premier rassemblement de la communauté de chercheurs, d'étudiants et de partenaires du programme.



## Communication et rayonnement

### UNE MOBILISATION POUR LA DIFFUSION ET LA VALORISATION DES CONNAISSANCES

En 2017-2018, la diffusion des connaissances et le rayonnement du programme Sentinelle Nord ont été favorisés par une communauté engagée et de nombreuses activités de transmission de connaissances nationales et internationales.

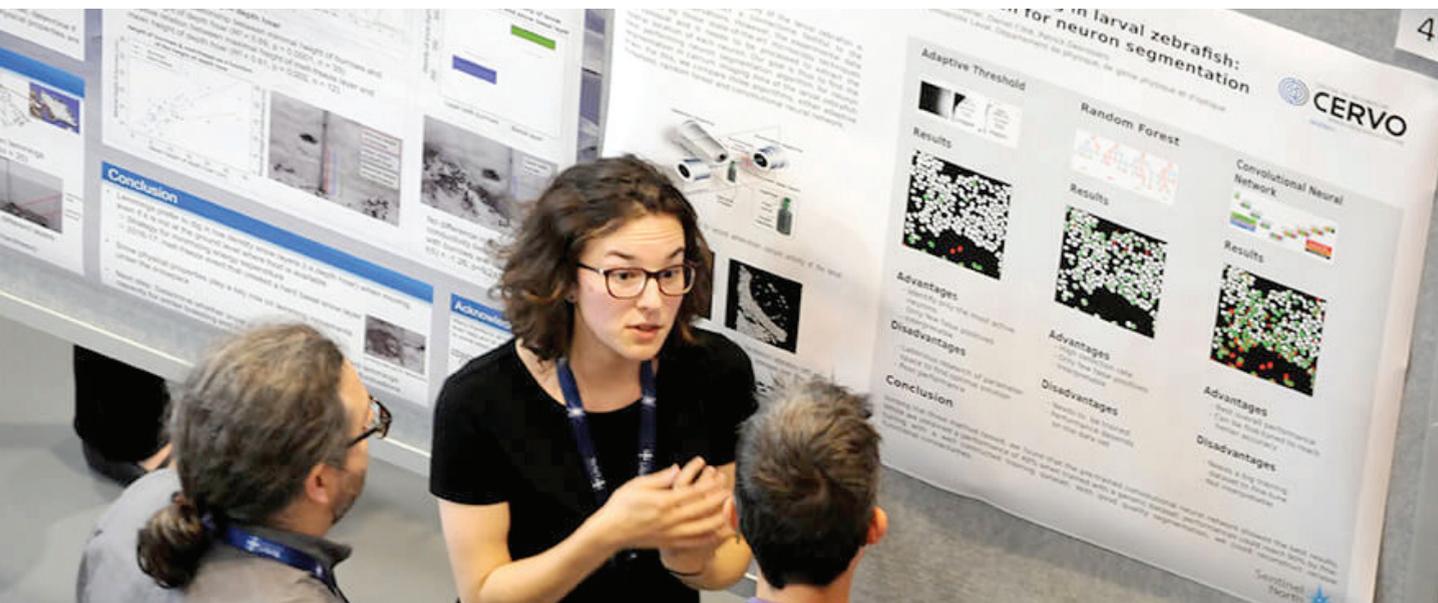
## Réunion annuelle 2017

Les 29 et 30 août 2017, près de 300 chercheurs, étudiants, professionnels de recherche et collaborateurs de Sentinelle Nord se rassemblaient pour la première fois dans le cadre de la première réunion scientifique annuelle du programme. La réunion a permis aux participants d'en apprendre davantage sur les 21 projets de recherche des trois chantiers thématiques au cœur des activités du programme et de discuter des enjeux de la recherche transdisciplinaire, des partenariats, de la formation et de la recherche nordique. Les titulaires et lauréats des quatre chaires d'excellence en recherche du Canada y ont également présenté leurs recherches et les travaux des unités mixtes internationales avec le Brésil, la Suisse, la France et l'Italie, qui s'y rattachent.

Sophie D'Amours, rectrice de l'Université Laval, s'est adressée à la communauté naissante de Sentinelle Nord.

Martine Lizotte, professionnelle de recherche, présente le projet BOND, qui développe de nouvelles méthodes optiques de mesure des gaz climatiquement actifs.

Les étudiants occupent une place centrale dans le déroulement de la réunion scientifique annuelle.



## Soutien aux événements

Sentinelle Nord soutient la tenue d'événements de recherche et de formation pouvant contribuer à son rayonnement, sa visibilité et sa mission. Depuis sa création, le programme a contribué au succès de plusieurs colloques, ateliers et conférences nationales et internationales tels Arctic Change 2017, la 4<sup>th</sup> World Conference on Marine Biodiversity, le 21<sup>st</sup> International Symposium on Non-Oxide and New Optical Glasses (ISNOG), BÉNÉFIQ2017 ainsi que les colloques annuels de plusieurs centres de recherche interuniversitaires affiliés à Sentinelle Nord.

## Prix Brockhouse du Canada

Le 1<sup>er</sup> mai 2018, les professeurs Yves De Koninck (Psychiatrie et neurosciences), Daniel Côté, Younès Messaddeq, Michel Piché, Réal Vallée (Physique, génie physique et optique) et Benoît Gosselin (Génie électrique et informatique) ont reçu le Prix Brockhouse du Canada, par lequel le CRSNG reconnaît les équipes de chercheurs provenant de différentes disciplines qui se sont unies pour apporter une contribution exceptionnelle en sciences naturelles et en génie.

Cette prestigieuse distinction souligne plus de 15 ans de collaboration entre le Centre d'optique, photonique et laser (COPL) et le Centre de recherche CERVO, un partenariat ayant contribué à l'excellence et à l'expertise d'envergure mondiale de l'Université Laval en neurophotonique et en optique-photonique.

Ces six chercheurs continuent de mettre à contribution leur expérience et leur vision transdisciplinaire au sein du programme de recherche Sentinelle Nord.

Les lauréats du prix Brockhouse 2018: Daniel Côté, Yves De Koninck, Michel Piché, Younès Messaddeq, Benoît Gosselin et Réal Vallée.





Sentinelle Nord met à contribution un vaste réseau de centres de recherche et de partenaires académiques, publics et privés au Canada et à l'étranger dans la poursuite de ses objectifs.



# Partenariats et collaborations

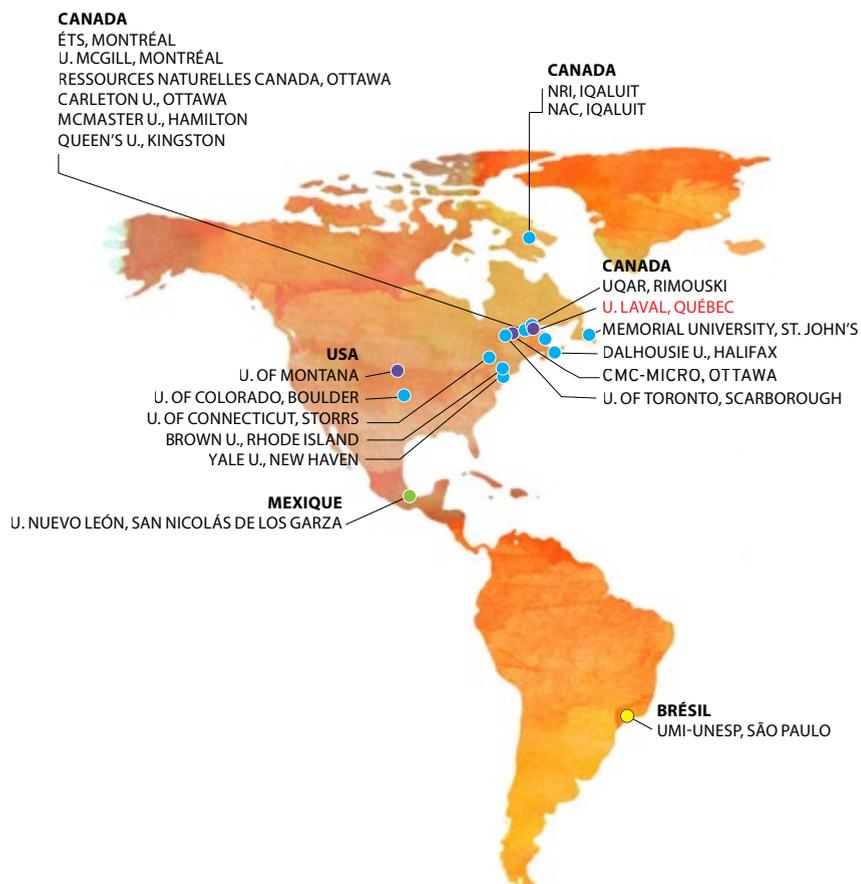
## DES RELATIONS SYNERGIQUES POUR LA RECHERCHE ET LA FORMATION

La stratégie de partenariats et de collaborations de Sentinelle Nord s'appuie sur l'immense réseau de collaborateurs nordiques, académiques, publics et privés soutenu par les nombreux centres et regroupements de recherche actifs au sein du programme. À l'international, les collaborations de recherche et de formation sont basées sur la volonté de travailler avec des institutions et des chercheurs de renommée mondiale pour élaborer des projets conjoints novateurs qui mèneront à des coopérations à long terme.

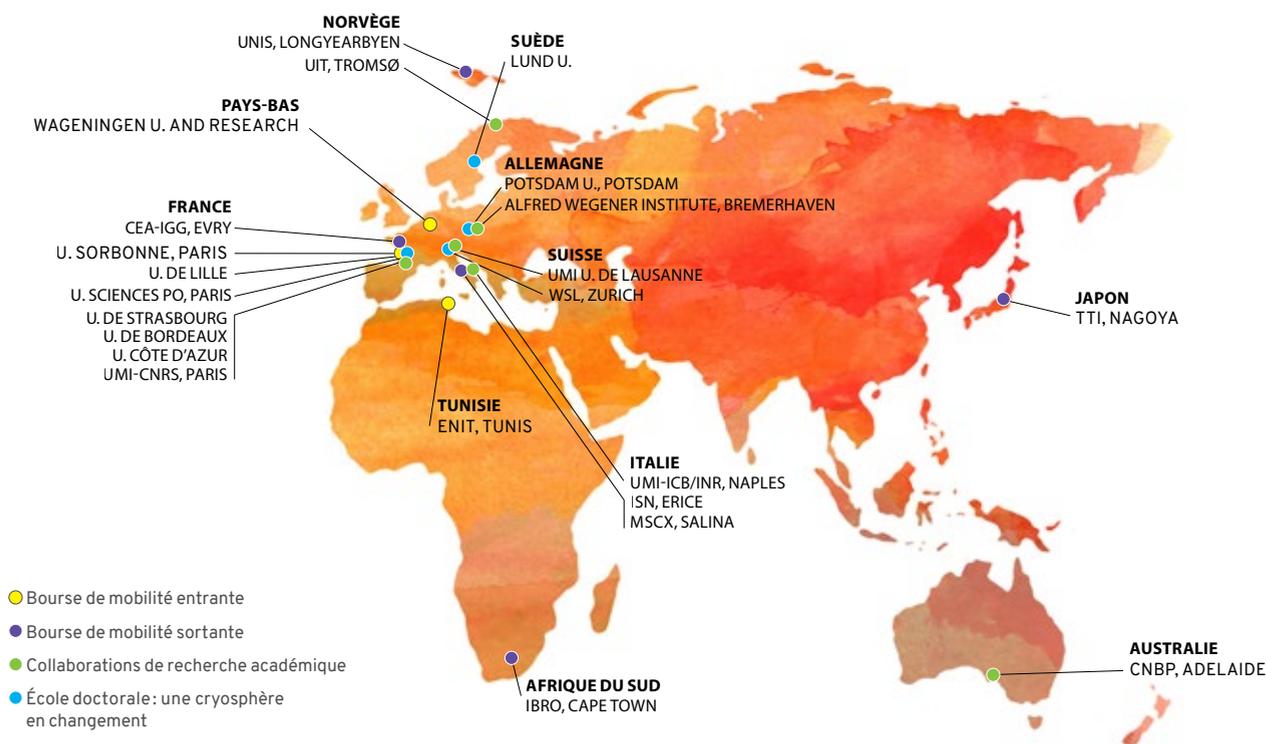
## Collaborations internationales pour la recherche et la formation

Au cours de la dernière année, la stratégie Sentinelle Nord a été présentée à plusieurs institutions et centres de recherche internationaux dans le but d'encourager des partenariats de recherche. Ces visites au Centre national de la recherche scientifique (CNRS, Paris), à l'Université de Bordeaux, à l'Université Côte d'Azur (UCA, Nice), à l'Université de Strasbourg, à l'Université de Tromsø (UiT, Norvège) et à l'Alfred-Wegener-Institute (AWI, Allemagne) ont déjà mené à des résultats concrets avec le financement de projets de collaboration par le CNRS et le lancement d'appels à projets de recherche conjoints et cofinancés avec l'UCA et l'UiT.

En 2017-2018, plus d'une vingtaine de jeunes chercheurs de Sentinelle Nord ont profité de bourses de mobilité entrante et sortante pour réaliser des stages de recherche ou participer à des écoles doctorales à l'international. L'accueil d'étudiants et de mentors étrangers au sein de nos laboratoires et de nos écoles doctorales expose aussi nos étudiants à des expériences de formation internationales de haut niveau.



Une entente de collaboration entre Sentinelle Nord, l'Université Laval et l'Université de Tromsø (UiT) en Norvège fut signée en 2018 par Anne Husebekk, rectrice de l'UiT, et notre directeur général.



## Unités mixtes internationales

En association avec les 4 chaires d'excellence en recherche du Canada (CERC) actives au sein de son programme, Sentinelles Nord a permis la consolidation de deux unités mixtes internationales de recherche (UMI) existantes avec le Centre national de la recherche scientifique (CNRS, France) et l'Universidade Estadual Paulista (UNESP, Brésil) et l'établissement de deux nouvelles UMI avec l'Université de Lausanne (Suisse) et le Conseil national de la recherche (CNR, Italie).

Dirigées par des chercheurs de notoriété mondiale dans leur domaine respectif, les CERC et les UMI qui y sont associées permettent à Sentinelles Nord de s'appuyer sur les travaux d'équipes internationales d'exception dans la poursuite de ses objectifs de recherche et de développement technologique :

- UMI Takuvik (CNRS, France), associée à la CERC sur la télédétection de la nouvelle frontière arctique du Canada (lauréat: Marcel Babin);
- UMI Québec-Brazil Photonics Research (UNESP, Brésil), associée à la CERC sur l'innovation en photonique (lauréat: Younès Messaddeq);
- UMI de recherche en neuro-développement et psychiatrie de l'enfant (Université de Lausanne, Suisse), associée à la CERC en neurophotonique (titulaire: Pierre Marquet);
- UMI de recherche chimique et biomoléculaire du microbiome et ses impacts sur la santé métabolique et la nutrition (CNR, Italie), associée à la CERC sur l'axe microbiome-endocannabinoïdome dans la santé métabolique (titulaire: Vincenzo Di Marzo).





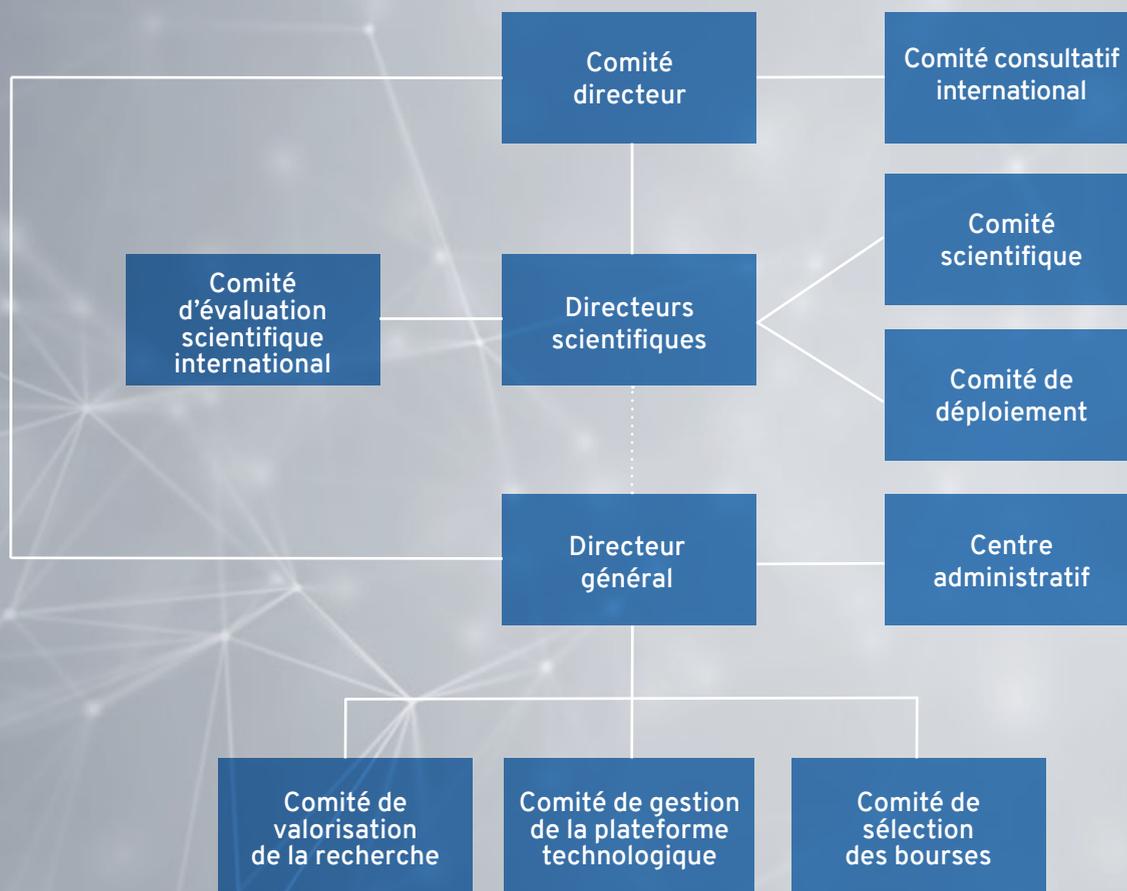
# Communauté Sentinelle Nord

## UN RÉSEAU POUR L'INNOVATION

La stratégie Sentinelle Nord regroupe des centaines de participants de plus de 30 départements et de 7 facultés de l'Université Laval qui travaillent avec leurs partenaires d'organisations nordiques, d'organismes fédéraux et provinciaux et du secteur privé pour améliorer notre compréhension de l'environnement nordique et de son impact sur l'être humain et sa santé. En 2017-2018, ce vaste réseau d'acteurs s'est mobilisé pour développer des projets de recherche novateurs et déployer les nombreux programmes de formation, de valorisation, de partenariat et de soutien à la recherche de Sentinelle Nord.

## Gouvernance et composition des comités

La structure de gouvernance et de gestion de Sentinelle Nord est conçue pour fournir les ressources et la vision nécessaires à l'atteinte de ses objectifs stratégiques, et pour en assurer le leadership, la gestion responsable et la coordination scientifique à tous les échelons.



## Comité directeur

Le comité directeur est responsable de mener à terme la stratégie de Sentinelle Nord. Il assure le progrès du programme par rapport à ses objectifs, à ses indicateurs de performance et à ses livrables. Il prend les décisions définitives quant aux recommandations formulées par les directeurs scientifiques, le directeur général et tous les comités de Sentinelle Nord.

**Marcel Babin**, codirecteur scientifique, Sentinelle Nord et CERC sur la télédétection de la nouvelle frontière arctique du Canada

**Régnald Bergeron**, vice-recteur aux affaires externes, internationales et à la santé

**Eugénie Brouillet (présidente)**, vice-rectrice à la recherche, à la création et à l'innovation

**André Darveau**, vice-recteur à l'administration

**Yves De Koninck**, codirecteur scientifique, Sentinelle Nord et directeur, Centre de recherche CERVO

**Jean-Claude Dufour**, doyen, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation

**Martin Fortier (non votant)**, directeur général de Sentinelle Nord et adjoint à la vice-rectrice à la recherche, à la création et à l'innovation

**François Gélinau**, doyen, Faculté des sciences sociales

**Julien Poitras**, doyen, Faculté de médecine

**André Zaccarin**, doyen, Faculté des sciences et de génie

## Directeurs scientifiques

Les deux directeurs scientifiques sont nommés par le comité directeur pour fournir le leadership nécessaire à la vitalité du programme, à la participation active de ses membres et à la pertinence et à la qualité scientifique de ses activités. Ils établissent, de concert avec le comité directeur et sous avis du comité scientifique et du comité de déploiement, un plan de développement stratégique et une programmation scientifique répondant aux objectifs du programme.

**Marcel Babin**, codirecteur scientifique, Sentinelle Nord et CERC sur la télédétection de la nouvelle frontière arctique du Canada

**Yves De Koninck**, codirecteur scientifique, Sentinelle Nord et directeur, Centre de recherche CERVO

---

## Directeur général

Le directeur général assure le leadership des opérations et des activités quotidiennes et travaille avec le comité directeur et les directeurs scientifiques à l'élaboration et à la mise en œuvre du plan stratégique et opérationnel du programme. Il assure la liaison avec les organismes subventionnaires, le gouvernement, l'industrie et les autres organisations non gouvernementales.

**Martin Fortier**, directeur général de Sentinelle Nord et adjoint à la vice-rectrice à la recherche, à la création et à l'innovation

---

## Comité consultatif international

Le comité consultatif international fournit au comité directeur, au comité consultatif stratégique et aux directeurs scientifiques des avis de haut niveau sur les plans stratégique et scientifique du programme. Ce comité permet d'effectuer une analyse comparative en fonction des normes internationales et de gérer les conflits d'intérêts inhérents à une structure réseautée.

### Comité scientifique

Le comité scientifique formule des avis ou présente des recommandations au comité directeur via les directeurs scientifiques sur l'orientation et la programmation des priorités scientifiques et des appels à projets de Sentinelle Nord.

**Marcel Babin (coprésident)**, codirecteur scientifique, Sentinelle Nord et CERC sur la télédétection de la nouvelle frontière arctique du Canada

**Yves De Koninck (coprésident)**, codirecteur scientifique, Sentinelle Nord et directeur, Centre de recherche CERVO

**Vincenzo Di Marzo**, CERC sur l'axe microbiome-endocannabinoïdome dans la santé métabolique

**Martin Fortier (non votant)**, directeur général de Sentinelle Nord et adjoint à la vice-rectrice à la recherche, à la création et à l'innovation

**Pierre Marquet**, CERC sur la neurophotonique

**Younès Messaddeq**, CERC sur l'innovation en photonique dans le domaine des télécommunications et de l'information

### Comité de déploiement

Le comité de déploiement formule des avis ou présente des recommandations au comité directeur via les directeurs scientifiques quant au progrès et au déploiement des activités de recherche, de collaboration, de formation, de partenariat et de réseautage au sein du programme.

**Marcel Babin (coprésident)**, directeur scientifique, Sentinelle Nord, et CERC sur la télédétection de la nouvelle frontière arctique du Canada

**Eugénie Brouillet**, vice-rectrice à la recherche, à la création et à l'innovation

**Yves De Koninck (coprésident)**, directeur scientifique, Sentinelle Nord et directeur, Centre de recherche CERVO

**Louis Fortier**, directeur scientifique, Réseau de centres d'excellence ArcticNet, brise-glace de recherche *Amundsen* et Institut nordique du Québec

**Martin Fortier (non votant)**, directeur général de Sentinelle Nord et adjoint à la vice-rectrice à la recherche, à la création et à l'innovation

**André Marette**, directeur scientifique, Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF), et codirecteur, Chantier thématique 3

**Gina Muckle**, professeure, Centre pour la santé des Inuits et les changements environnementaux (NASIVVIK)

**Denis Richard**, directeur de la recherche, Institut universitaire de pneumologie et de cardiologie de Québec

**Stéphane Roche**, professeur, Centre de recherche en géomatique

**Thierry Rodon**, directeur, CIÉRA

**René Therrien**, vice-doyen à la recherche, FSG, directeur, Chantier thématique 1

**Jean-Marie Trudeau**, coordonnateur, Plateforme de développement d'instruments, Sentinelle Nord

**Sylvie Turgeon**, directrice, INAF

**Réal Vallée**, directeur, Centre d'optique, photonique et laser (COPL), directeur, Chantier thématique 2

**Warwick Vincent**, Centre d'études nordiques (CEN), codirecteur Chantier thématique 3

### **Comité d'évaluation scientifique international**

Le comité d'évaluation scientifique international fournit des évaluations, surveille le progrès des projets financés et formule des recommandations au comité directeur via les directeurs scientifiques pour les demandes de financement reçues dans le cadre d'appels à projets de Sentinelle Nord. Il est composé de scientifiques et d'intervenants internationaux externes à l'Université Laval.

---

### **Comité de valorisation de la recherche**

Le comité de valorisation de la recherche aide à identifier les découvertes qui ont un potentiel d'application et de commercialisation dans le cadre des activités de recherche de Sentinelle Nord. Il guide la mise en place d'activités de mobilisation et de transfert qui maximisent l'utilisation des résultats de recherche par les utilisateurs.

**Martin Fortier (non votant)**, directeur général de Sentinelle Nord et adjoint à la vice-rectrice à la recherche, à la création et à l'innovation

**Jean-François Haince**, directeur, SOVAR

**Marie Nadeau**, conseillère en développement de la recherche, Faculté des sciences et de génie

**Sébastien Prince-Richard**, conseiller en valorisation de la recherche et en transfert technologique, vice-rectorat à la recherche, à la création et à l'innovation

**Béatrice Saint-Cricq**, partenariats et valorisation, CNRS/Sentinelle Nord

**Tommy Seaborn**, conseiller en développement de la recherche, Faculté de médecine

**Jean-François Simard**, directeur, Bureau de liaison université-milieu (BLUM)

**Jean-Marie Trudeau**, coordonnateur, Plateforme de développement d'instruments, Sentinelle Nord

### **Comité de gestion de la plateforme technologique de développement d'instruments**

Le comité de gestion de la plateforme technologique de développement d'instruments supervise les activités de la plateforme, révisé le budget d'opération et les objectifs stratégiques et opérationnels proposés par le coordonnateur et s'assure que la plateforme dispose des ressources appropriées pour atteindre ses objectifs.

---

### **Comité de sélection des bourses**

Le comité de sélection des bourses a pour mandat de déterminer les lauréats des bourses et stages d'excellence (maîtrise, doctorat, postdoctorat) de Sentinelle Nord.

## DIRECTION ET COORDINATION DES CHANTIERS THÉMATIQUES

### CHANTIER THÉMATIQUE 1

**René Therrien**

Directeur, Géologie et génie géologique

**Leslie Rusch**

Génie électrique et génie informatique

**Vani Mohit**

Coordonnatrice

**Louis J. Dubé**

Physique, génie physique et optique



### CHANTIER THÉMATIQUE 2

**Philippe Archambault**

Biologie

**Réal Vallée**

Directeur, Physique, génie physique et optique

**Claude Demers**

Architecture

**Jérôme Lapointe**

Coordonnateur



### CHANTIER THÉMATIQUE 3

**Warwick Vincent**  
Codirecteur, Biologie

**Philippe St-Pierre**  
Coordonnateur

**André Marette**  
Codirecteur, Médecine

**Pierre Ayotte**  
Médecine sociale et préventive (absent de la photo)

**Denis Boudreau**  
Chimie (absent de la photo)



### CENTRE ADMINISTRATIF

**Marie-France Gévry**  
Coordonnatrice des programmes de formation

**Jérôme St-Charles**  
Chargé de communications et édimestre

**Béatrice Saint-Cricq**  
Partenariats et valorisation

**Martin Fortier**  
Directeur général

**Michèle Desgagnés**  
Agente de secrétariat

**Keith Levesque**  
Directeur adjoint

**Véronique Morin**  
Responsable des communications



## CHERCHEURS ET COLLABORATEURS UNIVERSITÉ LAVAL

### ANTHROPOLOGIE

Caroline Hervé

---

### BIOCHIMIE, MICROBIOLOGIE ET BIO-INFORMATIQUE

Boissinot, Maurice

Charette, Steve

Culley, Alexander

De Koninck, Paul

Duchaine, Caroline

Lagüe, Patrick

Moineau, Sylvain

Paquet, Marie-Ève

---

### BIOLOGIE

Archambault, Philippe

Babin, Marcel

Bernatchez, Louis

Côté, Steeve

Derome, Nicolas

Fortier, Louis

Fortin, Daniel

Gauthier, Gilles

Johnson, Ladd

Lavaud, Johann

Levasseur, Maurice

Lovejoy, Connie

Maps, Frédéric

Massé, Guillaume

Moore, Jean-Sébastien

Tremblay, Jean-Éric

Villarreal Aguilar, Juan-Carlos

Vincent, Warwick

### CHIMIE

Boudreau, Denis

Couture, Raoul-Marie

Dominé, Florent

Greener, Jesse

Johnson, Paul

Larivière, Dominic

Leclerc, Mario

Morin, Jean-François

Ritcey, Anna

Voyer, Normand

---

### CHIRURGIE

Mathieu, Patrick

---

### ÉCOLE D'ARCHITECTURE

Blais, Myriam

Demers, Claude

Després, Carole

Potvin, André

Vachon, Geneviève

---

### ÉCOLE DE NUTRITION

Di Marzo, Vincenzo

Vohl, Marie-Claude

---

### ÉCOLE DE PSYCHOLOGIE

Jackson, Philip

Muckle, Gina

---

### ÉCOLE SUPÉRIEURE D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

Rodriguez-Pinzon, Manuel

## GÉNIE CHIMIQUE

Taghavi, Mohammed

---

## GÉNIE CIVIL ET GÉNIE DES EAUX

Anctil, François

Doré, Guy

Dorea, Caetano

Locat, Ariane

Nadeau, Daniel

---

## GÉNIE ÉLECTRIQUE ET GÉNIE INFORMATIQUE

Deschênes, Jean-Daniel

Gosselin, Benoît

Lalonde, Jean-François

LaRochelle, Sophie

Laurendeau, Denis

Maldague, Xavier

Miled, Amine

Rusch, Leslie

Shi, Wei

---

## GÉNIE MÉCANIQUE

Bégin-Drolet, André

Campeau-Lecours, Alexandre

Gosselin, Louis

Ruel, Jean

---

## GÉOGRAPHIE

Allard, Michel

Antoniades, Dermot

Bhiry, Najat

Cloutier, Danielle

Lajeunesse, Patrick

## GÉOLOGIE ET GÉNIE GÉOLOGIQUE

Fortier, Richard

Molson, John

Therrien, René

---

## GÉOMATIQUE

Badard, Thierry

---

## INFORMATIQUE ET GÉNIE LOGICIEL

Hardy, Simon

Laviolette, François

---

## KINÉSIOLOGIE

Després, Jean-Pierre

Tremblay, Angelo

---

## MATHÉMATIQUES ET STATISTIQUE

Doyon, Nicolas

Rivest, Louis-Paul

---

## MÉDECINE

Agharazii, Mohsen

Boulet, Louis-Philippe

Di Marzo, Vincenzo

Flamand, Nicolas

Maltais, François

Marette, André

Marsolais, David

Morissette, Mathieu

Paulin, Roxane

Richard, Denis

## MÉDECINE MOLÉCULAIRE

Corbeil, Jacques  
Droit, Arnaud

---

## MÉDECINE SOCIALE ET PRÉVENTIVE

Ayotte, Pierre  
Fletcher, Christopher  
Lemire, Mélanie  
Lévesque, Benoit  
Lucas, Michel

---

## MICROBIOLOGIE, INFECTIOLOGIE ET IMMUNOLOGIE

Bergeron, Michel G  
Ouellette, Marc  
Papadopoulou, Barbara  
Richard, Dave

---

## OPHTALMOLOGIE ET ORL-CHIRURGIE CERVICO-FACIALE

Hébert, Marc

---

## PÉDIATRIE

Bélanger, Richard

---

## PHARMACIE

Barbier, Olivier  
Calon, Frédéric  
Soulet, Denis

---

## PHYSIQUE, GÉNIE PHYSIQUE ET OPTIQUE

Allen, Claudine  
Bernier, Martin  
Côté, Daniel  
Després, Philippe  
Desrosiers, Patrick  
Dubé, Louis J.  
Galstian, Tigran

Messaddeq, Younès  
Piché, Michel  
Thibault, Simon  
Vallée, Réal

---

## PHYTOLOGIE

Desjardins, Yves  
Rochefort, Line

---

## PSYCHIATRIE ET NEUROSCIENCES

De Koninck, Yves  
Marquet, Pierre  
Ménard, Caroline  
Mérette, Chantal

---

## RÉADAPTATION

Batcho, Charles  
Blanchette, Andréanne  
Bouyer, Laurent  
McFadyen, Bradford  
Mercier, Catherine  
Routhier, François  
Roy, Jean-Sébastien

---

## SCIENCES ANIMALES

Vandenberg, Grant

---

## SCIENCES DES ALIMENTS ET DE NUTRITION

Roy, Denis  
Vohl, Marie-Claude

---

## SCIENCES DU BOIS ET DE LA FORÊT

Blanchet, Pierre  
Darveau, Marcel

---

## SCIENCES INFIRMIÈRES

Gagnon, Marie-Pierre

## COLLABORATEURS EXTERNES

**Allard, Antoine**, Universitat de Barcelona, Espagne

**Archambault, Philippe**, Université McGill, Montréal

**Avard, Ellen**, Centre de recherche du Nunavik, Société Makivik, Kuujjuaq

**Azeria, Ermias**, Alberta Biodiversity Monitoring Institute (ABMI), Edmonton

**Bjerrregaard, Peter**, National Institute of Public Health (NIPH), Danemark

**Bonilla, Sylvia**, Universidad de la República de Uruguay, Uruguay

**Boucher, Olivier**, Université de Montréal, Montréal

**Burchill, Nick**, Subsea, Kongsberg Maritime, Halifax

**Calmels, Fabrice**, Yukon Research Center, Whitehorse

**Canario, João**, University of Lisbon, Portugal

**Cani, Patrice**, Université catholique de Louvain, France

**Châteauneuf, François**, Institut national d'optique (INO), Québec

**Comte, Jérôme**, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), Ottawa

**Cordier, Sylvaine**, Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), France

**Dalgleish, Fraser**, Harbor Branch Oceanographic Institute (HBOI), Florida Atlantic University, États-Unis

**Des Roches, Mathieu**, Institut national de la recherche scientifique (INRS), Québec

**Elzeyadi, Ihab**, University of Oregon, États-Unis

**Falciatore, Angela**, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Université Pierre et Marie Curie (UPMC), France

**Fortier, Daniel**, Université de Montréal, Montréal

**Fouré, Marion**, Université de Lille, France

**Fournier, Georges**, Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC), Québec

**Fournier, Watson**, Office municipal d'habitation Kativik (OMHK), Nunavik

**Francus, Pierre**, Institut national de la recherche scientifique (INRS), Québec

**Gagné, Frédéric**, Centre de recherche du Nunavik, Société Makivik, Kuujjuaq

**Gosselin, Michel**, Université du Québec à Rimouski (UQAR), Rimouski

**Guegan, Émilie**, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Norvège

**Hammil, Mike**, Institut Maurice-Lamontagne (IML), Pêches et Océans Canada (MPO), Mont-Joli

**Hebblewhite, Mark**, University of Montana, États-Unis

**Hébert, Christian**, Ressources naturelles Canada (RNCAN), Québec

**Hébert-Dufresne, Laurent**, University of Vermont, États-Unis

**Heppell, Sandra**, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), Baie-Comeau

**Hill, Ian**, Dalhousie University, Halifax

**Ingeman-Nielsen, Thomas**, Technical University of Denmark, Danemark

**Jones, Clayton**, Teledyne Webb Research, États-Unis

**Jungblut, Anne**, Natural History Museum, Royaume-Uni

**La Roche, Pablo**, University of Cal Poly, Pomona, États-Unis

**Laurion, Isabelle**, Institut national de la recherche scientifique (INRS), Québec

**Leclerc, Nicolas**, Université de Strasbourg, France

**Lesage, Véronique**, Institut Maurice-Lamontagne (IML), Pêches et Océans Canada (MPO), Mont-Joli

**Levac, Charles**, Glencore Mine Raglan,  
Rouyn-Noranda

**Levallois, Patrick**, Institut national de santé publique  
du Québec (INSPQ), Québec

**Lévesque, Benoît**, Institut national de santé  
publique du Québec (INSPQ), Québec

**Lévesque, Martin**, Recherche et développement  
pour la défense Canada (RDDC), Québec

**Levy, Emile**, CHU Sainte-Justine, Montréal

**Longtin, André**, University of Ottawa, Ottawa

**Lubbad, Raed**, Norwegian University of Science and  
Technology (NTNU), Norvège

**Mainguy, Julien**, Ministère des Forêts, de la Faune  
et des Parcs (MFFP), Québec

**Matteoli, Stefania**, National Research Council (CNR),  
Institute of Electronics, Computers and  
Telecommunication Engineering (IEIT),  
University of Pisa, Italie

**Mosnier, Arnaud**, Institut Maurice-Lamontagne  
(IML), Pêches et Océans Canada (MPO), Mont-Joli

**Palliser, Tommy**, Nunavik Marine Region Wildlife  
Board (NMRWB), Inukjuak

**Pelletier, Eric**, Genoscope, Université  
d'Evry-Val-d'Essonne, France

**Plamondon, André**, Institut de recherche Robert-  
Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST),  
Montréal

**Ras, Joséphine**, Laboratoire d'océanographie de  
Villefranche (LOV), Université Pierre et Marie Curie  
(UPMC), France

**Rautio, Milla**, Université du Québec à Chicoutimi  
(UQAC), Chicoutimi

**Riva, Mylène**, Université McGill, Montréal

**Roy, Nicolas**, VELUX: Energy & Indoor Climate,  
Knowledge Centre for Daylight, Danemark

**Simard, Anouk**, Ministère des Forêts, de la Faune  
et des Parcs du Québec (MFFP), Québec

**Siret, Daniel**, Centre de Recherche nantais  
Architectures Urbanités (CRENAU), École nationale  
supérieure d'architecture (ENSA) de Nantes, France

**Steenweg, Robin**, Alberta Environment and Parks  
(AEP), Edmonton

**Stern, Gary**, University of Manitoba, Winnipeg

**Tanabe, Yukiko**, National Institute of Polar Research  
(NIPR), Japon

**Tran, Lilian**, Centre de recherche du Nunavik,  
Kuujuuaq

**Turgeon, Samuel**, Institut Maurice-Lamontagne  
(IML), Pêches et Océans Canada, Mont-Joli

**Vallée, Claude**, Institut de technologie  
agroalimentaire (ITA), Saint-Hyacinthe

**Vernaudon, Catherine**, Société d'habitation  
du Québec (SHQ), Québec

**Vieira, Gonçalo**, University of Lisbon, Portugal

## PARTENAIRES

Canards Illimités Canada

Centre de recherche du Nunavik -  
Makivik Corporation

Conseil national de recherches Canada (CNRC)

Explora Technologies

FlowJEM

Franatech

Gas Plume Imaging

Institut national d'optique (INO)

LogR Systems inc.

Matrix Solutions inc.

Nunavik Hunting Fishing Trapping Association

Nunavik Regional Board of Health  
and Social Services

Nunavut Research Institute

TeraXion inc.

VELUX

## CHAIRES DE RECHERCHE PARTICIPANTES

### Chaires d'excellence en recherche du Canada (CERC)

CERC sur l'innovation en photonique  
(Younès Messaddeq)

CERC sur la télédétection de la nouvelle frontière  
arctique du Canada (Marcel Babin)

CERC sur l'axe microbiome-endocannabinoïdome  
dans la santé métabolique (Vincenzo Di Marzo)

CERC sur la neurophotonique (Pierre Marquet)

### Chaires de recherche du Canada (CRC)

CRC en biogéochimie océanique et climat  
(Maurice Levasseur)

CRC en cristaux liquides et biophotonique  
comportementale (Tigran Galstian)

CRC en douleur chronique et troubles cérébraux  
associés (Yves De Koninck)

CRC en échantillonnage statistique et analyse  
de données (Louis-Paul Rivest)

CRC en environnement aquatique et qualité  
de l'eau (Dermot Antoniadis)

CRC en environnement et bilan énergétique  
(Angelo Tremblay)

CRC en génomique et conservation des ressources  
aquatiques (Louis Bernatchez)

CRC en génomique médicale (Jacques Corbeil)

CRC en systèmes de communications en appui  
à l'informatique en nuage (Leslie Rusch)

CRC en technologies photoniques d'avant-garde  
pour les communications (Sophie LaRoche)

CRC en vision infrarouge multipolaire  
(Xavier Maldague)

CRC sur l'hydrogéologie quantitative des milieux  
poreux fissurés (John Molson)

CRC sur la génomique appliquée à la nutrition et à la santé métabolique (Marie-Claude Vohl)

CRC sur la réponse des écosystèmes marins arctiques au réchauffement climatique (Louis Fortier)

CRC sur la résistance aux antimicrobiens (Marc Ouellette)

CRC sur les bactériophages (Sylvain Moineau)

CRC sur les études des écosystèmes aquatiques (Warwick F. Vincent)

CRC sur les polymères électroactifs et photoactifs (Mario Leclerc)

#### **Chaires de recherche en partenariat**

Chaire de recherche et d'innovation L'Oréal en biologie numérique (Arnaud Droit)

Chaire de recherche GSK-IRSC sur la MPOC (François Maltais)

Chaire de recherche industrielle CRSNG -Creaform sur la numérisation 3D : CREATION-3D (Denis Laurendeau)

Chaire de recherche industrielle CRSNG (Coractive-Teraxion-Laserax-TLCL) sur les composants et dispositifs photoniques photo-inscrits au laser femtoseconde (Réal Vallée)

Chaire de recherche industrielle CRSNG en aménagement intégré des ressources de l'île d'Anticosti (Steeve Côté)

Chaire de recherche industrielle CRSNG en conception optique (Simon Thibault)

Chaire de recherche industrielle CRSNG en Gestion et surveillance de la qualité de l'eau potable (Manuel J. Rodriguez)

Chaire de recherche industrielle CRSNG sur l'interaction charges lourdes/climat/chaussées (i3C) (Guy Doré)

Chaire de recherche industrielle du CRSNG-Diana Food sur l'effet prébiotique des polyphénols des fruits et légumes (PhenoBio) (Yves Desjardins)

Chaire de recherche Nasivvik en approches écosystémiques de la santé nordique (Mélanie Lemire)

Chaire de recherche sur l'obésité (Denis Richard)

Chaire de recherche sur la résistance à l'insuline et les complications cardiovasculaires (André Marette)

Chaire internationale sur le risque cardiométabolique (Jean-Pierre Després)

#### **Chaires de recherche Sentinelle Nord**

Chaire de recherche Sentinelle Nord en géochimie des milieux aquatiques (Raoul-Marie Couture)

Chaire de recherche Sentinelle Nord sur la neurobiologie du stress et de la résilience (Caroline Ménard)

Chaire de recherche Sentinelle Nord sur le réseau de surveillance des virus de l'influenza chez les oiseaux migrants du Grand Nord (Gary Wong)

Chaire de recherche Sentinelle Nord sur les relations avec les sociétés inuit (Caroline Hervé)

## CENTRES ET REGROUPEMENTS DE RECHERCHE PARTICIPANTS

Centre d'étude de la forêt (CEF)	Institut de biologie intégrative et des systèmes (IBIS)
Centre d'études nordiques (CEN)	Institut Hydro-Québec en environnement, développement et société (Institut EDS)
Centre de recherche CERVO	Institut nationale de santé publique du Québec (INSPQ)
Centre de recherche de l'Institut universitaire en cardiologie et pneumologie de Québec (CRIUCPQ)	Institut nordique du Québec (INQ)
Centre de recherche du CHU de Québec (CRCHUQ)	Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels (INAF)
Centre de recherche en aménagement et développement (CRAD)	Institut universitaire en santé mentale de Québec (IUSMQ)
Centre en chimie verte et catalyse (CCVC)	Institute for Health and Social Policy (IHSP), Université McGill
Centre de recherche en données massives	Québec-Océan
Centre de recherche en géomatique (CRG)	Regroupement québécois de recherche sur la fonction, l'ingénierie et les applications des protéines (PROTEO)
Centre de recherche en infectiologie (CRI)	Réseau de centres d'excellence ArcticNet
Centre de recherche sur l'aluminium (REGAL)	Ressources aquatiques Québec (RAQ)
Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale (CIUSSSCN)	Unité mixte internationale de recherche chimique et biomoléculaire du microbiome et ses impacts sur la santé métabolique et la nutrition (ULaval-CNR, Italie)
Centre interdisciplinaire de recherche en réadaptation et intégration sociale (CIRRIS)	Unité mixte internationale de recherche en neuro-développement et psychiatrie de l'enfant (ULaval-Université de Lausanne, Suisse)
Centre interdisciplinaire en modélisation mathématique de l'Université Laval (CIMMUL)	Unité mixte internationale Québec-Brazil Photonics Research (ULaval-UNESP, Brésil)
Centre québécois sur les matériaux fonctionnels (CQMF)	Unité mixte internationale Takuvik (ULaval-CNRS, France)
Centre thématique de recherche en neurosciences (CTRN)	
CentrEau	
Groupe de recherche en ambiances physiques (GRAP)	
Groupe de recherche en apprentissage automatique de l'Université Laval (GRAAL)	
Groupe de recherche en écologie buccale (GREB)	
Groupe interdisciplinaire de recherche sur les banlieues (GIRBA)	

## CRÉDITS

	Pages
Pierre Coupel	0-1-30-31
René Richard	2-3
Martin Fortier	4-5-17-40-41
Marc Robitaille	6-7-10-11-14-26-27-28-34-35-36-37-38
Ariel Estulin	18
Courtoisie de Canadian Scientific Submersible Facility et de Kongsberg Maritime (photo du centre)	21
Pascale Ropars	33
Courtoisie du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada	39
Asgeir Sørensen, NTNU	42
Claude Mathieu	50-51
Sharif Mirshak – Parafilms	61





Pavillon Alexandre-Vachon  
1045, avenue de la Médecine, local 3432  
Université Laval  
Québec (Québec) G1V 0A6

T.: 418 656-3090

[info@sn.ulaval.ca](mailto:info@sn.ulaval.ca)  
[sentinellenord.ulaval.ca](http://sentinellenord.ulaval.ca)

